

GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN ADVIES
betreffende

**RECONSTRUCTIE N242
TE HEERHUGOWAARD**

Opdrachtnummer: 3012-0353-000

Opdrachtgever : BK Ingenieurs BV
Postbus 264
1970 AG IJmuiden

Datum grondonderzoek : 28 februari en 1 maart 2013

Projectleider : ing. J.S.J. Misker

Opgesteld door : ing. J. Vermeij
Adviseur Geotechniek

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	25 maart 2013		

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	<u>Blz.</u>
1. ALGEMENE TOELICHTING	1
2. PROJECTOMSCHRIJVING	2
3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID	4
4. ZETTINGSANALYSES	5
4.1. Algemeen	5
4.2. Bodemschematisering en parameters	5
4.3. Theorie zettingsberekeningen	6
4.3.1. Relatie ophoging-zetting	6
4.3.2. Relatie tijd-zetting	7
4.4. Berekende zetting	7
5. DAMWANDADVIES	9
5.1. Berekeningsmethode	9
5.2. Uitgangspunten berekeningen	10
5.3. Berekeningsresultaten	12
5.4. Toetsing vloeimoment en dwarskracht	13
5.5. Toetsing vervormingen	13
5.6. Toetsing overige mechanismen	14
5.7. Samenvatting	14
6. UITVOERINGSASPECTEN DAMWANDEN	16
 <u>BIJLAGEN</u>	 <u>Nr.</u>
<u>Grondonderzoek</u>	
- Bijlage grondonderzoek	
 <u>Damwandadvies</u>	
- D-Sheet Piling: Gemodelleerde fasering	3012-0353-000-1
- D-Sheet Piling: Berekeningsresultaten	3012-0353-000-2

1. ALGEMENE TOELICHTING

Op 9 januari 2013 ontving Fugro GeoServices B.V. te Leidschendam van BK Ingenieurs BV te IJmuiden de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek alsmede het uitvoeren van zettingsanalyses en een damwandberekening ten behoeve van de reconstructie van de provinciale weg N242 te Heerhugowaard.

Dit rapport bevat:

- Een korte projectomschrijving (hoofdstuk 2);
- Een omschrijving van de terrein- en bodemgesteldheid (hoofdstuk 3);
- De resultaten van de zettingsberekeningen (hoofdstuk 4);
- Het damwandadvies (hoofdstuk 5);
- Aanbevelingen met betrekking tot de uitvoering (hoofdstuk 6).

2. PROJECTOMSCHRIJVING

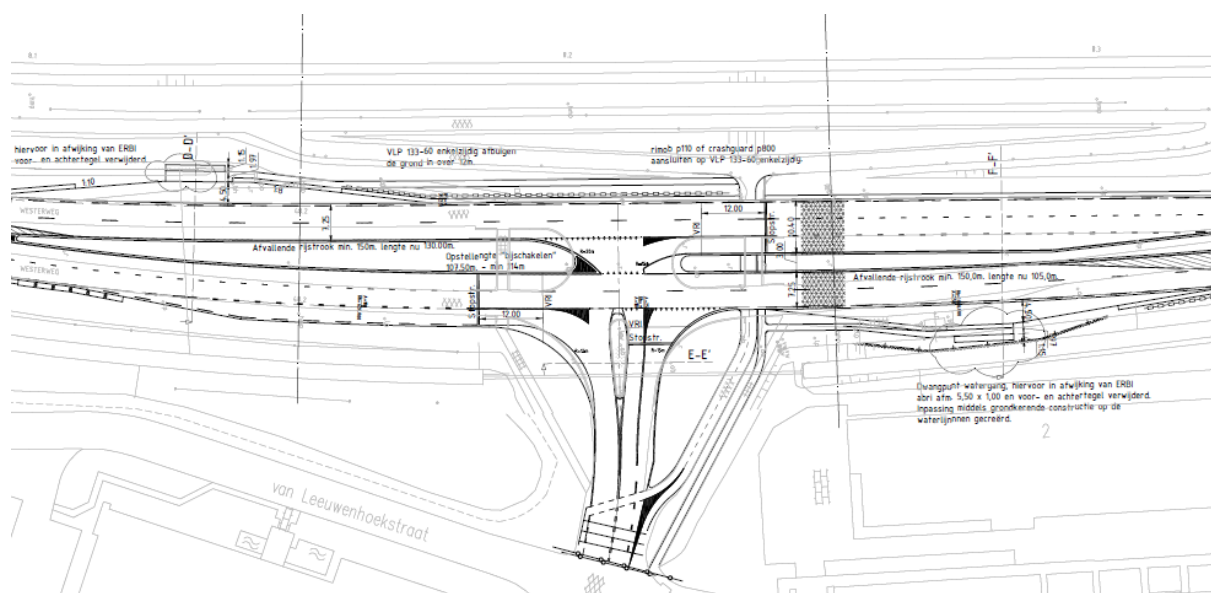
Het project betreft reconstructiewerkzaamheden aan de N242 (Westerweg) te Heerhugowaard, zie figuur 2-1. Tussen de Westdijk in het zuiden en de Pannekeetweg in het noorden is een bermverbetering aan beide zijden van de weg voorzien. Tevens wordt de T-splitsing waar de Edisonstraat uitkomt op de provinciale weg gewijzigd.



Figuur 2-1: Overzicht te reconstrueren tracé N242. (bron: Google Earth)

De reconstructie van de T-splitsing ter hoogte van de Edisonstraat behelst de realisatie van extra rijbanen over een beperkt traject van de N242, alsmede de plaatsing van een verkeersregelininstallatie, zie ook figuur 2-2. Door de verbreding van de wegverharding wordt de bushalte ten noorden van de splitsing verschoven richting de watergang. Hiertoe dient een grondkerende constructie te worden aangebracht.

Ten behoeve van de bermverbetering langs het beschouwde traject alsmede de uitbreiding van de asfaltverharding ter plaatse van de Edisonstraat heeft Fugro een aantal zettingsanalyses uitgevoerd om een beeld te krijgen van de te verwachten zettingen. Tevens zijn ten behoeve van onderhavige rapportage berekeningen uitgevoerd voor de grondkerende constructie ter plaatse van de bushalte.



Figuur 2-2: Ontwerp reconstructie T-splitsing Edisonstraat.

3. TERREIN- EN BODEMGESTELDHEID

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit 3 sonderingen en 7 handboringen. Voor de resultaten van dit grondonderzoek alsmede een situatietekening met daarop aangegeven de onderzoekslocaties wordt verwezen naar de rapportage grondonderzoek, welke als bijlage aan onderhavige rapportage is toegevoegd.

De maaiveldniveaus ter plaatse van de sondeerlocaties varieerden ten tijde van het onderzoek van NAP -1,34 m tot NAP -1,58 m.

Op basis van het grondonderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 3-1 is weergegeven.

Tabel 3-1: Globale bodemgesteldheid

Diepte bovenkant laag in m t.o.v. NAP			Bodembeschrijving
-1,34	à	-1,58	<u>ZAND</u> , humeus
-1,9	à	-2,3	<u>KLEI</u> , sterk siltig *
-3,3	à	-6,7	<u>ZAND</u> , matig vast gepakt
-7,0	à	-9,0	<u>ZAND</u> , sterk siltig
-16,5	à	-17,0	Maximaal verkende diepte

* Niet aangetroffen ter plaatse van sondering DKM02.

Het peil van een nabijgelegen open water is ten tijde van het grondonderzoek aangetroffen op NAP -3,4 m. Deze waterstand is een éénmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand aangetroffen op 0,9 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP -2,3 m Deze grondwaterstand is een éénmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

4. ZETTINGSANALYSES

4.1. Algemeen

Bij de reconstructiewerkzaamheden aan de N242 zal de langs de weg aanwezige grond worden vervangen door zwaarder materiaal. Als gevolg hiervan zullen zettingen optreden.

Bij de realisatie van de bermverbetering wordt de aanwezige teelaarde vervangen door bermverbandblokken, de verhardingsconstructie wordt als volgt opgebouwd (volgens tekening N242-18859-21-08-03, blad 22, details C, D en E):

- 0,12 m Rona bermverbandblokken ($\gamma \approx 15,6 \text{ kN/m}^3$)
- geotextiel
- 0,10 à 0,15 m zand ($\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$)
- 0,15 m menggranulaat ($\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$)

Bij de reconstructie van de T-splitsing worden extra rijstroken gerealiseerd. Hierbij zal de aanwezige teelaarde worden vervangen door de volgende verhardingsconstructie (volgens tekening N242-18859-21-08-03, blad 22, details F, G en H):

- 0,25 m asfalt in diverse lagen ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)
- 0,30 m menggranulaat ($\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$)
- 0,45 m zand ($\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$)

Bij de realisatie van de nieuwe bushalte langs de watergang wordt een grondkerende constructie gerealiseerd (zie hoofdstuk 5). Aan de achterzijde van de damwand wordt, hoofdzakelijk met zand ($\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$), aangevuld tot een niveau van circa NAP -1,10 m.

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek zijn door Fugro de volgende zettingsberekeningen uitgevoerd:

- Ten behoeve van het aanbrengen van de bermverbetering zijn twee bodemprofielen beschouwd.
- Voor de realisatie van extra asfaltverharding ter plaatse van de T-splitsing is één bodemprofiel beschouwd.
- Voor de aanvullend achter de damwand ter plaatse van de bushalte is één bodemprofiel beschouwd.

4.2. Bodemschematisering en parameters

Conform paragraaf 4.1 zijn er in totaal vier berekeningen uitgevoerd. Hiervoor zijn twee bodemprofielen beschouwd. Een bodemprofiel op basis van sondering DKM01 is beschouwd voor de bermverbetering en de aanleg van extra rijstroken ter plaatse van de T-splitsing, zie tabel 4-1. Het tweede bodemprofiel is opgesteld op basis van sondering DKM03, op basis van dit bodemprofiel zijn zettingen berekend voor de bermverbetering en de aanvulling ter plaatse van de bushalte, zie tabel 4-2.

Een derde bodemprofiel op basis van sondering DKM02 is verder niet beschouwd, hier zijn geen cohesieve materialen aangetroffen, zodat de te verwachten zettingen hier nihil zijn.

Tabel 4-1: Schematisering en karakteristieke waarden grondparameters, bodemprofiel DKM01.

Grondlaag	Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C' [-]
Zand, humeus (teelaarde)	-1,4	17 / 19	40
Klei, siltig	-1,9	15 / 15	15
Zand, matig vast gepakt	-6,7	18 / 20	200
Zand, sterk siltig	-9,0	18 / 18	100

Tabel 4-2: Schematisering en karakteristieke waarden grondparameters, bodemprofiel DKM03.

Grondlaag	Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C' [-]
Zand, humeus (teelaarde)	-1,3	17 / 19	40
Klei, siltig	-2,3	15 / 15	15
Zand, matig vast gepakt	-3,4	18 / 20	200
Zand, sterk siltig	-7,0	18 / 18	100

In beide gevallen is uitgegaan van een grondwaterstand gelijk aan de aangetroffen open waterpeil van NAP -3,4 m.

4.3. Theorie zettingsberekeningen

4.3.1. Relatie ophoging-zetting

Door het aanbrengen van ophogingen of vervangen van het oorspronkelijk aanwezige materiaal door een zwaardere verhardingsconstructie zal een zettingsproces op gang worden gebracht. De zettingen worden veroorzaakt door verhogingen van de korrelspanningen. Deze korrelspanningen worden beïnvloed door het aanbrengen of weghalen van ophogingen en veranderingen in de grondwaterstanden. De zettingen treden tijdsafhankelijk op. Enerzijds is sprake van het uitdrijven van water (consolidatie gedurende de hydrodynamische periode), anderzijds treedt kruip op (ook secundaire zakking genoemd). De berekende zettingen betreffen theoretische eindzettingen en zullen pas na geruime tijd worden bereikt. Hiervoor is een periode van 30 jaar in acht genomen.

De zettingen zijn berekend met de formule van Koppejan (gecombineerde formule Terzaghi-Buisman), die in grote lijnen als volgt kan worden geschreven:

$$s = \frac{d}{C'} \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v,z} + \Delta\sigma'_{v,z}}{\sigma'_{v,z}} \right)$$

waarin:

- s = zetting, samendrukking in m
- d = laagdikte in m
- C' = gecombineerde samendrukkingscoëfficiënt, na de grensspanning
- $\sigma'_{v,z}$ = oorspronkelijke verticale korrelspanning in kN/m²
- $\Delta\sigma'_{v,z}$ = verticale korrelspanningsverhoging in kN/m²

De stijfheidseigenschappen van de bodem zijn bepaald aan de hand van een interpretatie van het uitgevoerde grondonderzoek alsmede op basis van ervaring. Bij de analyses is rekening gehouden met het onder water zakken van de grondlagen, waardoor het effectief gewicht van de ophoging vermindert. De berekeningen geven het verloop van de zetting in de tijd en de zogenaamde eindzettingen, dat wil zeggen de zettingen die over een periode van ca. 30 jaar optreden. De onnauwkeurigheid in de berekende zetting bedraagt circa 30%.

4.3.2. Relatie tijd-zetting

Het optreden van de zettingen is een tijdsafhankelijk proces. In eerste instantie zal een belastingtoename in de ondergrond een wateroverspanning veroorzaken in de samendrukbare lagen. Het hierdoor ontstane potentiaalverschil geeft een grondwaterstroming, waardoor de wateroverspanning geleidelijk afneemt en de korrelspanning toeneemt, hetgeen zetting veroorzaakt. De tijdsduur van dit proces wordt de hydrodynamische periode genoemd. De lengte van deze periode (t_e) is afhankelijk van de laagdikte, de doorlatendheid van de samendrukbare lagen en de afstromingsmogelijkheden van het uit te persen water. De hydrodynamische periode is met de volgende formule berekend:

$$t_e = \frac{T \cdot (a \cdot d)^2}{c_v}$$

waarin: t_e = hydrodynamische periode in seconden
 d = laagdikte samendrukbare pakket in m
 c_v = consolidatiecoëfficiënt in m²/s
 T = tijdfactor; praktisch einde van de consolidatie bij $T=2$
 a = constante; bij tweezijdige afstroming $a = 0,5$; bij eenzijdige afstroming $a = 1$

Het verband tussen de consolidatiegraad U en de tijdfactor T is benaderd volgens:

$$U_v(\Delta t) = \left(\frac{T^3}{0,5 + T^3} \right)^{1/6}$$

waarin: $U_v(\Delta t)$ = consolidatiegraad na tijdsduur Δt bij alleen verticale afstroming (-)

De zetting die in de hydrodynamische periode optreedt, bestaat deels uit primaire en deels uit secundaire zetting. Na het verstrijken van de hydrodynamische periode treden alleen nog secundaire zettingen op. In geval van een dik pakket slappe lagen bepaalt de lengte van de hydrodynamische periode in belangrijke mate de grootte van de restzettingen na in gebruik name.

In onderhavige rapportage is het verloop van zettingen in de tijd niet beschouwd: enkel de eindzettingen als gevolg van de toename van de korrelspanning in de ondergrond zijn bepaald.

4.4. Berekende zetting

De te verwachten zetting is berekend voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) zodat alle partiële factoren de waarde 1,0 hebben.

In tabel 4-3 zijn de uitgangspunten betreffende de toename van de korrelspanning alsmede de berekende eindzettingen gepresenteerd.

Tabel 4-3: Berekende zetting

Bodemprofiel	Maaiveldniveau [m NAP]	Oorzaak toename korrelspanning	Aanlegniveau constructie [m NAP]	Toename korrelspanning [kPa]	Berekende eindzetting [m]
DKM01	-1,37	Bermverbetering	-1,79	0,73	< 0,05
		Asfaltverharding	-2,00	10,45	0,10 à 0,15
DKM03	-1,34	Bermverbetering	-1,76	0,73	< 0,05
		Aanvulling bushalte	-2,30 à -3,25 *	20,7 à 37,1	0,05 à 0,10

* Maaiveldniveau ter plaatse van rand verhardingsconstructie bedraagt NAP -2,30 m, ter plaatse van de grondkerende constructie is dit NAP -3,25 m.

De te verwachten zettingen als gevolg van de te realiseren bermverbetering lijkt acceptabel. De opdrachtgever dient te beoordelen of de berekende eindzettingen ter plaatse van nieuwe asfaltverharding en de bushalte acceptabel zijn, met name met het oog op te verwachten zettingsverschillen (scheurvorming) kan het wenselijk zijn dat lichte ophoogmaterialen (flugzand/bims) worden toegepast in plaats van zand/granulaat.

5. DAMWANDADVIES

5.1. Berekeningsmethode

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd conform de norm geotechniek NEN 9997-1, waarbij onderscheid is gemaakt in de uiterste grenstoestanden (UGT en UGT type B,) en de bruikbaarheids-grenstoestand (BGT). Daarnaast is gebruik gemaakt van CUR-publicatie 166.

Bij het bereiken van de UGT is de stabiliteit van de gehele damwandconstructie nog juist gewaarborgd. In een eerder stadium kunnen echter al zodanige grote vervormingen van de damwandconstructie en het aangrenzende terrein optreden dat de stabiliteit van de daar aanwezige bouwwerken in gevaar komt. In die situatie is de UGT type B bereikt, die vervolgens een toetsing vereist van de optredende vervormingen aan de voor deze grenstoestand gestelde eisen.

De controle van de bruikbaarheidsgrenstoestand houdt eveneens verband met vervormingen, maar daarbij gaat het om de toetsing van de bruikbaarheid. Bij overschrijding van deze grenstoestand worden de vervormingen van de damwandconstructie en het aangrenzende terrein zodanig groot dat de bruikbaarheid in ernstige mate wordt geschaad. Hierbij moet onder andere worden gedacht aan invloed op belendende bebouwing en hinder voor verkeer en kranen door (ongelijkmatige) zakking van het achter de damwand gelegen terrein.

In het ontwerpstadium staat de controle van de UGT van de stabiliteit van de hoofdwand centraal, namelijk:

- het overschrijden van de passieve weerstand van de damwand (grondbreuk);
- het ontstaan van een vloeimoment/breukmoment in de damwandplanken.

Daarnaast worden de vervormingen in de BGT globaal gecontroleerd.

De damwandberekeningen zijn uitgevoerd met het eendimensionaal eindig elementenprogramma D-Sheet Piling, waarmee momenten, dwarskrachten en verplaatsingen van een al dan niet (meervoudig) gestempelde of verankerde damwand kunnen worden berekend.

De gronddruk op de damwand wordt in de berekening afhankelijk gesteld van de uitbuiging van de wand. De spanningsrekrelatie van de grond wordt beschreven door een multi-lineaire veer karakteristiek bestaande uit 3 tussentakken, aangeduid met $k_{h,1}$, $k_{h,2}$ en $k_{h,3}$.

De volgende berekeningen zijn gemaakt:

- Berekeningen UGT

Met rekenwaarden voor de geotechnische- en geometrische parameters, alsmede rekenwaarden voor de buigstijfheid van de damwand en *lage* rekenwaarden voor de beddingsconstante van de grondlagen wordt een ontwerpberekening uitgevoerd, waarmee de minimale inbeddingsdiepte wordt bepaald.

De minimale inbeddingsdiepte kan echter ook beïnvloed worden door andere factoren, zoals de verticale draagkracht, geohydrologische omstandigheden en/of het beschikbare damwandprofiel.

Vervolgens worden gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd met *lage* en *hoge* rekenwaarden voor de beddingsconstanten en wordt de inbeddingsdiepte geoptimaliseerd. Met deze

berekeningen worden tevens eventuele onzekerheden in de buigstijfheid van de wand verwerkt. Ook wordt de grondwaterstand aan de lage zijde gevarieerd. De hier genoemde berekeningen zijn de berekeningen 1 t/m 4 volgens tabel 9.d van NEN 9997-1.

- **Berekening BGT**

Ten slotte worden de berekeningen uitgevoerd met karakteristieke waarden van de geotechnische- en geometrische parameters. Hiermee kan een goede indruk worden verkregen van de te verwachten uitbuiging. Behalve voor de gebruikstoestand, wordt deze berekening ook gebruikt voor de toetsing van de uiterste grenstoestand, door een belastingsfactor van 1,2 op het moment, de snedekrachten en de anker/stempelkrachten te zetten (berekening 5 volgens tabel 9.d van NEN 9997-1).

- **Maatgevende waarden**

De maatgevende rekenwaarden van moment $M_{s;d}$ en dwarskracht $D_{s;d}$ van de bovengenoemde berekeningen 1 t/m 5 dienen getoetst te worden aan de rekenwaarde van de sterkte van de plank volgens materiaalgebonden normen.

5.2. Uitgangspunten berekeningen

Bodemopbouw en -parameters

Het voor de damwandberekening relevante deel van het uitgevoerde grondonderzoek betreft de sonderingen DKM02 en DKM03 alsmede handboring HB04. In de berekening is uitgegaan van een voor de damwandberekening maatgevend bodemprofiel, waarbij geen klei wordt aangetroffen in de toplagen. In tabel 5-1 zijn de gehanteerde bodemopbouw en karakteristieke waarden voor de sterkteparameters gepresenteerd.

Tabel 5-1: Bodemopbouw en karakteristieke waarden sterkteparameters.

bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	grondlaag	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	δ [°]	$k_{h;1}$ [kN/m ³]
-1,10	Verhardingsconstructie incl. cunet	20 / 21	0	35	23,3	40.000
-2,30	Zand, los gepakt	17 / 19	0	30	20	12.000

Opmerkingen:

- γ en γ_{sat} = volumiek gewicht; sat = verzadigd
- c' = effectieve cohesie
- ϕ' = effectieve hoek van inwendige wrijving
- δ = wandwrijvingshoek
- $k_{h;1}$ = lage- of hoge waarde voor de horizontale beddingconstante van tak 1

Veiligheidsklasse

Conform tabel B1 van NEN-EN 1990 is de constructie, gezien de aanzienlijke schade bij falen en het geringe persoonlijke veiligheidsrisico, ingedeeld in veiligheidsklasse RC2.

Damwandprofiel

Op basis van oriënterende berekeningen is uitgegaan van stalen damwandprofiel type AZ18.

Gezien de permanente functie van de damwand is rekening gehouden met dikteverlies door corrosie. Uitgaande van een ontwerplevensduur van de constructie van 50 jaar zijn conform paragraaf 9.2.2 van CUR-publicatie 166 Deel 1 het traagheids- en weerstandsmoment gereduceerd tot 84%.

In de berekeningen zijn voor de eigenschappen van de damwand de volgende waarden gebruikt, rekening houdend met corrosie:

- $EI = 60.329 \text{ kNm}^2/\text{m}^1$
- $W = 1.512 \text{ cm}^3/\text{m}^1$

Stempel / anker

In de berekeningen is uitgegaan van een vrijstaande damwand.

Bouwfasen

In de berekeningen zijn de volgende bouwfasen beschouwd:

- bouwfase 1: huidige geometrie, plaatsen damwanden
- bouwfase 2: aanvullen achter damwand, in gebruik name bushalte

Verkeersbelasting

In de berekening is een uniforme belasting van 4 kPa aan de actieve zijde van de grondkerende constructie gemodelleerd. Tevens is ter plaatse van de bushalte een additionele belasting van 21 kPa over een breedte van 2,5 m gemodelleerd, deze belasting grijpt aan op een afstand van 3,8 m van de damwand (rand asfaltverharding).

Geometrische parameters en overige uitgangspunten

De karakteristieke waarden voor de geometrische parameters en overige uitgangspunten zijn voor iedere bouwfase samengevat in tabel 5-2. Voor de modellering van de geometrie is uitgegaan van de doorsnede op de door de opdrachtgever ter beschikking gestelde tekening MN242-18859-21-08-03, blad 21. Hoewel op voornoemde tekening het waterpeil (NAP -3,4 m) staat aangegeven, zijn er gegevens bekend betreffende het bodempeil ter plaatse. Bij de berekeningen is uitgegaan van een waterdiepte van 1 m. **Geadviseerd wordt dit te verifiëren: een diepere watergang zal consequenties hebben voor de stabiliteit en de uitbuiging van de constructie.**

De bovenkant van de damwand ligt op NAP -1,19 m. De juistheid van de in tabel 5-2 gepresenteerde uitgangspunten dient door de opdrachtgever te worden gecontroleerd. De in de berekeningen gehanteerde bouwfasering is grafisch weergegeven op de bijlage 3012-0353-000-1.

Tabel 5-2: Karakteristieke waarden geometrische parameters

bouw- fase	karakteristieke waarde maaiveld [m t.o.v. NAP]		karakteristieke waarde (grond)waterstand [m t.o.v. NAP]		Representatieve bovenbelasting in kN/m ² en traject in m vanaf damwand	opmerkingen
	hoge zijde	lage zijde	hoge zijde	lage zijde		
1	-3,25	-4,40	-3,40	-3,40	-	Talud hoge zijde conform tekening opdrachtgever
2	-1,19	-4,40	-3,40	-3,40	4 kPa uniform + 21 kPa over 2,5 m op 3,8 m van damwand	

Rekenwaarden

De rekenwaarden voor de geotechnische parameters worden gevonden door deling van de karakteristieke waarden (X_k) uit de tabellen in hoofdstuk 2 door materiaalfactoren uit tabel A.4b van NEN 9997-1. Bij de geometrische parameters (waterniveaus en kerende hoogte) uit tabel 5-2 wordt de rekenwaarde gevonden door toepassing van een additionele veiligheidsmarge, waarvoor een minimum geldt van Δa volgens tabel 9.a en 9.3.2.(2) van NEN 9997-1. De gehanteerde factoren en veiligheidsmarges zijn samengevat in tabel 5-3.

Tabel 5-3: Partiële factoren (γ_m / γ_F) en additionele veiligheidsmarges (Δa).

	Partiële factor γ_m en γ_F betrokken op X_k / p_{rep} Of F_{rep}	Additionele veiligheidsmarge Δa betrokken op μ	Rekenwaarde
	veiligheidsklasse RC2		
Tan ϕ' hoek van inwendige wrijving	1,175	-	X_k/γ_m (min)
c' cohesie	1,25	-	X_k/γ_m (min)
kerende hoogte	-	10% (max. 0,5 m)	Max ($\mu+\Delta a$)
GWS lage zijde	-	0,25	Max ($\mu+\Delta a$) of Min($(\mu-\Delta a)$)
GWS hoge zijde	-	0,05	Max ($\mu+\Delta a$)
Belasting (p of F):			
- permanent	1,0	-	$p_{rep} \cdot \gamma_F$
- veranderlijk	1,1	-	$p_{rep} \cdot \gamma_F$

De rekenwaarde van de buigstijfheid van de damwand is gelijk aan de karakteristieke waarde (materiaal factor 1,0).

Rekenwaarden voor de lage- en hoge waarden van de beddingsconstanten zijn verkregen door toepassing van partiële factoren van respectievelijk 1,3 en 1,0 op de karakteristieke waarden.

Berekeningsschema (9.7.1(h) van NEN 9997-1)

De berekeningen zijn gemaakt volgens schema B, dat wil zeggen dat rekenwaarden van de parameters zijn gebruikt in de te toetsen fase en karakteristieke waarden in de voorgaande fase(n).

5.3. Berekeningsresultaten

In tabel 5-4 zijn van de maatgevende doorsnede van de damwand de uitgangspunten en berekeningsresultaten gepresenteerd. De berekeningsresultaten zijn tevens gepresenteerd op de bijlage 3012-0353-000-2.

Tabel 5-4: Maatgevende rekenwaarden en uitgangspunten voor toetsing UGT en BGT

Damwand profiel	AZ18 of gelijkwaardig
lengte	8,81 m
inbeddingsdiepte	NAP -10,0 m
traagheidsmoment	28.728 cm ⁴ /m ¹
weerstandsmoment	1.512 cm ³ /m ¹
rekenwaarde optredend buigend moment $M_{s,d}$ (UGT)	150,9 kNm/m ¹
rekenwaarde optredende dwarskracht $D_{s,d}$ (UGT)	92,6 kN/m ¹
maximum uitbuiging u_{max} (BGT)	26,0 mm

Opgemerkt wordt dat de inbeddingsdiepte van de damwand zodanig is gekozen dat met de berekende uitbuiging wordt voldaan aan de vervormingseis van Rijkswaterstaat. Indien hier niet aan hoeft te worden voldaan kan worden volstaan met een lichter damwandprofiel en (iets) kortere damwandplanken. Met het oog op de stabiliteit van de constructie dient de minimale inbeddingsdiepte van een vrijstaande constructie NAP -9,5 m te bedragen.

5.4. Toetsing vloeimoment en dwarskracht

Conform 9.7.1(l, m en n) van NEN 9997-1 dienen momenten en krachten in de constructie te worden getoetst aan de materiaal gebonden normen NEN-EN 1993 (staalconstructies).

Momenten

Voor de momenten moet worden voldaan aan:

$$M_{s;d} < M_{r;d}$$

waarin:

$$M_{r;d} = \text{rekenwaarde van het vloeimoment} = M_{r;\text{rep}} / \gamma_m$$

$$M_{r;\text{rep}} = \text{representatieve waarde van het vloeimoment}$$

$$\gamma_m = 1,0 \text{ (staal)}$$

Voor de maatgevende situatie is de rekenwaarde van het maatgevende moment $M_{s;d}$ 150,9 kNm/m¹.

De rekenwaarde van de sterkte $M_{r;d}$ is in dit geval 362,9 kNm/m¹ (profiel AZ18 met kwaliteit S240 en rekening houdend met corrosie gedurende een ontwerplevensduur van 50 jaar), zodat voldaan is aan de gestelde sterkte-eis.

Dwars- en normaalkracht

De berekende dwarskracht $D_{s;d}$ dient eveneens te worden getoetst aan de materiaalgebonden normen. Hierbij dient $D_{s;d}$ kleiner te zijn dan de rekenwaarde voor de sterkte $D_{r;d}$.

Bij de samenstelling van dit rapport was niets bekend over een axiale belasting van de damwand. Als in het definitieve ontwerp sprake is van een normaalkracht in de damwand dient deze te worden meegenomen in de toets op de sterkte van het damwandprofiel. Een normaalkracht in de damwand kan ontstaan door een verticale belasting op de kop van de damwand, (grout)ankers onder een hoek met de horizontaal en/of negatieve kleeft.

De definitieve toetsing van dwars- en normaalkracht (en 2^e orde effecten) valt buiten het kader van dit rapport.

5.5. Toetsing vervormingen

Bij controle op vervormingen conform 9.7.1(s) van NEN 9997-1 dient aan de eisen in 9.8 van NEN 9997-1 te worden voldaan. De vervormingseis is als volgt:

$$u_{\text{max}} \leq u_{\text{req}}$$

waarin:

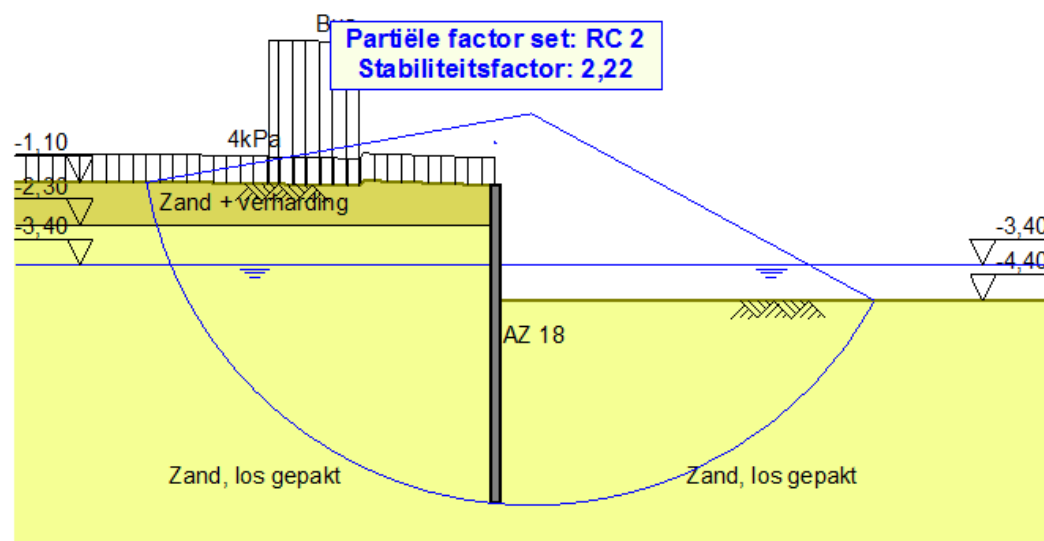
$$u_{\text{req}} = \text{maximaal toelaatbare uitbuiging in de BGT}$$

$$u_{\text{max}} = \text{optredende uitbuiging in de BGT}$$

De maximale uitbuiging (u_{\max}) is voor de BGT berekend op ca. 26 mm, hiermee wordt voldaan aan de vervormingseis van Rijkswaterstaat
 Voor definitieve damwanden wordt door Rijkswaterstaat een maximaal toelaatbare horizontale vervorming (in het zicht) opgegeven van 1/200 van de maximaal te keren hoogte (met een absoluut maximum van 50 mm). In dit geval bedraagt de te keren hoogte circa 3,2 m, zodat vanaf het bodempeil van de watergang tot aan de bovenkant van de damwand een maximale uitbuiging van 16 mm op mag treden. Op het (aangenomen) bodempeil van NAP -4,4 m bedraagt de uitbuiging reeds 11 mm, zodat over de kerende hoogte van de damwand een verdere uitbuiging van $(26 - 11) = 15$ mm is te verwachten.

5.6. Toetsing overige mechanismen

De stabiliteit van de constructie is getoetst, waarbij de stabiliteitsfactor bij de kritieke glijcirkel (Bishop) van de constructie in de definitieve fase is bepaald, zie figuur 5-1.



Figuur 5-1: Berekende stabiliteitsfactor definitieve constructie.

5.7. Samenvatting

Uit de berekeningsresultaten voor dit project kan worden geconcludeerd dat een vrijstaande damwandconstructie bestaande uit profielen AZ18 ($W = 1.512 \text{ cm}^3/\text{m}^1$, $EI = 60.329 \text{ kNm}^2/\text{m}^1$, staalkwaliteit S240) of gelijkwaardig met een lengte van 8,81 m (hetgeen overeenkomt met een installatieniveau van ca. NAP -10 m) voldoet.

Voor de berekende waarden van krachten en vervormingen wordt verwezen naar de voorgaande paragrafen.

De vervormingen zijn globaal getoetst aan de eis van Rijkswaterstaat.

De overige mechanismen zijn globaal getoetst en blijken vooralsnog niet maatgevend te zijn.

Opgemerkt wordt, dat de gehanteerde uitgangspunten (zoals ontgravingsdiepte en maaiveldbelasting) en vervormingseisen dienen te worden geverifieerd door de opdrachtgever.

Fugro is niet verantwoordelijk voor door derden uitgevoerde detailleringsberekeningen van de gehele damwandconstructie. Als bij de detailleringsberekeningen afwijkende

uitgangspunten worden gehanteerd, dient ook de hier gerapporteerde berekening te worden herzien.

6. UITVOERINGSASPECTEN DAMWANDEN

Damwanden kunnen heidend, trillend of drukkend op diepte worden gebracht. De wijze waarop de damwandplanken kunnen worden aangebracht en eventueel verwijderd is sterk afhankelijk van de bodemopbouw, de kwaliteit van de belendende bebouwing en de wijze waarop deze is gefundeerd, de aanwezigheid van kabels en leidingen en de bereikbaarheid van de locatie voor bouwmaterieel. De mogelijkheid om planken schadevrij in de grond te brengen is globaal getoetst aan de richtlijnen van NVAf (*Schadevrij installeren van stalen damwand in Nederland*) opgenomen in bijlage B van CUR-publicatie 166 Deel 1. Deze toets geeft geen beoordeling van mogelijke schade aan belendingen.

Binnen onze opdrachtverlening is geen ruimte om op deze aspecten nader in te gaan. Desgewenst kunnen wij u hierin nader adviseren. Verder wordt verwezen naar NEN-EN 12063, de Europese norm voor de uitvoering van damwanden.

GEOTECHNISCH ONDERZOEK
betreffende

**RECONSTRUCTIE N242 TE
HEERHUGOWAARD**

Opdrachtnummer: 3012-0353-000

Opdrachtgever : BK Ingenieurs BV
Postbus 264
1970 AG IJMUIDEN

Datum grondonderzoek : 28 februari 2013 tot en met 1 maart 2013

Projectleider : ing. J.S.J. Misker

Hoofd uitvoering : R.H. Greeve

Werkvoorbereider : F.Guerain

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	6 maart 2013		

FILE: 3012-0353-000_21.R01.doc

RAPPORTAGE GRONDONDERZOEK

Project	Reconstructie N242 te Heerhugowaard	Opdrachtnummer	3012-0353-000
Opdrachtgever	BK Ingenieurs BV Postbus 264 1970 AG IJMUIDEN	Datum rapportage	6 maart 2013
		Uitvoeringsperiode	28 februari 2013 tot en met 1 maart 2013
Projectleider	ing. J.S.J. Misker		
Werkvoorbereider			
Documentnaam	3012-0353-000_21.R01.doc		

Dit rapport bevat de resultaten van het geotechnisch grondonderzoek dat ten behoeve van bovengenoemd project door Fugro GeoServices B.V. is uitgevoerd. Eventueel uitbesteed onderzoek is duidelijk als zodanig gekenmerkt. De gerapporteerde resultaten van het onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Tot dit rapport behoren de volgende bijlagen:

- Situatietekening
- Sonderingen
- Veldboorstaten
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

1. GRONDONDERZOEK

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit:

- 3 sondering(en) met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand.
- 7 handboring(en);

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN

De hoogte en de coördinaten van de onderzoekslocatie(s) zijn bepaald in NAP en RD. De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 10 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

De bijgevoegde situatietekening is gebruikt voor het aangeven van de onderzoekslocatie(s).

De hoogtebepaling van de onderzoekslocatie(s) is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

3. SONDEREN

Het sonderen is uitgevoerd conform de vigerende richtlijnen en de NEN 5140 (klasse 2). Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

In verband met de mogelijke aanwezigheid van kabels en leidingen is ter plaatse van de 3 sondeerlocaties voorgeboord.

4. BOREN

Bij het handboren wordt gebruik gemaakt van een edelmannboor, een (ram)guts, een zuigerboor en een handpuls

5. (GROND)WATERSTAND

Het peil van een nabijgelegen open water is gedurende het grondonderzoek bepaald en is vermeld op de situatietekening. Deze waterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek is de grondwaterstand in het boorgat van handboring 4 aangetroffen op 0,9 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP -2,3 m. Deze grondwaterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

6. KWALITEITSBORGING

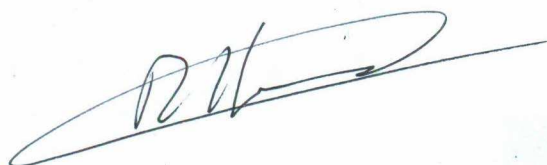
Alle werkzaamheden worden verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro GeoServices B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA ** 2008/05.

7. TOELICHTING GRONDONDERZOEK

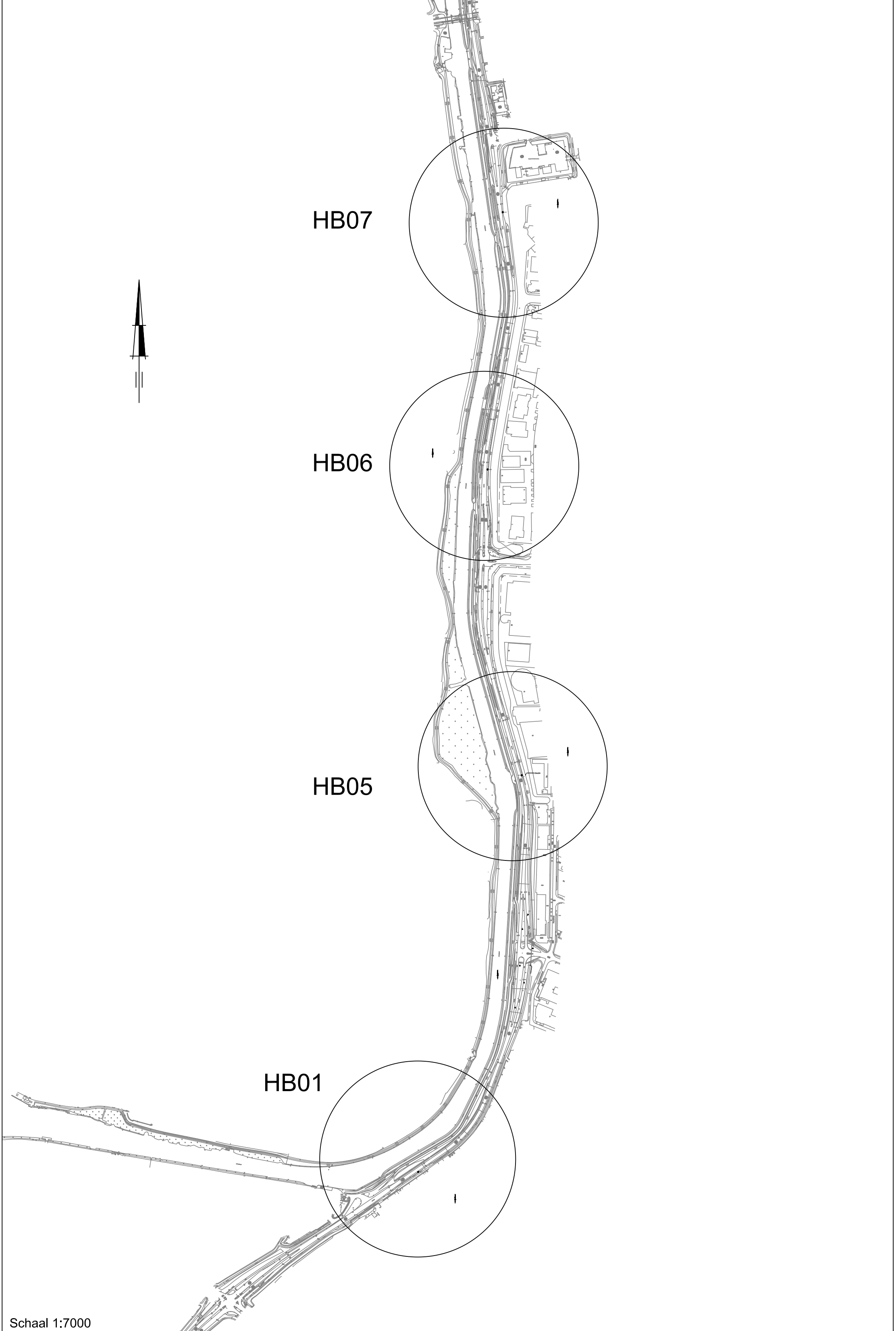
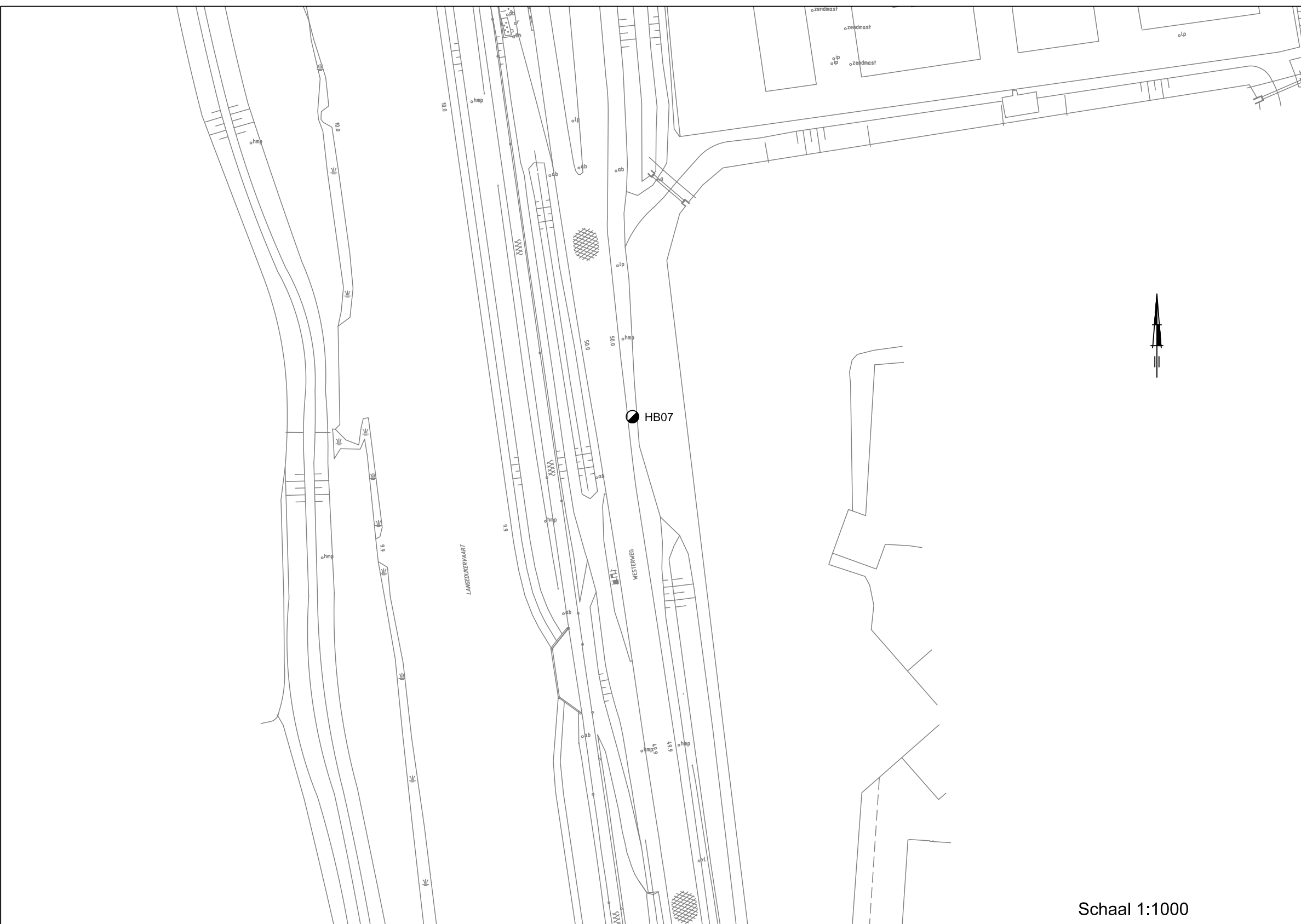
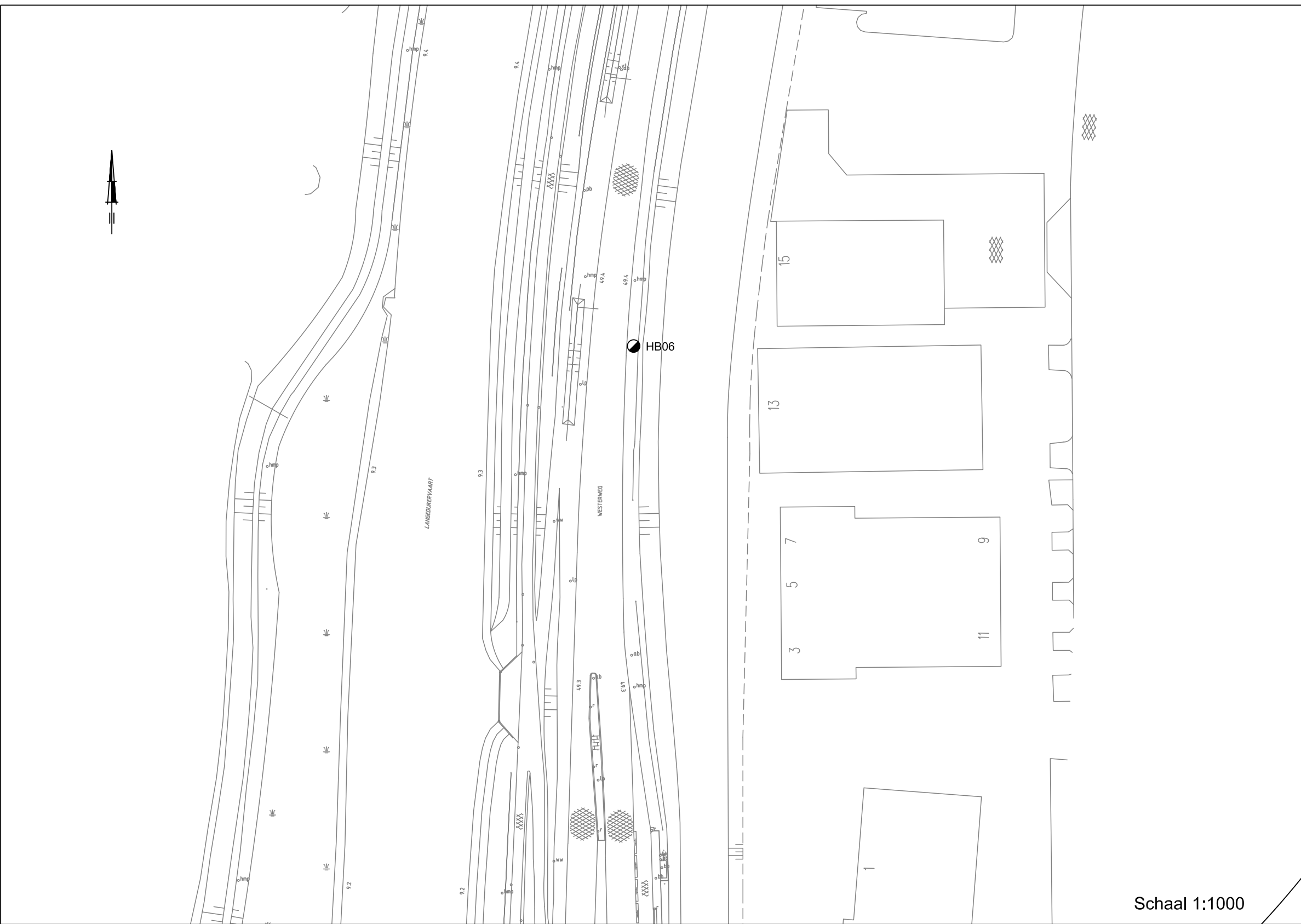
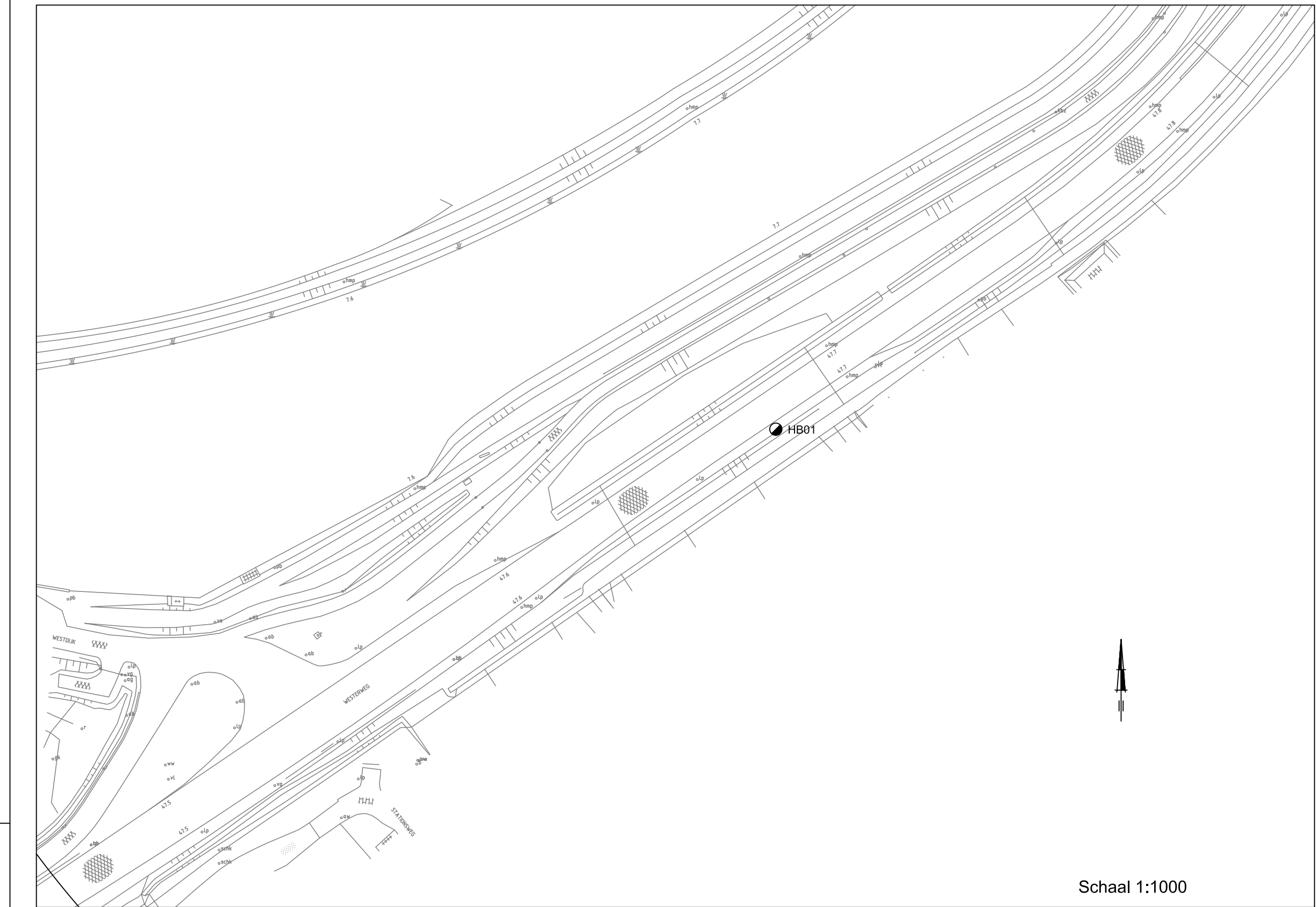
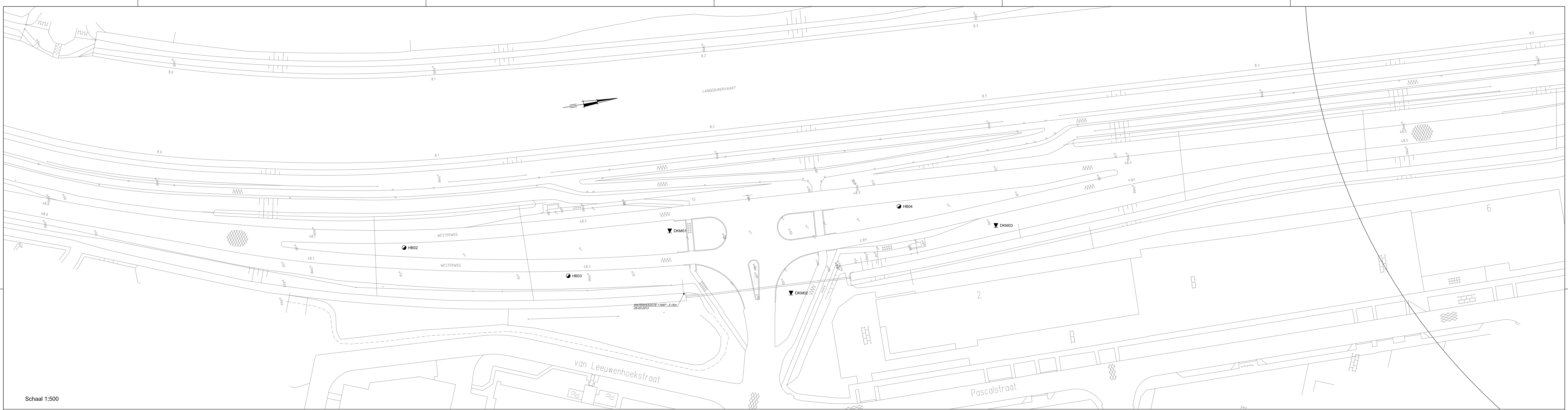
Wanneer u naar aanleiding van de resultaten van dit onderzoek nog vragen heeft, verzoeken wij u contact op te nemen met de projectleider of de werkvoorbereider.

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

Fugro GeoServices B.V.
Afdeling Terreinonderzoek



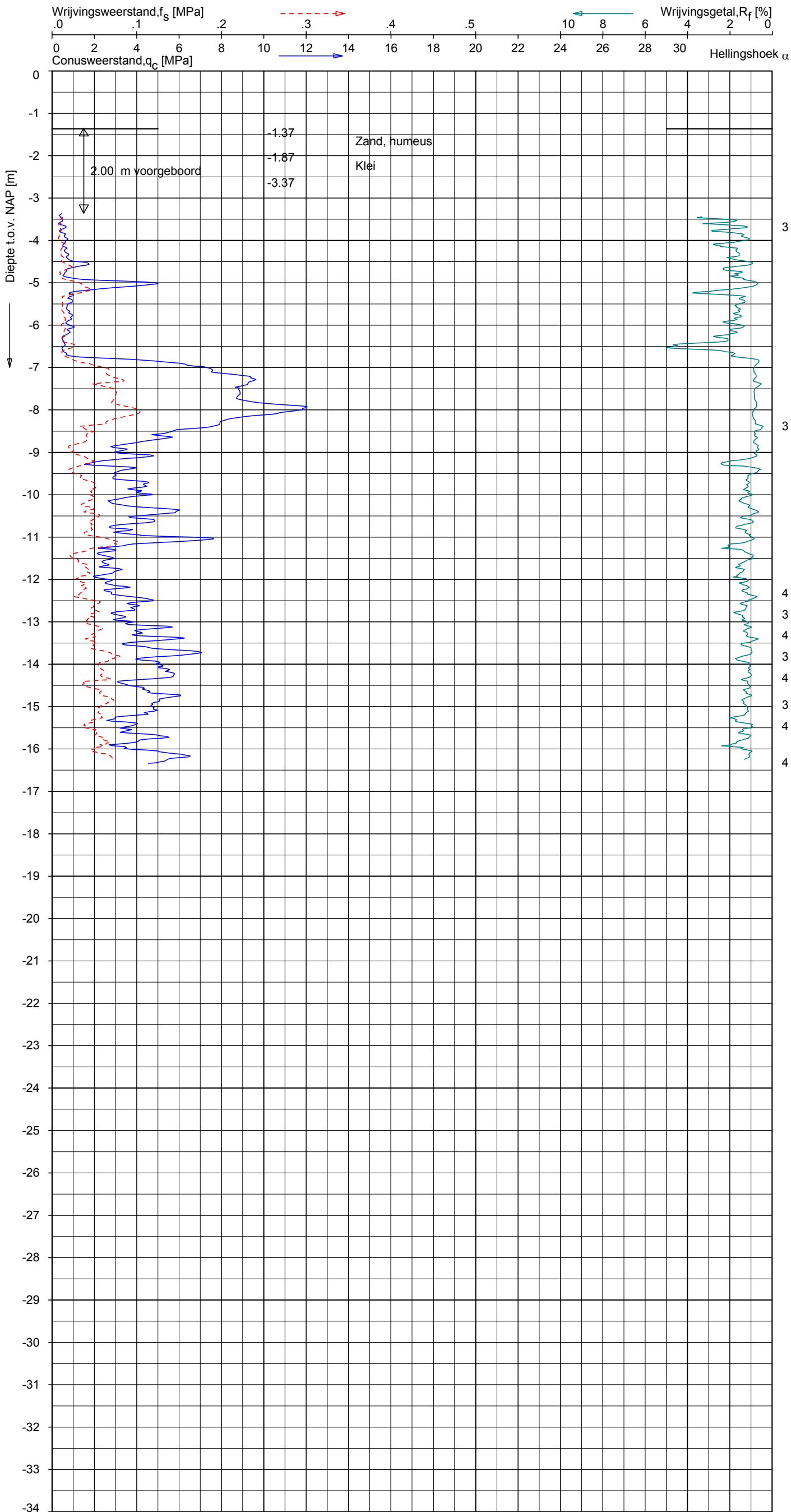
R.H. Greeve
Hoofd Uitvoering



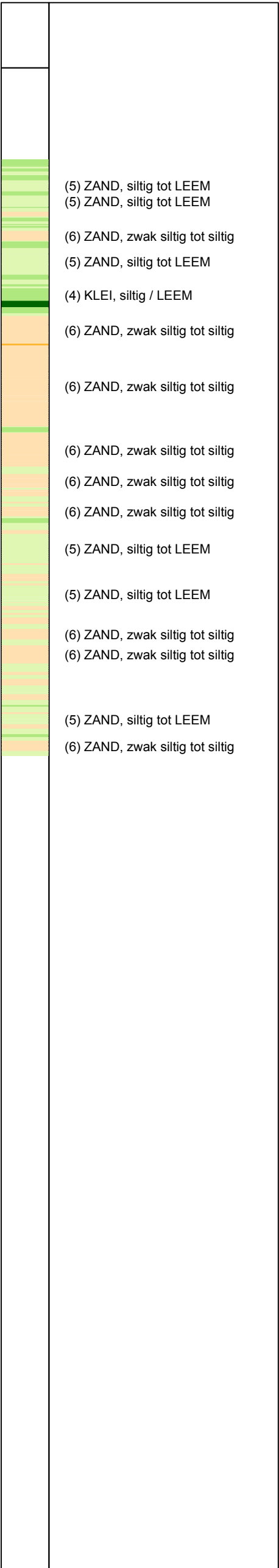
UNIPLOT 05.21.nl / Qcf-Class-N3.cmd / 2013-03-06 10:02:43

3012-0353-000

DKM01 - 1



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : SC/DRD d.d. 28-Feb-2013 conus : F7.5CKE2HA/B X = 117160.4
Get. : LEEUWEST d.d. 2013-03-06 MV = NAP -1.37 m Y = 521198.6
Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2.
Conus type cilindrisch elektrisch, 1500 mm.
Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

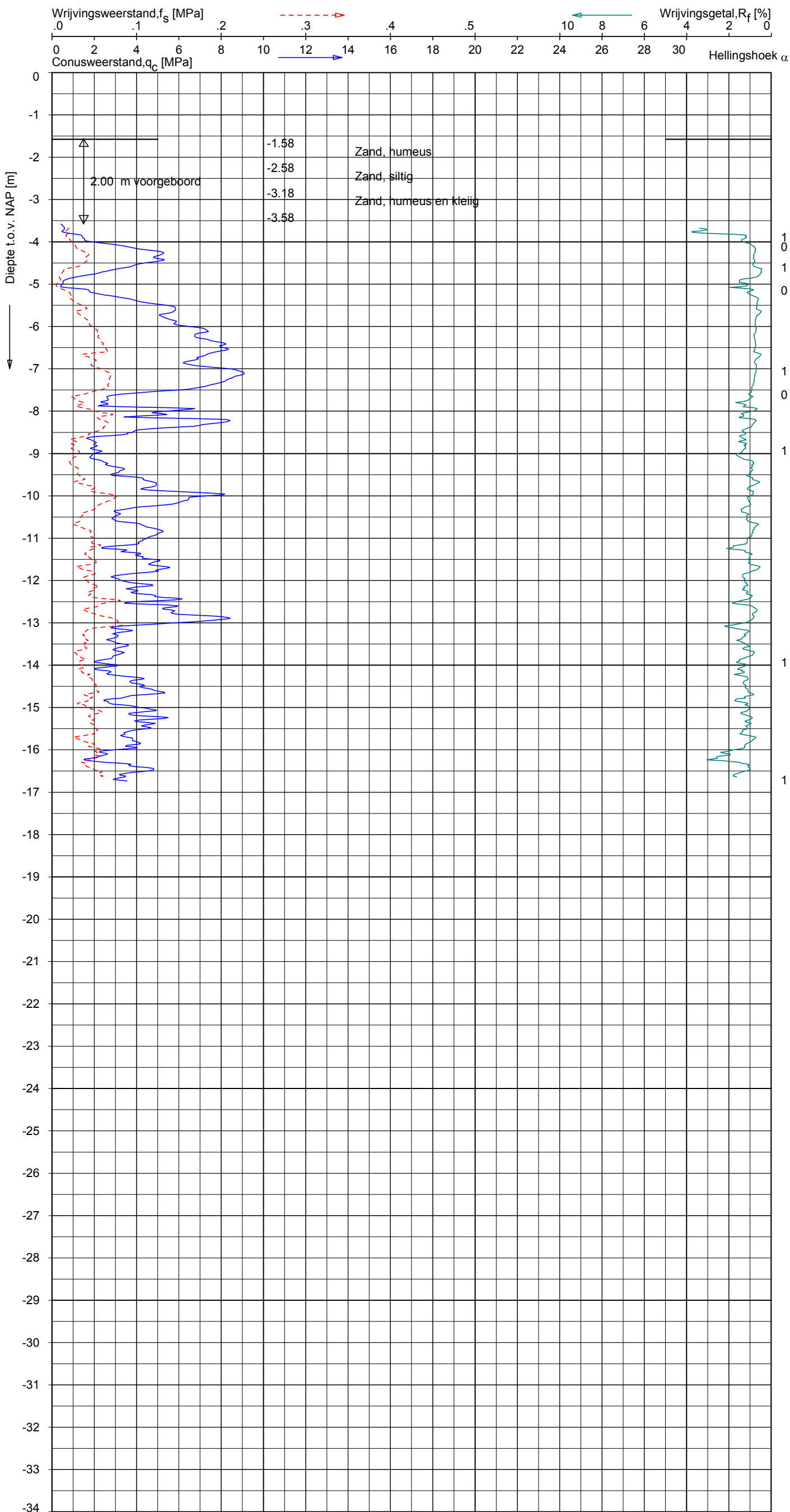
RECONSTRUCTIE N242 TE HEERHUGOWAARD

Opdr. 3012-0353-000
Sond. DKM01

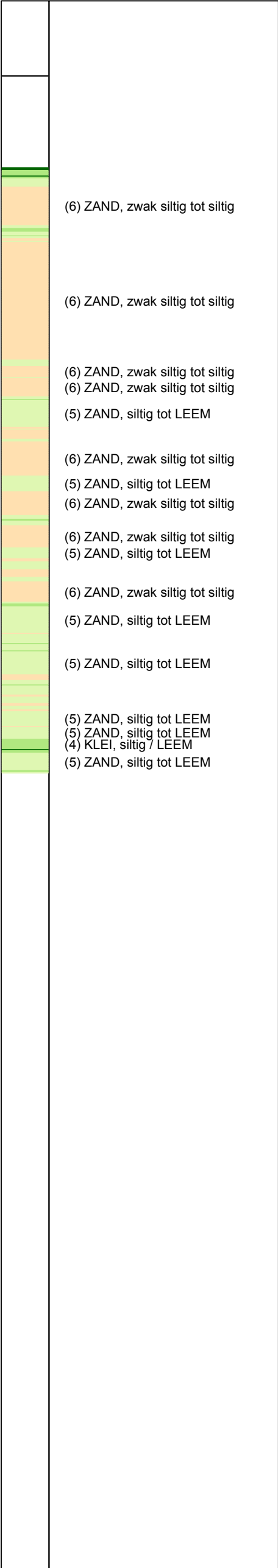
UNIPLOT 05.21.nl / Qcf-Class-N3.cmd / 2013-03-06 10:02:42

3012-0353-000

DKM02 - 1



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

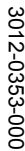


Opg. : SC/DRD d.d. 28-Feb-2013 conus : F7.5CKE2HA/B X = 117190.4
Get. : LEEUWEST d.d. 2013-03-06 MV = NAP -1.58 m Y = 521238.2
Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2.
Conus type cilindrisch elektrisch, 1500 mm.
Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
RECONSTRUCTIE N242 TE HEERHUGOWAARD

Opdr. 3012-0353-000
Sond. DKM02

[illegible]

Boring: HB01

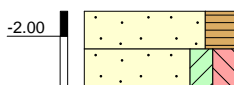
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Veldclassificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

Pagina 1 van 1



-1.67 tot -2.17 Zand, matig fijn, sterk humeus

-2.17 tot -2.67 Zand, matig kleiig, matig siltig bruin

Algemene opmerking:

X: 116926.9

Y: 520725.1

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -1.67

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 02/28/2013

Boormeester: sc

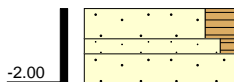
Geclassificeerd door: sc

Boring: HB02

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-1.03 tot -1.43 Zand, matig fijn, sterk humeus bruin

-1.43 tot -1.63 Zand, matig fijn, zwak humeus bruin

-1.63 tot -2.03 Zand, matig fijn, licht bruin

Algemene opmerking:

X: 117149.7

Y: 521102.2

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -1.03

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 02/28/2013

Boormeester: sc

Geclassificeerd door: sc

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Reconstructie N242 te Heerhugowaard

3012-0353-000

Boring: HB03

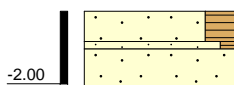
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Veldclassificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

Pagina 1 van 1



-1.04 tot -1.44	Zand, matig fijn, sterk humeus bruin
-1.44 tot -1.54	Zand, matig fijn, zwak humeus bruin
-1.54 tot -2.04	Zand, matig fijn, licht bruin

Algemene opmerking:

X: 117170.2

Y: 521159.3

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -1.04

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 02/28/2013

Boormeester: sc

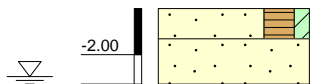
Geclassificeerd door: sc

Boring: HB04

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-1.39 tot -1.79	Zand, matig fijn, sterk humeus, zwak kleilig bruin
-1.79 tot -2.39	Zand, matig fijn, licht bruin

Algemene opmerking:

X: 117166.2

Y: 521282.4

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -2.29

MV (m tov NAP): -1.39

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 02/28/2013

Boormeester: sc

Geclassificeerd door: sc

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Reconstructie N242 te Heerhugowaard

3012-0353-000

Boring: HB05

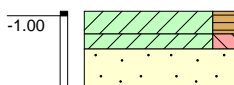
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-0.94 tot -1.24 Klei, matig humeus
-1.24 tot -1.44 Klei, matig siltig
-1.44 tot -1.94 Zand, matig fijn

Algemene opmerking:

X: 117164.7

Y: 521636.0

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -0.94

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 02/28/2013

Boormeester: sc

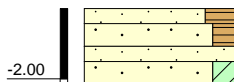
Geclassificeerd door: sc

Boring: HB06

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-1.07 tot -1.27 Zand, matig fijn, sterk humeus
-1.27 tot -1.57 Zand, matig fijn, humeus
-1.57 tot -1.77 Zand, matig fijn
-1.77 tot -2.07 Zand, matig fijn, matig kleiig

Algemene opmerking:

X: 117086.2

Y: 522338.3

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -1.07

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 02/28/2013

Boormeester: sc

Geclassificeerd door: sc

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Reconstructie N242 te Heerhugowaard

3012-0353-000

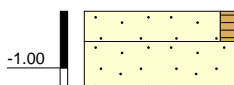
Boring: HB07
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-0.25 tot -0.65 Zand, matig fijn, zwak humeus bruin

-0.65 tot -1.25 Zand, matig fijn, licht bruin

Algemene opmerking:

X: 117121.0

Y: 522929.1

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -0.25

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 02/28/2013

Boormeester: sc

Geclassificeerd door: sc

Meettechniek

Bij het uitvoeren van een sondering conform NEN 5140 wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken¹⁾. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) wordt door rekstrookjes in de conus continu gemeten. De meetsignalen worden via een kabel naar een elektrische meeteenheid gestuurd en tezamen met de diepte en de tijd in een computer opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten conusweerstand tegen de diepte in grafiekvorm wordt uitgewerkt. Door continue registratie van de conusweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

In de elektrische conus is standaard een hellingmeter ingebouwd waarmee tijdens het sonderen de afwijking van de conus met de verticaal wordt geregistreerd. Onjuiste diepte-aanduiding als gevolg van "krom sonderen" wordt hiermee voorkomen. Afhankelijk van de sondeerklasse wordt de diepte hiervoor gecorrigeerd.

Naast de conusweerstand kunnen, bij gebruik van andere conustypen, ook andere gegevens worden gemeten. De meest toegepaste conus is de "elektrische kleefmantelconus", waarmee zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand gelijktijdig wordt gemeten. Hiertoe is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De plaatselijke wrijving wordt op dezelfde wijze als de conusweerstand gemeten en geregistreerd.

¹⁾ Volgens NEN 5140 mag het basisoppervlak tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten behoeven te worden toegepast.

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

Meting van zowel de conusweerstand als de plaatselijke wrijvingsweerstand maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand, vermenigvuldigd met een factor 100. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een goed beeld van de bodemopbouw *beneden* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen, dan wel lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

grondsoort	wrijvingsgetal	grondsoort	wrijvingsgetal
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen.

Andere conustypen

Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

type meting	meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen), grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgroënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen / verkeerstrillingen
CPM (conuspressiometer)	spannings-rek-gedrag en sterkte in situ	bepaling grondstijfheid, horizontale korrelspanning, ongedraineerde schuifweerstand en relatieve dichtheid
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijflagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijflagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen
video	videobeeld van de grond bij het passeren van de conus	nadere geotechnische classificatie / structuur informatie over bodemverontreiniging (verkleuring)

Klassenindeling NEN 5140

De norm gaat uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering dient een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse het werk uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

klasse	meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	
Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.			

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.a NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is in slappe grondlagen met lage conusweerstand extra moeilijk om aan de eisen van klassen 1 en 2 te voldoen. Dit in tegenstelling tot grondsoorten met hoge conusweerstand. Het bij Fugro gehanteerde meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door strikte kwaliteitscontroles en calibraties. Fugro sonderingen vallen dan ook standaard in klasse 2. Klasse 1 sonderingen dienen alleen voor calibratiedoeleinden en wetenschappelijk onderzoek. Bij routinematige sonderingen kunnen de specificaties van klasse 1 sonderingen alleen door aanvullende maatregelen worden benaderd.

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN / PEILBUIZEN

●	mechanische boring (B)
◐	handboring (HB)
○	niet uitgevoerde boring
◌	niet uitgevoerde handboring
●	boring met peilbuis
●	boring met peilbuis, ondiep en diep filter
●	boring met peilbuis, ondiep, middeldiep en diep filter
●	handboring met peilbuis
⊕	hellingmeterbuis (HMB)
✓	gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF)
⊙	boring derden
⊙	boring derden met peilbuis

SONDERINGEN

▼	diep-/diepzware sondering
▼	middelzware sondering
▼	diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
▼	middelzware sondering met plaatselijke kleefmeting
▼	slagsondering
▼	niet uitgevoerde sondering
⊙	waterspanningsmeter (WSM)
▼	sondering derden
▼	sondering derden met plaatselijke kleefmeting

Type sonderingen






M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen






KM	meting van de plaatselijke kleef
P	meting van waterspanning
M	meting van de magnetische veldsterkte
G	meting van de geleidbaarheid
S	meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	meting van de temperatuur

LEGENDA / TERMINOLOGIE

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleilig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig



veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleilig
	Veen, sterk kleilig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig







klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

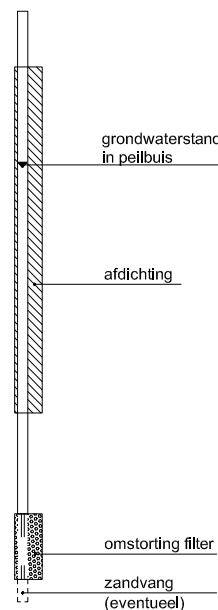
leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig



Overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig




Peilbuis



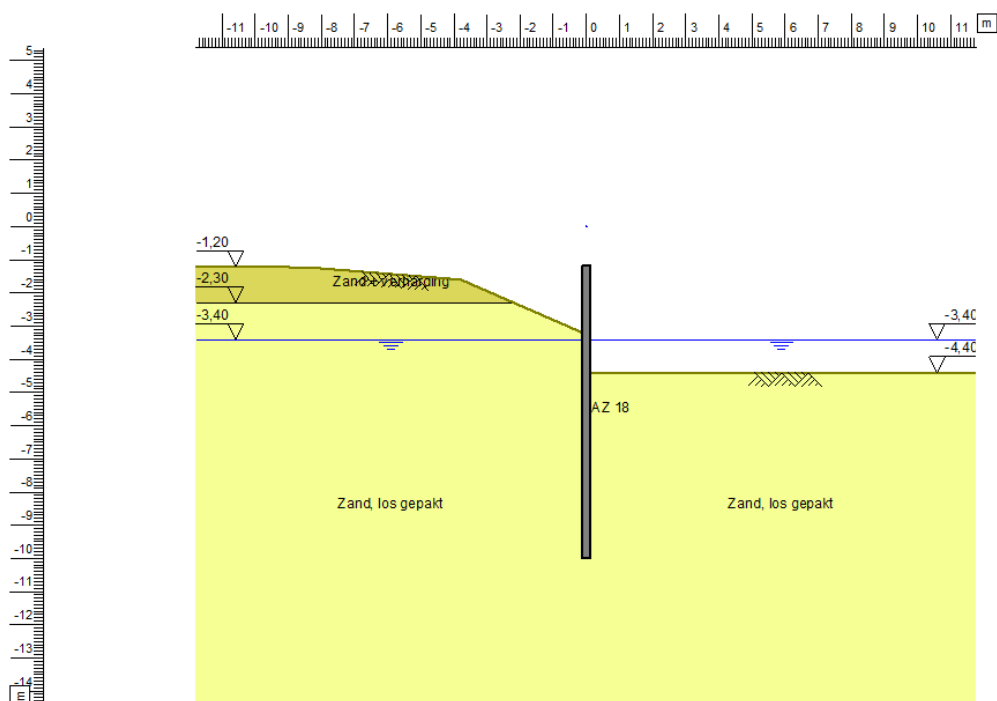
Monsters

	geroerd monster
	ongeroerd monster

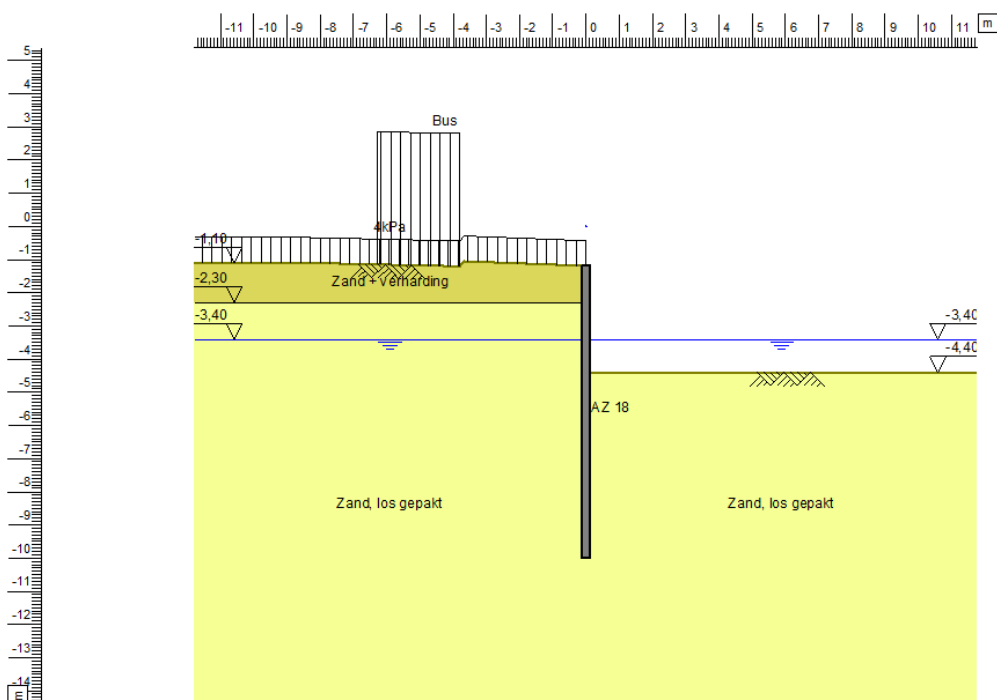
Overig

◀	gemiddeld hoogste grondwaterstand
▽	grondwaterstand
◆	gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	verharding / kern / asfalt
	puin

Overzicht - Fase 1: Installeren damwand



Overzicht - Fase 2: Aanvullen

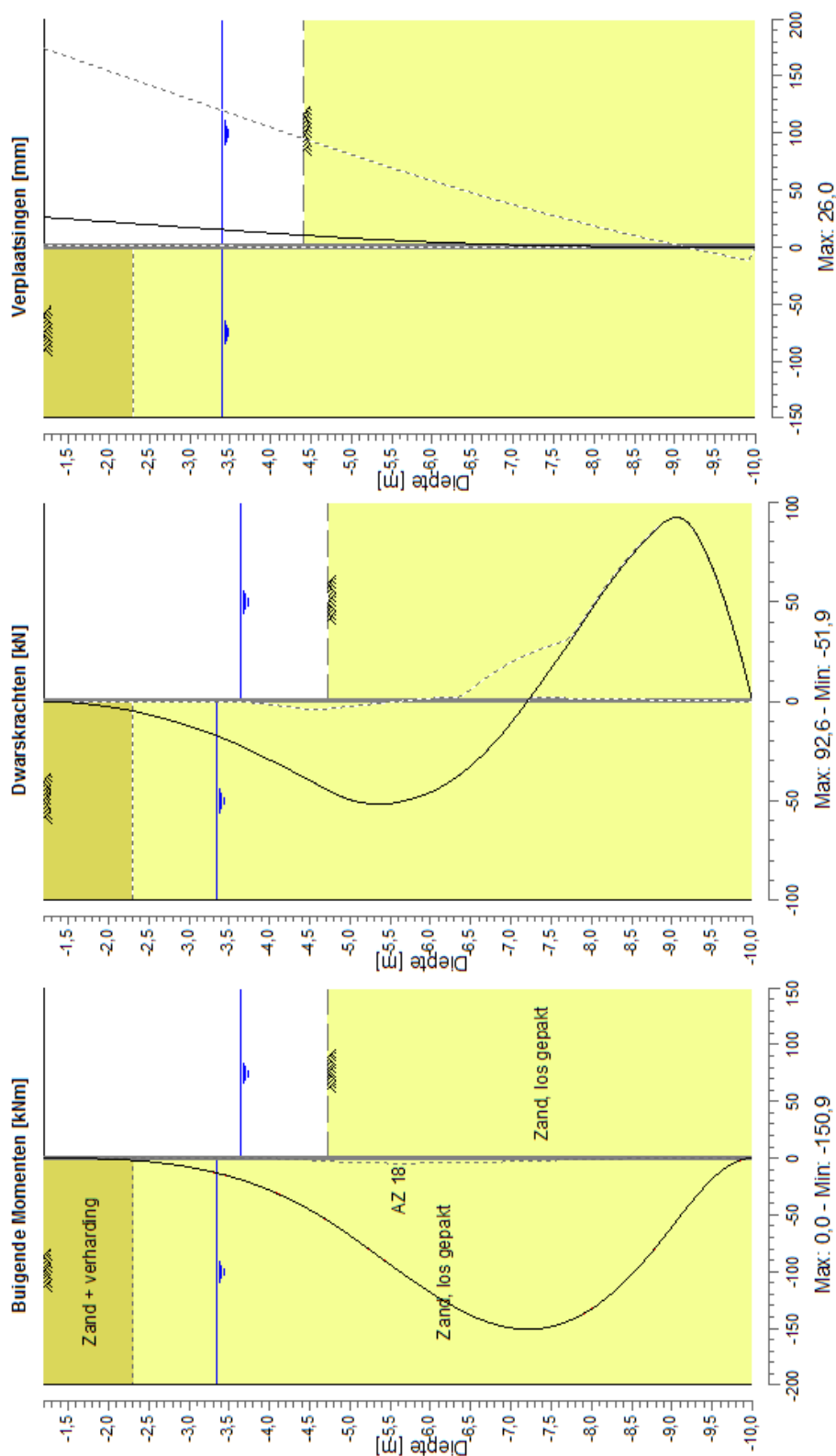


D-SHEET PILING: GEMODELLEERDE FASERING

RECONSTRUCTIE N242 TE HEERHUGOWAARD

Opdr. : 3012-0353-000

Bijl. : 1



D-SHEET PILING: BEREKENINGSRESULTATEN

RECONSTRUCTIE N242 TE HEERHUGOWAARD

Opdr. : 3012-0353-000

Bijl. : 2