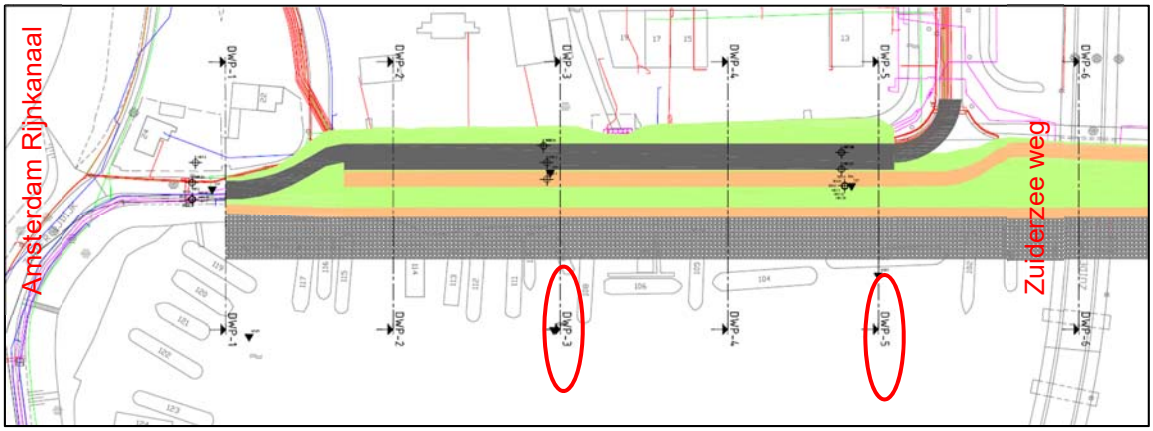
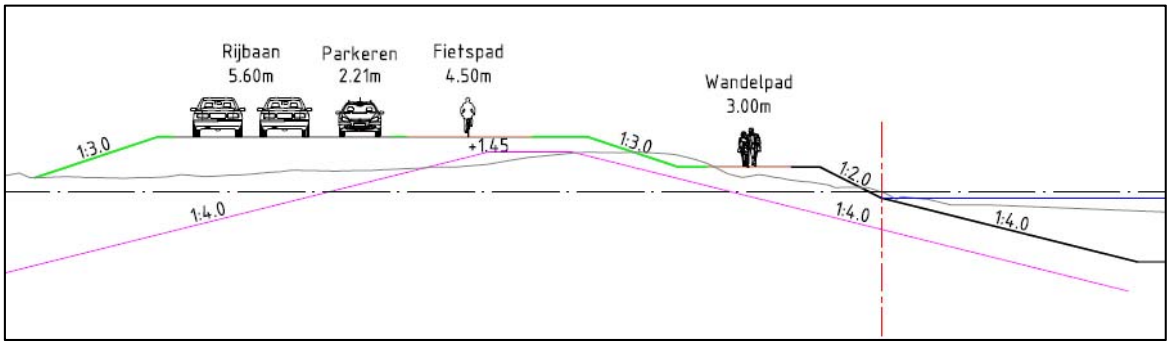
TECHNISCHE NOTITIE			
Projectnaam:	Dijkversterking Zeeburgereiland		
Onderwerp:	Berekening zettingen dijklichaam t.b.v. verleggen kabels en leidingen		
Opdrachtgever:	IB Amsterdam	**Contactpersoon:**	Ir. F. Pantano
Projectnummer:	1218-0022-000	**Documentnummer:**	1218-0022-000.TN03
Datum:	2-5-2018		
Opgesteld door:	Ir. M. Hop		
Gecontroleerd door:	Ir. J. Hockx	**Vrijgegeven door:**	Ir. J. Hockx

1. PROJECTOMSCHRIJVING

Wegens het versterken van de dijken van Zeeburgereiland wordt de Zuider IJdijk aan de zuidzijde van het eiland versterkt. Op deze dijk wordt een fietspad, rijbaan en parkeerplaatsen gerealiseerd, zie figuur 1-2. In het grondlichaam van het gedeelte van de dijk tussen het Amsterdam Rijnkanaal en het viaduct van de Zuiderzeeweg worden verschillende kabels en leidingen verlegd en/of aangebracht. Om in overleg te kunnen treden met de leidingeigenaren is het van belang om te bepalen welke zettingen verwacht kunnen worden als gevolg van de realisatie van de dijkversterking. Voor twee maatgevende dwarsprofielen (3 en 5) zijn daarom zettingsberekening uitgevoerd. In figuur 1-1 zijn de locaties van de profielen opgenomen. De dwarsprofielen van het ontwerp van de waterkering zijn tevens opgenomen in bijlage C.



Figuur 1-1 Overzicht locatie maatgevende dwarsprofielen [IAMS 2017a]



Figuur 1-2 Voorbeeld dwarsprofiel [IAMS 2017a]

1.1 Doel van deze notitie

Duidelijkheid bieden over de optredende zetting onder de weg en fietspad i.v.m. het verleggen en aanbrengen van kabels en leidingen. De optredende zettingen op het buitentalud van de dijk worden in deze notitie niet beschouwd.

2. UITGANGSPUNTEN

2.1 Bronnenlijst

[AMS 2018] Landmaken oksel A10- Dijkverzwaring Zeeburgereiland 2e fase, Gemeente Amsterdam, Kenmerk: 32837d_nfp_v2.0, 9 februari 2018

[IAMS 2017a] Waterkeringen Zeeburgereiland Dwarsprofielen voor geotechniek Zuiderijdijk blad 1, Ingenieursbureau Amsterdam, 23-5-2017

[IAMS 2017b] Waterkeringen Zeeburgereiland Dwarsprofielen voor geotechniek Zuiderijdijk blad 2, Ingenieursbureau Amsterdam, 23-5-2017

[IAMS 2017c] Zeeburgereiland, Projectplan primaire waterkering, kenmerk 28983d_PPfpv2.1, versie 2, definitief, Gemeente Amsterdam, 6 juni 2017

[NEN 9997-1] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels, NEN 9997-1, NEN, 2016

[WAT 2018] Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, legger, geraadpleegd op 26-4-2018.

[WAT 2011] Watergebiedsplan Bijlmerring, Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht, Augustus 2011

[AHN2 2010] AHN2 i25gn2 ingevlogen in 2010

[AHN3 2015] AHN3 m_25gn2 ingevlogen in 2015

[Fugro 2017] Rapportage laboratoriumonderzoek dijkversterking Zeeburgereiland, advies en onderzoek, Fugro,1217-0061-001, 19-12-2017

[Multi 2016] Bodemonderzoek ten behoeve van project Waterkering Zeeburgereiland, Multiconsult, JS/BM160779/003801-001, 31-10-2016

[Fugro 2018] Geotechnisch onderzoek Dijkversterking Zeeburgereiland, advies en onderzoek, Fugro, 1217-0061-001, 26 januari 2018

[CROW 2004] Betrouwbaarheid van zettingsprognoses, CROW, ISBN 9066284307, November 2004

2.2 Waterstanden freatische lijnen

Voor het waterpeil van het IJmeer wordt het winter streefpeil van NAP-0,4 m aangehouden [IAMS 2017c]. Uit de legger [WAT 2018] blijkt dat er een watergang achter de Zuider IJdijk aanwezig is, zie figuur 2-1.

Figuur 2-1 Overzicht watergang Zeeburgereiland [WAT 2018]

De dimensies van de watergang staan weergegeven in tabel 2-1.

Tabel 2-1 Dimensies watergang langs Zuider IJdijk [WAT 2018]

Onderdeel	EIZEE011
Waterpeil	NAP-0,40 m
Waterdiepte	0,50 m
Talud	1:1,5
Bodembreedte	1,48 m
Breedte op ref peil	2,90 m

Voor de freatische lijn wordt een opbolling van 0,5 m ter plaatste van het dijklichaam aangehouden. De eerste watervoerende zandlaag heeft een stijghoogte van NAP -1,3 m [AMS 2018].

2.3 Grondopbouw

Voor de dwarsprofielen 3 en 5 is de grondopbouw bepaald aan de hand van uitgevoerd grondonderzoek. In Tabel 2-2 staat per dwarsprofiel aangegeven welk grondonderzoek is gebruikt. Opgemerkt wordt dat het grondonderzoek laat zien dat de variatie in grondopbouw erg groot is en dat de boringen en sonderingen elkaar in enkele gevallen tegenspreken. Voor het onderwatertalud van het dijklichaam in het IJmeer is een talud van 1:2 aangehouden.

Tabel 2-2 Gebruikt grondonderzoek per dwarsprofiel

Dwarsprofiel	DWP3	DWP5
Sondering(land) [Multi 2016]	S08	S07
Sondering(water) [Multi 2016]	WS08	WS07
Boringen [Multi 2016]		B04[1]
Handboring [Fugro 2018]	HB2	HB2
Handboring [Multi 2016]	HB8.3, HB8.1	HB7.1, HB7.2
[1] Boring B04 laat kleine veenlaag zien, S07 laat dikkere laag zien, conservatief gekozen voor S07		

In bijlage D is een schets opgenomen met de locatie van het oer-IJ. Dit is een oude riviergeul die is dichtgeslibd met slap materiaal. De dwarsprofielen 1 t/m 5 zijn buiten deze oergeul gelegen en hebben dus een relatief gunstige bodemopbouw met betrekking tot zettingen.

2.4 Zettingsberekeningen

De zettingsberekening zijn uitgevoerd met behulp van D-Settlement versie 18.1. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De benodigde overhoogte is berekend door de eindzetting te bepalen. Vervolgens wordt deze zetting als overhoogte direct vanaf de fictieve start van de ophoging (t=0) aangebracht die de optredende zettingen gedurende de bouwtijd en de gebruiksperiode compenseert.
- Toepassing van het Koppejan rekenmodel met natural strain en het consolidatie model van Terzaghi.
- De bouwtijd voor het aanbrengen van het grondlichaam en de zettingstijd bedraagt maximaal 26 weken.
- Na de bouwtijd van maximaal 26 weken mag maximaal 0,3 m restzetting optreden over een periode van 50 jaar. Hiervan bedraagt een deel (arbitrair ingeschat op 0,1 m) autonome bodemdaling.

- Het Koppejan zettingsmodel berekent geen autonome bodemdaling. De restzettingseis voor de berekeningen met dit zettingsmodel bedraagt daarom 0,2 m gedurende 50 jaar.
- De berekende zettingen worden afgerond op een veelvoud van 0,05 m.
- De nauwkeurigheid van zettingberekeningen is beperkt. Vaak wordt een onnauwkeurigheidsmarge van 30% aangehouden.
- Voor de afmetingen van de dijkversterking worden de ontwerptekeningen [IAMS 2017a] en [IAMS 2017b] gehanteerd.
- De kruinhoogte van de waterkering na 50 jaar dient NAP +2,0 m te bedragen [IAMS 2017a] en [IAMS 2017b].
- De parameters weergegeven in tabel 2-3 zijn gebruikt voor de berekening en volgen grotendeels uit [AMS 2018].
- Aangepaste parameters zijn:
    - Baggerslib is gebaseerd op slib-toplaag, is toegevoegd omdat er geen onderscheidt te maken is tussen top en onderlaag.
    - Klei slap volgt uit tabel 2.b [NEN 9997-1] en is toegevoegd wegens het slappe materiaal in de oergeul ter plaatse van dwp 6 en 8.
    - Aangebracht slib is gebaseerd op slib-onderlaag, omdat sonderingen veen aangaven op locaties waar geen veen voorkomt.

Tabel 2-3 Rekenwaarden grondparameters

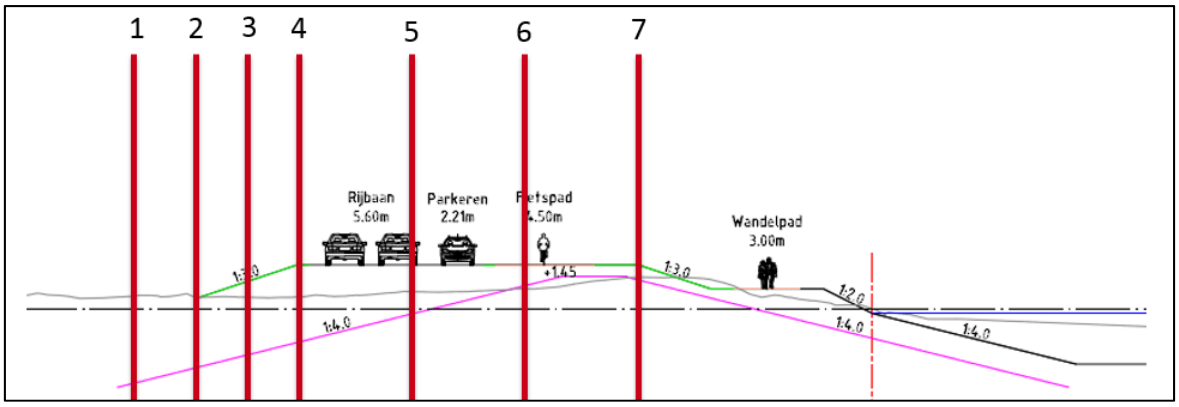
Materiaal	γ_d [kN/m^3]	γ [kN/m^3]	C_p [-]	$C_{p'}$ [-]	C_s [-]	$C_{s'}$ [-]	c_v [m^2/s]	c_h/c_v [-]	**POP** [kN/m^2]	**OCR** [-]
asfalt/puin	17,0	20,0	1500	-	-	-	-	-	5	-
zand (losgepakt)	17,0	19,0	1800	760	-	-	-	-	5	-
Baggerslib[1]	12,9	12,9	366	115	128	641	1.0^{-8}	1,25	5	-
slib-toplaag	12,9	12,9	366	115	128	641	1.0^{-8}	1,25	5	-
slib-onderlaag	13,9	13,9	41,6	13,4	151	79,3	5.0^{-8}	1,25	5	-
Wadklei	16,2	16,2	69	24	288	187	1.0^{-7}	1,00	5	-
Hydrobiaklei	14,5	14,5	80	15	170	95	1.16^{-7}	1,25	5	-
Basisveen	10,5	10,5	25	10	85	40	9.26^{-7}	2,50	5	-
zand (watervoerend)	18,0	20,0	3000	1000	-	-	-	-	-	1,3
Wadzand	17,0	17,0	69	24	288	187	-	-	5	-
klei	17,5	17,5	69	24	288	187	1.0^{-7}	1,00	5	-
Klei slap[2]	14,0	14,0	28	7	320	80	1.0^{-7}	1,00	5	-
Aangebracht slib[3]	13,9	13,9	41,6	13,4	151	79,3	5.0^{-8}	1,25	5	-
Ophoogmateriaal	18,0	20,0	-	-	-	-	-	-	-	-

[1]. Parameters volgens Slib-toplaag
[2]. Parameters volgens tabel 2.b [NEN 9997-1]
[3]. Parameter volgens Slib-onderlaag

3. ANALYSE ZETTINGEN

3.1 Zettingsberekening

Voor de 2 dwarsprofielen 3 en 5 zijn ter plaatse van 7 rekenverticalen de zetting berekend, zie figuur 3-1.



Figuur 3-1 representatief dwarsprofiel met positie van rekenverticalen van de zetting

In tabel 3-1 zijn de resultaten weergegeven van de verticalen met de grootste zetting. In bijlage A zijn voor de overige verticalen de optredende zetting weergegeven.

Tabel 3-1 Maximale zetting na 26 weken, na 50 jaar en check restzettingseis

DWP	Rekenverticaal maximale zetting	Zetting na 26 weken [m]	Zetting na 50 jaar [m]	Restzetting ≤ 0,2 m [m]
3	5	0,15	0,25	0,10
5	5	0,30	0,45	0,15

Zoals uit tabel 3-1 kan worden opgemaakt, wordt de maximale zetting gevonden ter plaatse van rekenverticaal 5 in het midden van de kruin. Daarnaast kan worden geconcludeerd dat de berekende restzetting na een bouwtijd van 26 weken voldoet aan de restzettingseis van ≤ 0,2 m voor beide dwarsprofielen zonder toepassing van zettingsversnellende maatregelen.

In tabel 3-2 is per profiel de benodigde overhoogte op de kruin gepresenteerd. Deze overhoogte is nodig om de zetting die optreedt gedurende de 50 jaar te compenseren. Daarnaast is de aanleghoogte van de kruin aangegeven.

Tabel 3-2 Benodigde overhoogte en aanleghoogte kruin

DWP	Overhoogte kruin tussen verticaal 4 en 7 [m]	Aanleghoogte kruin [NAP + m]
3	0,25	+2,25
5	0,45	+2,45

3.2 Berekening minimale bouwtijd

Omdat bij een bouwtijd van 26 weken de berekende zettingen kleiner zijn dan de restzettingseis van ≤ 0,2 m is beoordeeld of de bouwtijd kan worden verkort zodat de restzettingseis juist wordt behaald. Deze analyse is opgenomen in bijlage B. In tabel 3-3 is de minimaal benodigde bouwtijd opgenomen om te kunnen voldoen aan de restzettingseis van 0,2 m.

Tabel 3-3 Minimaal benodigde bouwtijd

DWP	Rekenverticaal maximale zetting	Zetting na 50 jaar [m]	Restzettings-eis [m]	Maximale zetting einde bouwijd [m]	Minimaal benodigde bouwtijd (indicatief) [dagen]
3	5	0,25	0,20	0,05	0
5	5	0,45	0,20	0,25	80

Zoals aangegeven bij de uitgangspunten worden de berekende zettingen afgerond op een veelvoud van 0,05 m omdat de nauwkeurigheid van zettingsberekeningen beperkt is. Tevens is als uitgangspunt genomen dat bij de fictieve start van de ophoging (t=0) de volledige ophoging aanwezig is. De nauwkeurigheid waarmee de minimaal benodigde bouwtijd kan worden bepaald is daarom eveneens beperkt. De in bovenstaande tabel opgenomen minimaal benodigde bouwtijd om te kunnen voldoen aan de restzettingseis van ≤ 0,2 m is kan daarom hooguit als indicatief worden aangemerkt.

3.3 Monitoring

Aangezien de zettingen met een bepaalde onzekerheid worden bepaald, dient het aanbrengen van de ophoging te worden gecontroleerd door monitoring van de zetting. De monitoring met zakbaken dient bij voorkeur te worden geconcentreerd rondom de locaties met maatgevende zettingen. De monitoringsresultaten moeten vervolgens worden vergeleken met de resultaten van de zettingsberekeningen die voor de ophoging zijn gemaakt.

De consolidatieperiode kan slechts bij grove benadering worden berekend. Daarom wordt tevens aanbevolen om de snelheid van consolidatie van de slappe grondlagen tijdens de uitvoering te controleren met een enkele waterspanningsmeters.

4. CONCLUSIE

Autonome bodemdaling

Na de uitvoeringsperiode van 1 jaar mag maximaal 0,3 m restzetting optreden over een periode van 50 jaar. Hiervan bedraagt een deel (arbitrair ingeschat op 0,1 m) autonome bodemdaling. De restzettingseis als gevolg van het aanbrengen van alleen het grondlichaam van de dijkversterking bedraagt dan 0,2 m.

Zettingen

De berekende eindzettingen bedragen maximaal 0,25 m en 0,45 m voor respectievelijk dwarsprofiel 3 en 5. Uit de zettingsanalyse van de beschouwde dwarsprofielen volgt dat binnen de gestelde bouwtijd van 26 weken de optredende zettingen voldoen aan de restzettingseis van ≤ 0,2 m in 50 jaar zonder toepassing van zettingsversnellende maatregelen.

Voor de dwarsprofielen 6, 8 en 14 is een extra overhoogte gedurende 1 jaar toegepast om aan de restzettingseis te voldoen. Deze extra overhoogte is niet uniform verdeeld over het profiel maar voornamelijk aanwezig op de buitenenberm.

Minimaal benodigde bouwtijd

Omdat bij een bouwtijd van 26 weken de berekende zettingen kleiner zijn dan de restzettingseis van ≤ 0,2 m is beoordeeld of de bouwtijd kan worden verkort zodat de restzettingseis juist wordt behaald. Uit de uitgevoerde analyse volgt dat voor dwarsprofiel 3 de bouwtijd theoretisch 0 dagen kan bedragen en voor dwarsprofiel 5 een minimale bouwtijd van 80 dagen benodigd is. De nauwkeurigheid waarmee zettingsberekeningen kunnen worden uitgevoerd is echter beperkt. De bovengenoemde minimaal benodigde bouwtijd om te kunnen voldoen aan de restzettingseis van ≤ 0,2 m is kan daarom hooguit als indicatief worden aangemerkt.

Monitoring

Aangezien de zettingen met een bepaalde onzekerheid worden bepaald, dient het aanbrengen van de ophoging te worden gecontroleerd door monitoring van de zetting. De monitoring met zakbaken dient bij voorkeur te worden geconcentreerd rondom de locaties met maatgevende zettingen. De monitoringsresultaten moeten vervolgens worden vergeleken met de resultaten van de zettingsberekeningen die voor de ophoging zijn gemaakt.

De consolidatieperiode kan slechts bij grove benadering worden berekend. Daarom wordt tevens aanbevolen om de snelheid van consolidatie van de slappe grondlagen tijdens de uitvoering te controleren met een enkele waterspanningsmeters.

BIJLAGEN

A. BEGRIPPEN EN DEFINITIES

B. RESULTATEN ZETTINGSBEREKENINGEN

Dwarsprofiel 3

Dwarsprofiel 5

C. DWARSPROFIELEN

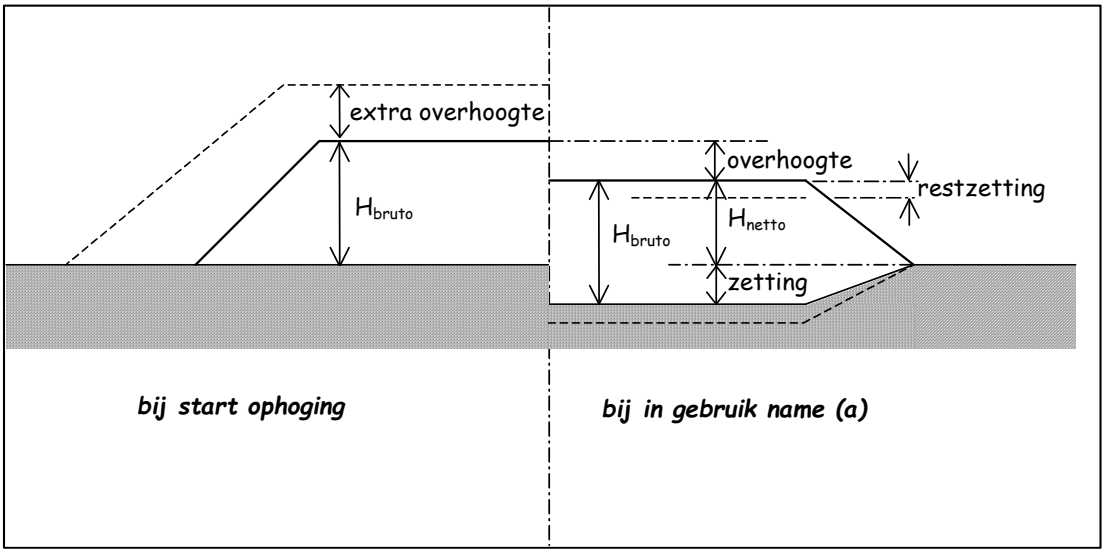
D. CONTOURLIJNENGEUL

A. BEGRIPPEN EN DEFINITIES

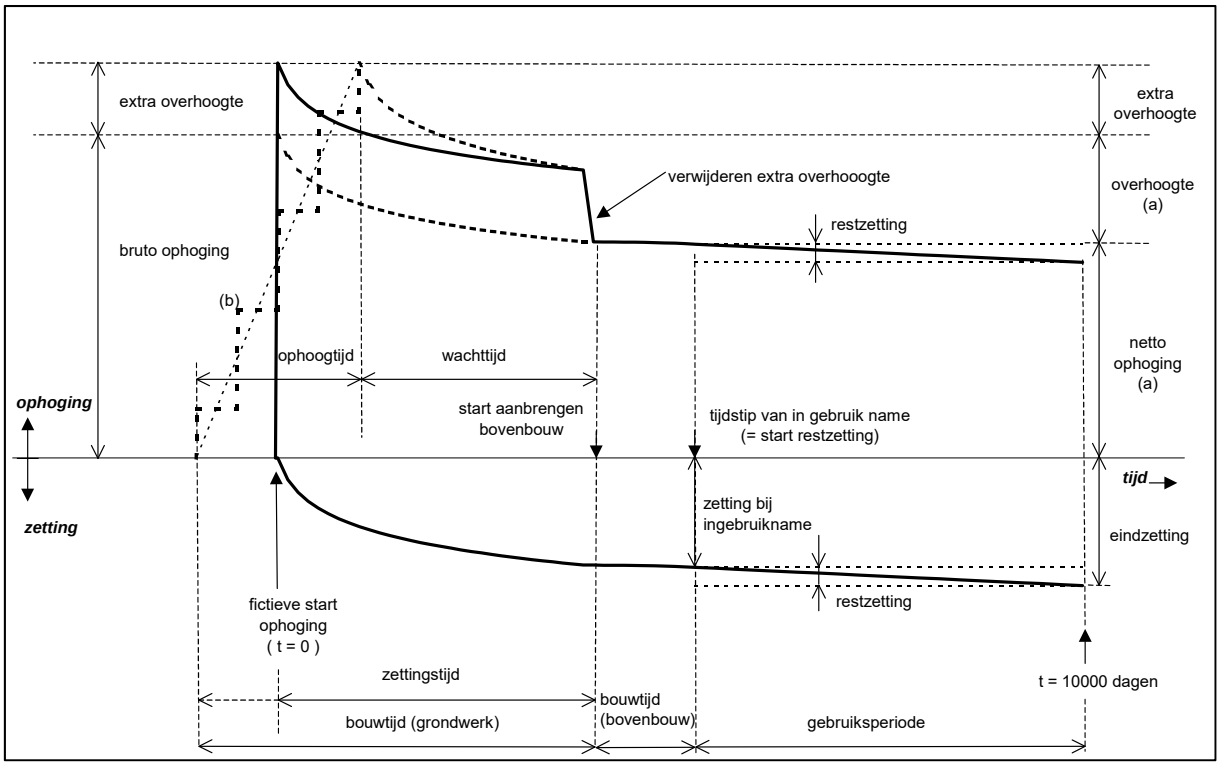
Lijst van begrippen en definities

Begrip	Omschrijving
ophoging	Gedeelte van de grondconstructie dat boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt.
netto ophoging	Gedeelte van de grondconstructie dat na een arbitrair gekozen periode van 10000 dagen boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt.
bruto ophoging	Totale hoogte van de aangebrachte grondconstructie. bruto ophoging = netto ophoging + overhoogte
overhoogte	Zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die wordt aangebracht met het doel na zetting van de ondergrond de gewenste hoogte van de constructie te bereiken.
extra overhoogte	Extra zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die tijdelijk wordt aangebracht om zetting van het grondlichaam te bespoedigen.
fictieve start ophoging	Tijdstip waarop een gefaseerde ophoging geacht wordt in zijn geheel aanwezig te zijn. Dit begrip wordt gebruikt indien in de berekening een gefaseerde ophoging wordt geschematiseerd tot een eenmalige ophoging van dezelfde grootte. Dit tijdstip wordt aangeduid met t = 0 en wordt, bij een gelijkmatige ophoogsnelheid, doorgaans halverwege de ophoogtijd genomen; soms wordt 2/3 aangehouden.
zetting	Geleidelijk en min of meer gelijkmatig afnemen van de hoogteligging van het maaiveld of de cunetbodem waarop de constructie is aangelegd.
eindzetting	Zetting na een arbitrair gekozen periode van 10000 dagen (= circa 27 jaar) vanaf start ophoging. Soms wordt aangehouden: 10, 50 of 100 jaar.
restzetting	Zetting die zich voordoet in een bepaalde periode vanaf de oplevering van de bovenbouw (verharding/spoorstaven).
zettingsverschil	Verschil in zetting van twee locaties.
achtergrondzetting of autonome zetting	Zetting ten gevolge van inklinking in polders door polderpeilverlaging, voortgaande zetting door vroegere ophogingen, gas- en zoutwinning en dergelijke.
bouwtijd (grondwerk)	Tijdsduur vanaf begin ophoging tot begin aanbrengen verharding of spoorstaven.
bouwtijd (bovenbouw)	Tijdsduur benodigd voor het aanbrengen van de verharding of de spoorstaven.
ophoogtijd	Tijdsduur vanaf begin ophoging tot tijdstip waarop bruto ophoging geheel aanwezig is.
Zettingstijd/ wachttijd	Tijdsduur die voor de slappe lagen beschikbaar is om te zetten (consolideren) onder het gewicht van de ophoging, voordat de verharding of bovenbouw wordt aangebracht (einde bouwtijd grondwerk).

Zie ook onderstaande figuren, overgenomen uit CROW publicatie 204.



Figuur: Toelichting terminologie in schematisch dwarsprofiel



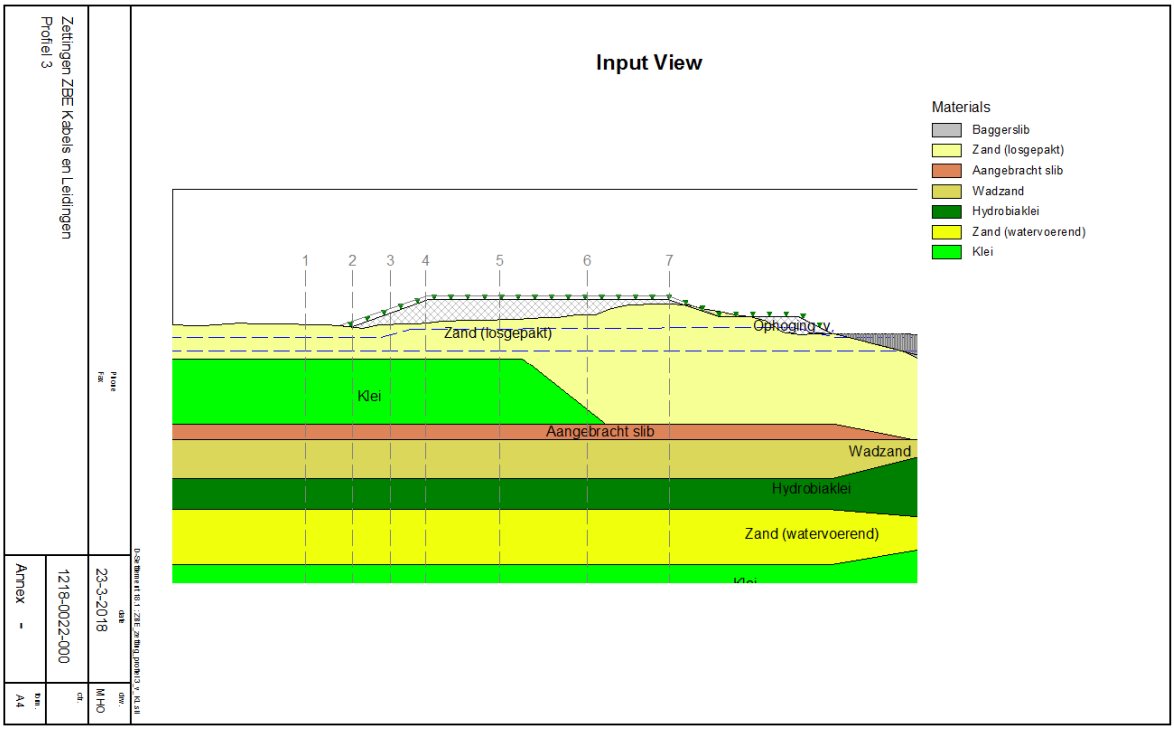
Figuur: Toelichting terminologie in ophoging - zetting - tijd - diagram

(a) hier aangegeven: overhoogte is zetting bij ingebruikname; andere definitie is: overhoogte is eindzetting;

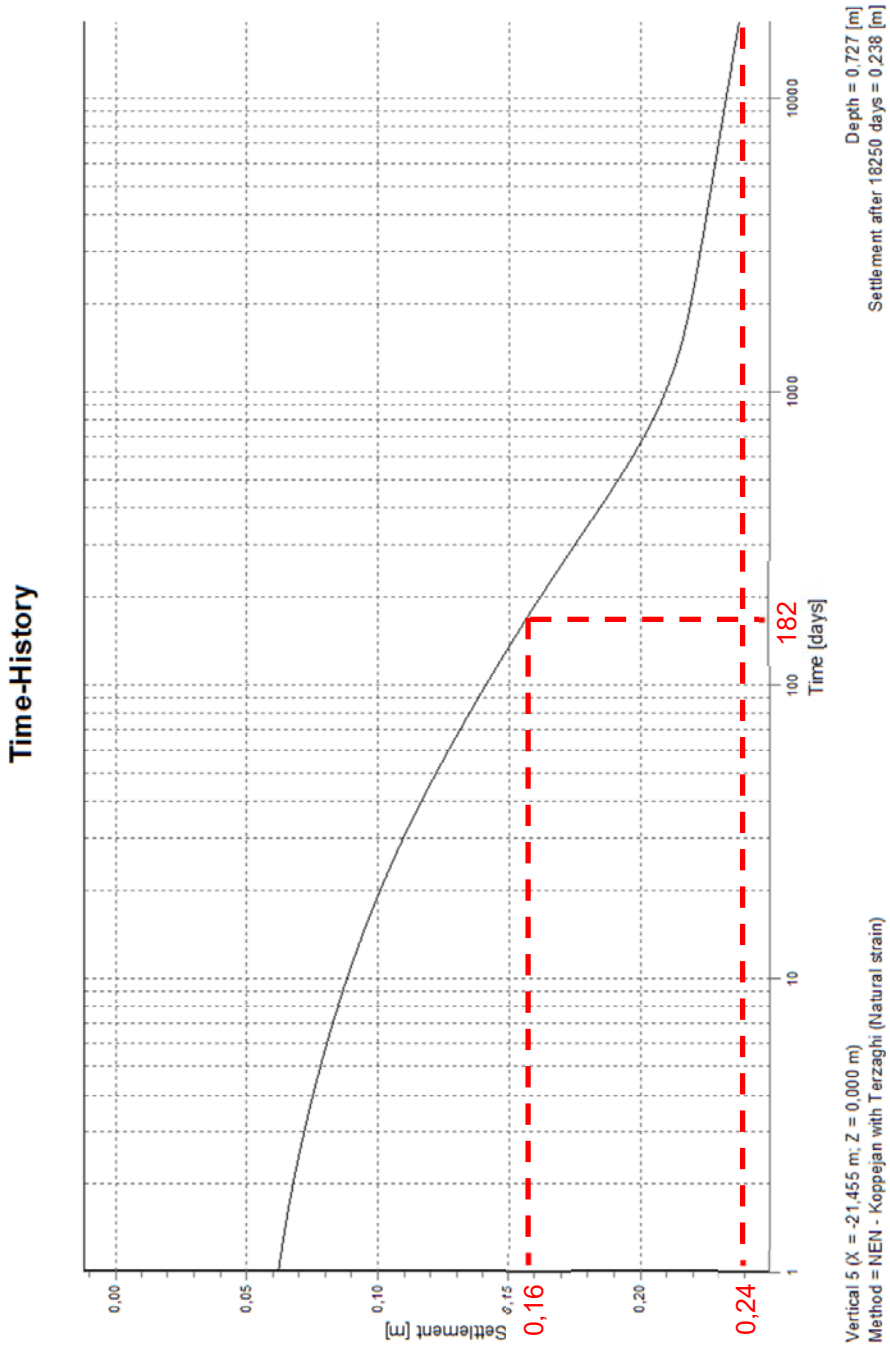
(b) de stippellijn geeft het theoretisch verloop van de ophoging weer; in werkelijkheid treedt tijdens de ophoogfasen ook al zetting op.

B. RESULTATEN ZETTINGSBEREKENINGEN

DWARSPROFIEL 3



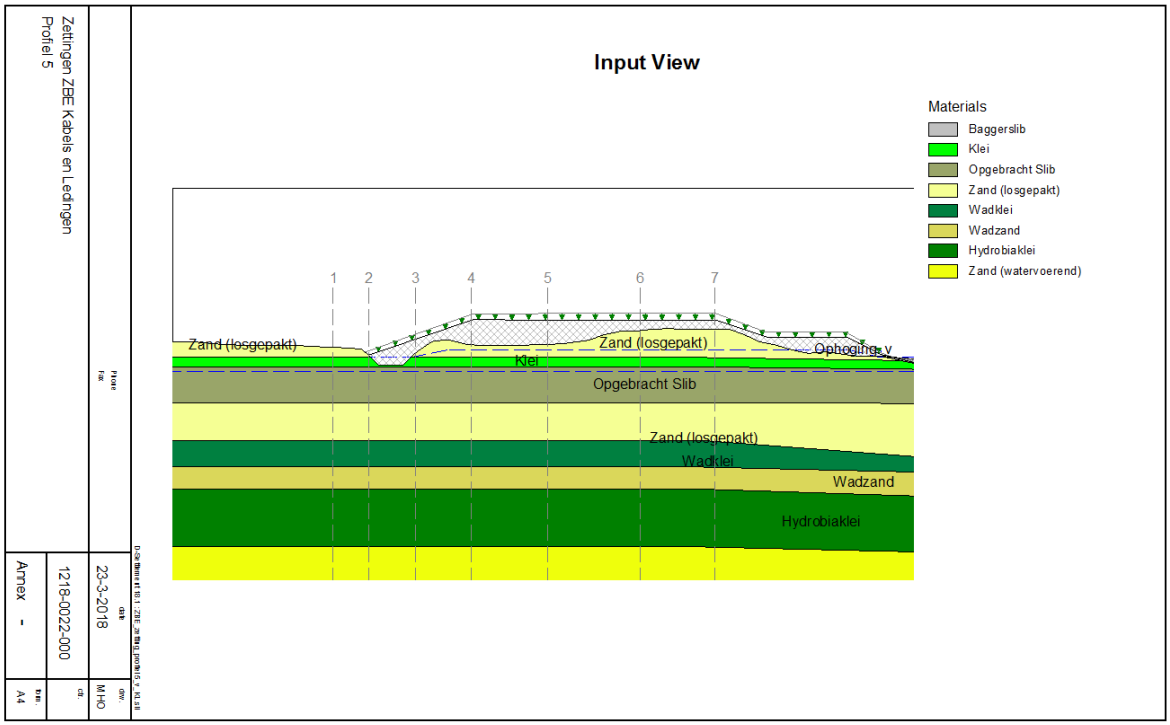
Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	365	0,026	75,310	0,009
	18250	0,035	100,000	0,000
2	365	0,082	75,748	0,026
	18250	0,108	100,000	0,000
3	365	0,135	76,026	0,043
	18250	0,178	100,000	0,000
4	365	0,174	76,263	0,054
	18250	0,229	100,000	0,000
5	365	0,182	76,390	0,056
	18250	0,238	100,000	0,000
6	365	0,110	88,402	0,014
	18250	0,125	100,000	0,000
7	365	0,049	87,239	0,007
	18250	0,056	100,000	0,000



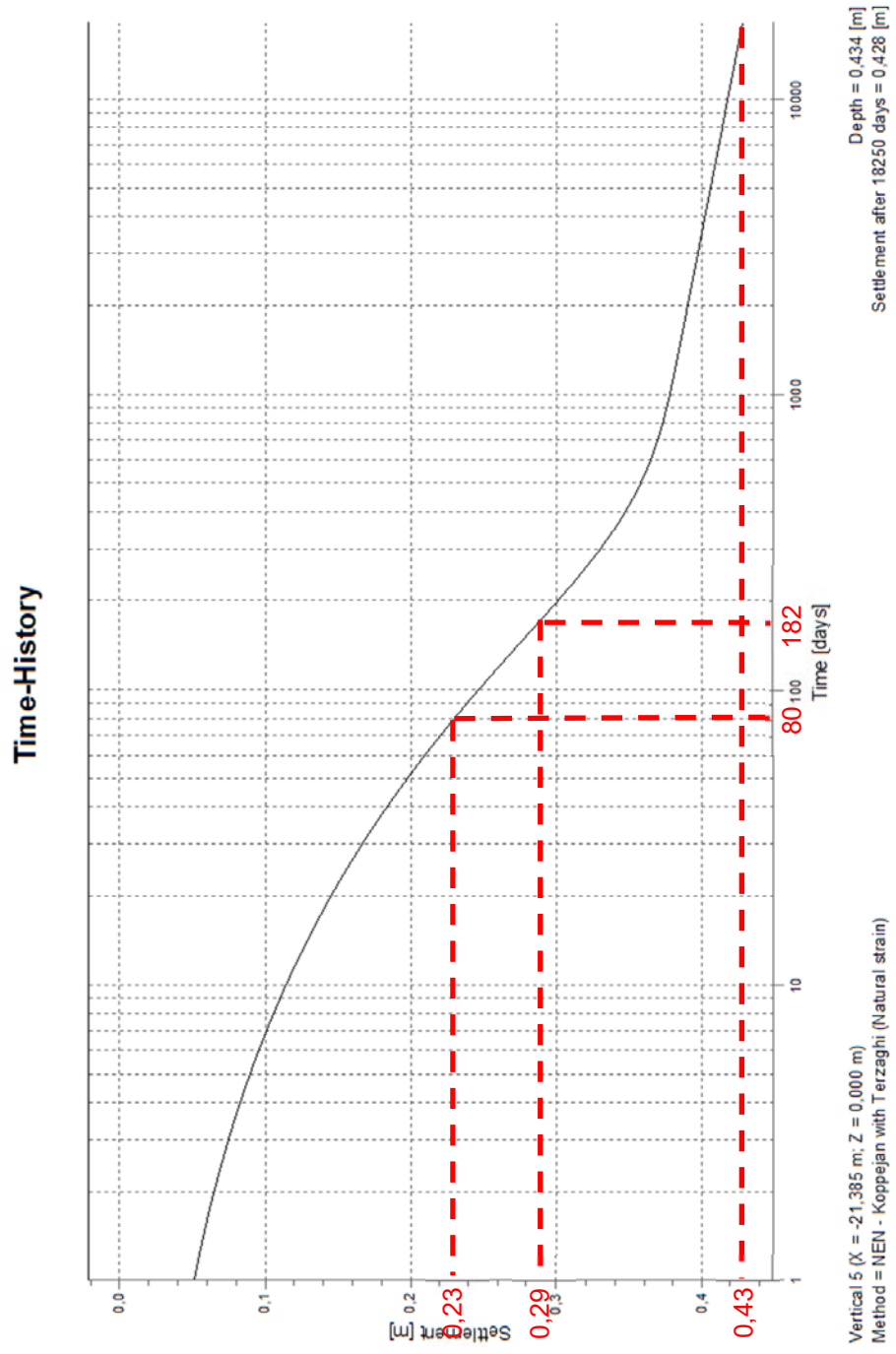
D-Settlement 18.1 : ZBE_zetting_profiel 3_v_KL2.sli

<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Phone <Not Registered> Fax <Not Registered>	date 2-5-2018	drw. MHO
Zettingen ZBE Kabels en Leidingen Profiel 3			1218-0022-000	ctr.
			Annex -	form. A4

DWARSPROFIEL 5

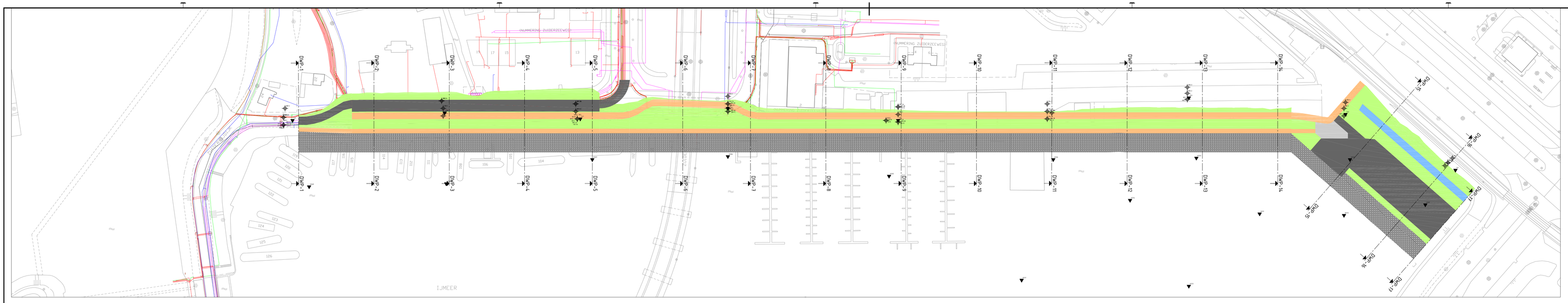


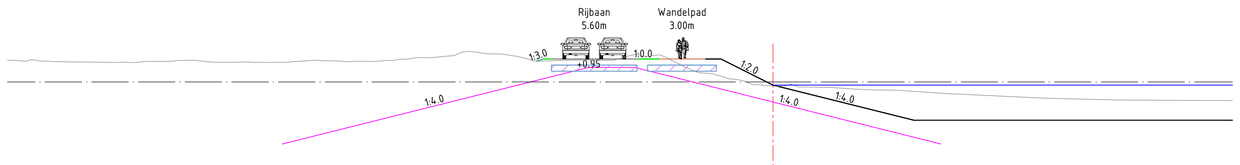
Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	365	0,038	79,250	0,010
	18250	0,049	100,000	0,000
2	365	0,145	78,700	0,039
	18250	0,185	100,000	0,000
3	365	0,284	79,520	0,073
	18250	0,357	100,000	0,000
4	365	0,312	79,961	0,078
	18250	0,390	100,000	0,000
5	365	0,342	80,041	0,085
	18250	0,428	100,000	0,000
6	365	0,186	80,228	0,046
	18250	0,232	100,000	0,000
7	365	0,143	80,231	0,035
	18250	0,178	100,000	0,000



<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered> Phone <Not Registered> Fax <Not Registered>	date 2-5-2018	drw. MHO
Zettingen ZBE Kabels en Ledingen Profiel 5		1218-0022-000	ctr.
		Annex -	form. A4

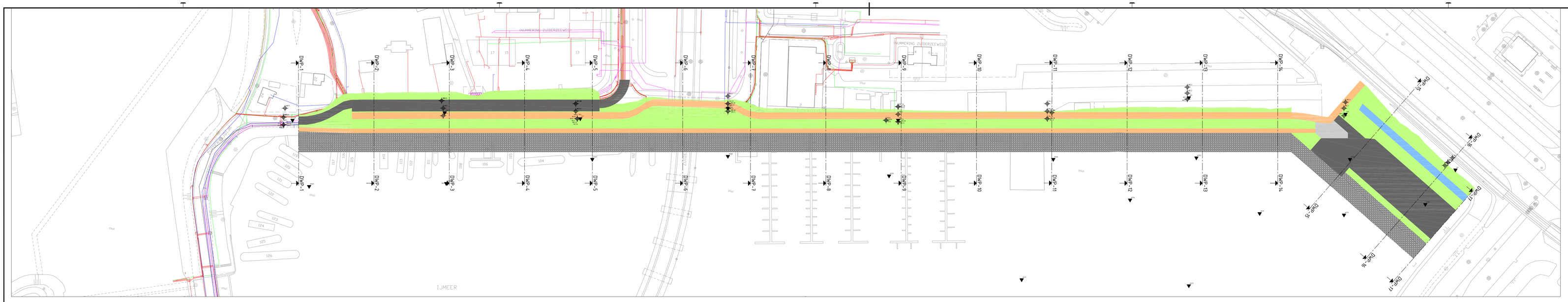
C. DWARSPROFIELEN

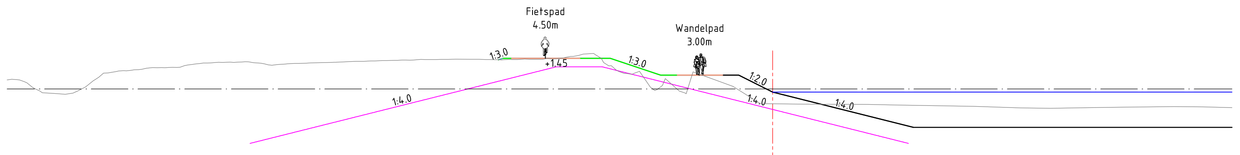




Dwarsprofiel DWP-1
Schaal 1:200

| | | |

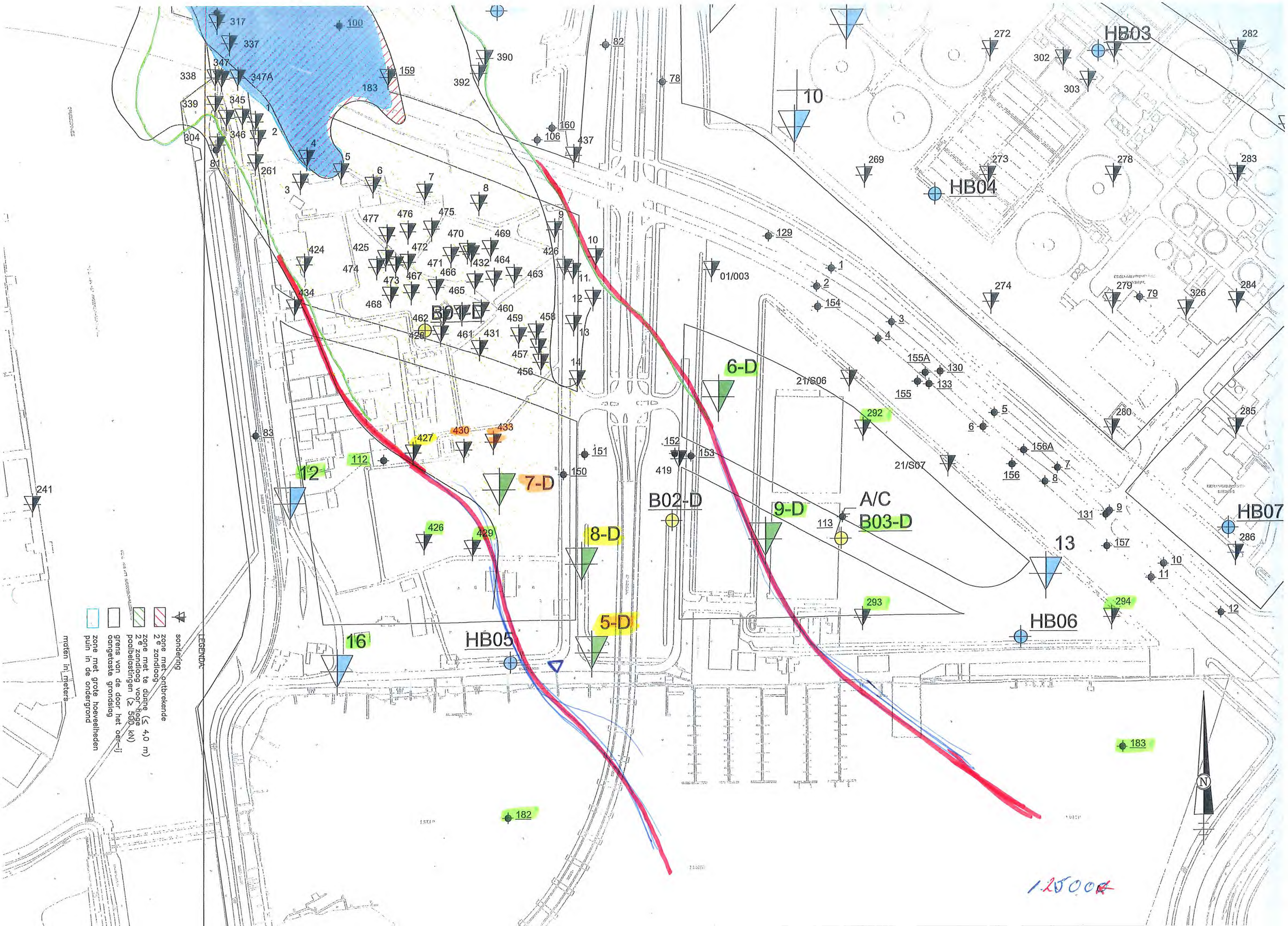




Dwarsprofiel DWP-11
Schaal 1:200

| | | |

D. CONTOURLIJNENGEUL


HB03
HB04
HB05
HB06
HB07
B01-D
B02-D
B03-D
A/C
10
12
13
16
5-D
6-D
7-D
8-D
9-D
21/S06
21/S07
01/003
LEGENDA:
sondering
zone met ontbrekende 2e zandlaag
zone met te dunne (≤ 4,0 m) 2e zandlaag voor hoge paalbelastingen (≥ 500 kN)
grens van de door het oer-IJ aangetaste grondslag
zone met grote hoeveelheden puin in de ondergrond
maten in meters
N
1:2500