



Berekeningsrapportage

Voorlopig geotechnisch ontwerp Lappenvoort

projectnummer 0472575.101
definitief revisie 2
9 december 2022

Berekeningsrapportage

Voorlopig geotechnisch ontwerp Lappenvoort

projectnummer 0472575.101

definitief revisie 2
9 december 2022

Auteurs

B. van Meekeren
V. Verdonk

Opdrachtgever

Waterschap Hunze en Aa's
Aquapark 5
9641 PJ VEENDAM

datum vrijgave
9-12-2022

beschrijving revisie 2
Definitief

gecontroleerd
Henk Rozeboom 

vrijgave
Roald Haanstra



Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Algemeen	5
1.2	Gebiedsbeschrijving	5
1.3	Verbeteropgave	8
1.4	Voorkeursalternatieven	9
1.5	Randvoorwaarden en uitgangspunten	9
2	Dijkvak 1	10
2.1	Algemeen	10
2.2	Versterkingsontwerp	11
2.3	Geotechnisch ontwerp	13
2.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	14
3	Dijkvak 2	16
3.1	Algemeen	16
3.2	Versterkingsontwerp	17
3.3	Geotechnisch ontwerp	19
3.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	19
4	Dijkvak 3	21
4.1	Algemeen	21
5	Dijkvak 4	22
5.1	Algemeen	22
6	Dijkvak 5	23
6.1	Algemeen	23
6.2	Versterkingsontwerp	24
6.3	Geotechnisch ontwerp	25
6.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	25
7	Dijkvak 6	27
7.1	Algemeen	27
7.2	Versterkingsontwerp	28
7.3	Geotechnisch ontwerp	29
7.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	29
8	Dijkvak 7	31
8.1	Algemeen	31

9	Dijkvak 8	32
9.1	Algemeen	32
9.2	Versterkingsontwerp	33
9.3	Geotechnisch ontwerp	34
9.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	34
10	Dijkvak 9A	36
10.1	Algemeen	36
10.2	Versterkingsontwerp	37
10.3	Geotechnisch ontwerp	38
10.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	41
11	Dijkvak 9B	43
11.1	Algemeen	43
11.2	Versterkingsontwerp	44
11.3	Geotechnisch ontwerp	46
11.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	49
12	Dijkvak 10	51
12.1	Algemeen	51
12.2	Versterkingsontwerp	52
12.3	Geotechnisch ontwerp	53
12.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	56
13	Dijkvak 11A	58
13.1	Algemeen	58
13.2	Versterkingsontwerp	59
13.3	Geohydrologisch ontwerp	60
13.4	Geotechnisch ontwerp	64
13.5	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	67
14	Dijkvak 11B	68
14.1	Algemeen	68
15	Dijkvak 12	69
15.1	Algemeen	69
15.2	Versterkingsontwerp	70
15.3	Geotechnisch ontwerp	71
15.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	74
16	Dijkvak 13	76

16.1	Algemeen	76
16.2	Versterkingsontwerp	77
16.3	Geotechnisch ontwerp	78
16.4	Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies	79
17	Analyse uitvoeringsfase	81
17.1	Algemeen	81
17.2	Voorgenomen werkwijze	81
17.3	Resultaten	81
18	Samenvatting	83
19	Bibliografie	84
	Bijlage 1 KLIC-melding	
	Bijlage 2 D-Geo Stability berekeningen	
	Bijlage 3 SO en VO tekeningen	
	Bijlage 4 Tekeningen aanleg 2004	
	Bijlage 5 D-settlement berekeningen	
	Bijlage 6 Geohydrologische schematisatie	
	Bijlage 7 Memo zettingen en beïnvloeding persleiding	
	Bijlage 8 Bepaling schematiseringsfactor	

1 Inleiding

1.1 Algemeen

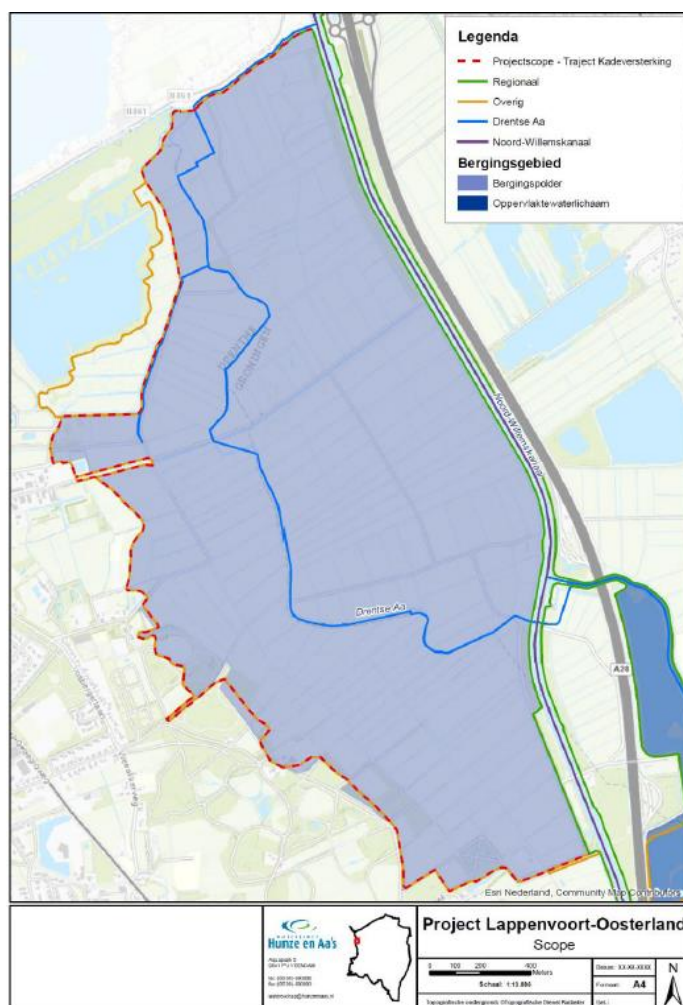
In opdracht van Waterschap Hunze en Aa's voert de combinatie Bouwhuis – Antea Group het project kadeversterking Lappenvoort-Oosterland uit. Bij de eerdere toetsing, in begin 2020, is gebleken dat de dat de kering rond bergingspolder Lappenvoort-Oosterland niet aan de hoogtenorm voldoet. In een aanvullend veldbezoek is gebleken dat tevens de stabiliteit niet overal voldoet. Uit de daarop volgende gedetailleerde toetsing voor hoogte, stabiliteit en piping door Arcadis (Arcadis, 2020) is gebleken dat meerdere trajecten niet voldoen aan de benodigde eisen voor hoogte en stabiliteit voor een regionale kering.

Ten einde de kade ter plaatse van Lappenvoort-Oosterland in orde te brengen is een kade versterking voorgenomen.

Dit project is gestart met een Schets Ontwerp (SO). Daarbij bestonden diverse opties voor invulling van de kadeversterking. Deze opties zijn verkend. Daarnaast zijn optimalisaties toegepast. Dit heeft geleid tot het Voorlopig Ontwerp (VO). Dit document omvat zowel analyses van het SO als van het VO.

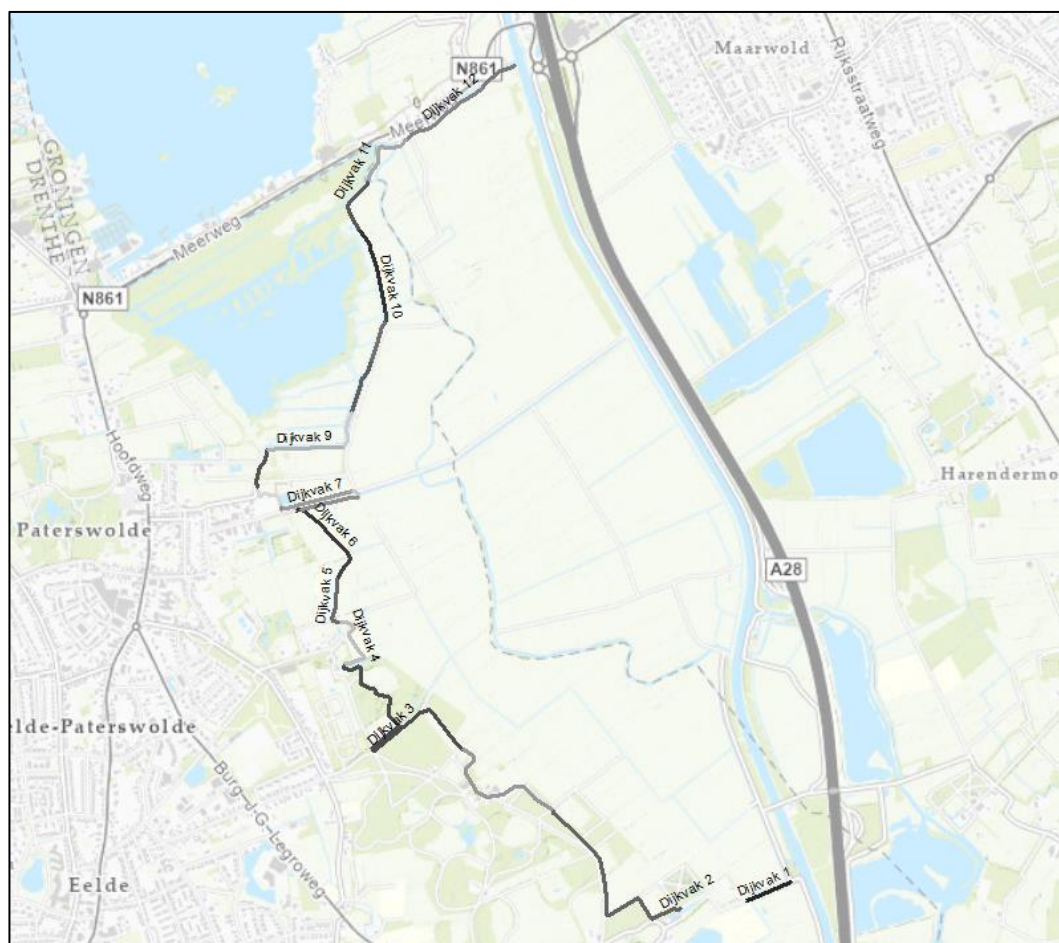
1.2 Gebiedsbeschrijving

Het projectgebied betreft de kering rondom bergingsgebied Lappenvoort-Oosterland, met uitzondering van de boezemkering parallel aan het Noord-Willemskanaal. De ligging is weergegeven in Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Projectgebied

Vanwege de verscheidenheid in karakteristieken in het projectgebied, is deze onderverdeeld in meerdere dijkvakken (zie Figuur 1-2).



Figuur 1-2: Dijkvakken projectgebied.

1.3 Verbeteropgave

De scope bestaat uit de toetsing zoals opgenomen in (Arcadis, 2020). In oktober 2021 is een beheerdersoordeel uitgevoerd, deze geeft een nuancering van de scope voor dijkvak 6 en 8 (Hunze en Aa, 2021). In maart 2022 is het beheerdersoordeel geupdate zodat ook het oordeel van dijkvak 2 is aangescherpt (Hunze en Aa, 2022). Dijkvak 9 is om praktische redenen in tweeën gesplitst. Dijkvak 11 is ook in tweeën gesplitst, een deel van dit dijkvak is onderdeel van EVZ Meerweg, dit valt buiten de scope. In Tabel 1-1 staat de bepaalde scope benoemd.

Tabel 1-1: Resultaten scopebepaling

dv	Lengte	Hoogte (HT)	Piping (STPH)	Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)	Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)
1	200	Onvoldoende	Voldoende	Onvoldoende	Onvoldoende
2	300	Onvoldoende	Voldoende	Voldoende ^[2]	Voldoende ^[2]
3	2500	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende
4	300	Voldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende
5	300	Onvoldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende
6	300	Onvoldoende	Voldoende	Voldoende ^[1]	Voldoende
7	300	Onvoldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende
8	150	Onvoldoende ^[1]	Voldoende	Voldoende ^[1]	Voldoende
9A	300	Onvoldoende	Voldoende	Onvoldoende	Onvoldoende
9B	700	Onvoldoende	Voldoende	Onvoldoende	Onvoldoende
10	400	Onvoldoende	Voldoende	Onvoldoende	Onvoldoende
11A	250	Onvoldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende
11B	250	Buiten scope i.v.m. EVZ Meerweg			
12	400	Onvoldoende	Voldoende	Onvoldoende	Onvoldoende
13	100	Onvoldoende	Voldoende	Voldoende	Voldoende

[1] Dit oordeel is aangepast met het beheerdersoordeel van (Hunze en Aa, 2021).

[2] Dit oordeel is aangepast met het beheerdersoordeel van (Hunze en Aa, 2022).

1.4 Voorkeursalternatieven

In de variantennota zijn de voorkeursalternatieven (VKA's) gekozen. In Tabel 1-2 zijn de voorkeursalternatieven per dijkvak benoemd. In deze rapportage zijn de voorkeursalternatieven verder toegelicht en uitgewerkt.

Tabel 1-2: VKA-profielen per dijkvak

dv	Lengte	Voorkeursalternatief
1	200	Versterken met grond Verstevigen bestaande andere kade ten zuiden van de bestaande kade.
2	300	Versterken met grond Geringe ophoging, inpassen met flauw talud i.v.m. andere functies.
3	2500	Geen veiligheidsopgave, buiten scope.

4	300	Geen veiligheidsopgave, buiten scope.
5	300	Versterken met grond Geringe ophoging, Inpassen met flauw talud i.v.m. andere functies.
6	300	Versterken met grond Geringe ophoging, Inpassen met flauw talud i.v.m. andere functies.
7	300	Geen ingreep, Verleggen dijk as.
8	150	Versterken met grond Geringe ophoging, inpassen met flauw talud i.v.m. andere functies.
9A	300	Versterken met grond
9B	700	Versterken met grond
10	400	Versterken met grond
11A	250	Versterken met grond
11B	250	Buiten scope i.v.m. EVZ Meerweg.
12	400	Versterken met grond
13	100	Versterken met grond

1.5 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Randvoorwaarden en uitgangspunten zijn opgenomen in de Technische Uitgangspunten Notitie (TUN) (Antea Group, 2022). De uitgangspunten zijn aangevuld met bevindingen vanuit het beheerdersoordeel (Hunze en Aa, 2021; Hunze en Aa, 2022).

1.6 Revisiebeheer

Versie	Status	Datum	Gewijzigde hoofdstukken	Beschrijving wijzigingen
01	definitief	08-07-2022	H1 t/m H17	- Aanscherping talud (VO) van 1:3 naar 1:2 talud - Toevoeging onderdeel uitvoeringsfase
02	definitief	12-12-2022	H10 t/m H15	- Tekstuele verwerking van feedback - Aanscherping van de belastingen naar 13 kN/m ² - Aanscherping van de schematiseringsfactor voor dijkvak 10.

2 Dijkvak 1

2.1 Algemeen

Dijkvak 1 ligt in landelijk gebied. Deze is weergegeven in Figuur 2-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een zandpad met aan weerszijden een bomenrij. Deze locatie heeft een cultuurhistorische waarde.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte;
- Stabiliteit binnenwaarts;
- Stabiliteit buitenwaarts.

In het SO zijn twee opties overwogen voor invulling van de versterking overwogen:

- Ophogen kadelichaam.
- Versteven van een bestaande andere kade ten zuiden van de bestaande kade. Deze optie is uitgewerkt in dit document.



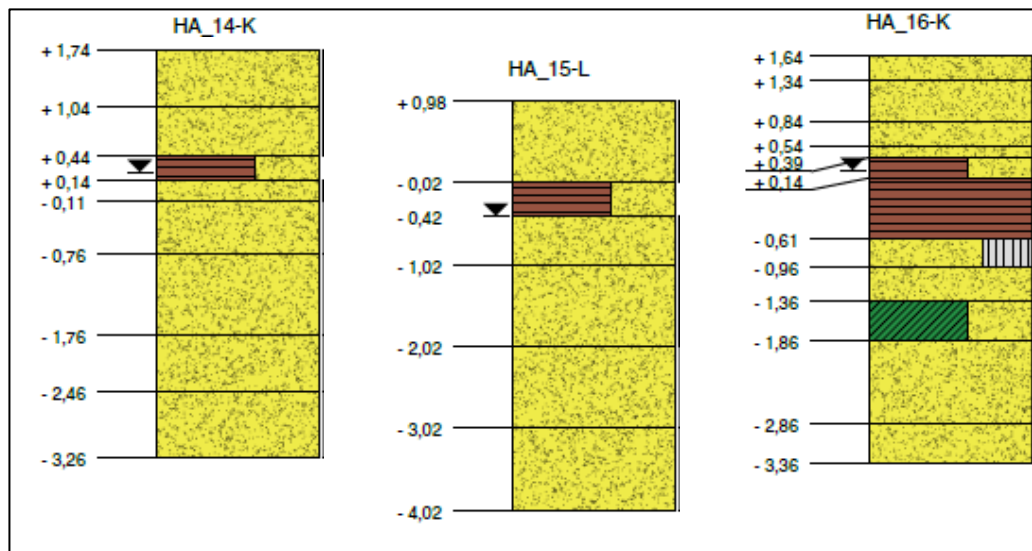
Figuur 2-1: Overzichtstekening dijkvak 1.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- S8, HA_14K, HA_14L, _HA_15M, HA_15L, HA_16K, HA_16L, HA_16M (Wiertsema & Partners, 2022);
- CPT000000176881, CPT000000176872 (Dinoloket).

Ter plaatse van dit dijkvak zijn drie onderzoekspunten weergegeven in Figuur 2-2. In de sonderingen is een vergelijkbare bodemopbouw aangetroffen. Deze geven daarnaast een beeld van de diepere lagen. Daaruit blijkt dan de zandlaag tot ca. NAP -8 m zich uitstrekt.



Figuur 2-2: Aanwezig grondonderzoek.

2.2 Versterkingsontwerp

Hoogte kruin

In (Waterschap Hunze en Aa's, 2021) en (Antea Group, 2022) is de hoogte van dit dijkvak nog open gelaten. De vereiste hoogte van de kering in dit dijkvak is derhalve berekend. De aangehouden uitgangspunten van de berekeningen zijn opgenomen in (Antea Group, 2022).

De bestaande kering bestaat uit een zandpad. Deze is beperkt erosiebestendig, daarom zijn hoogte berekeningen gemaakt voor een gering golfoverslag debiet (1 l/s/m). Deze kering wordt standaard met een 1:2 buiten talud ontworpen. Door deze een andere helling te geven (1:3) of een berm aan te leggen (hoogte NAP +1,5 m, breedte 1,5 m) wordt de golfoploop beperkt. Daardoor is een minder hoge kering benodigd.

Er bestaat een alternatief voor de bestaande kering. Dit is een kering direct achter de bestaand dijk. Deze kan ontworpen worden als een kering met een goede grasmat. Daardoor kan deze naast een gering overslag debiet (1 l/s/m) ook een groter overslagdebet aan (10 l/s/m). Aangezien het zandpad voor deze kering ligt, functioneert deze als een vorm van golfbreker. In de

berekeningen is aangehouden dat het zandpad onder extreme omstandigheden deels beschadigd raakt door extreme golfslag, daardoor neemt de kruinhoogte af tot NAP +1,50 m.

De rekenresultaten zijn weergegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Berekende hoogte van de kering op basis van diverse uitgangspunten voor alternatief 1: ophogen kadelichaam, 2: kade ten zuiden van de bestaande kade.

Alternatief	Overslagdebiet	Buitentalud	Waterstand	Golfhoogte	Hoogte
	[l/s/m]	[-]	[m+NAP]	[m]	[m+NAP]
1	1	1 : 2	1,50	0,45	+2,53
1	1	1 : 3	1,50	0,45	+2,44
1	1	1 : 3 + berm	1,50	0,45	+2,05
2	1	1 : 2 +golfbreker	1,50	0,45	+1,87
2	10	1:2 +golfbreker	1,50	0,45	+2,08

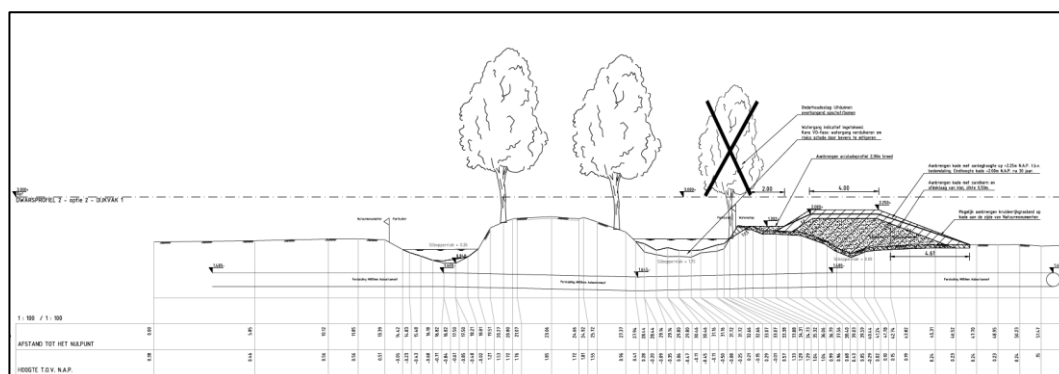
Conform de uitgangspunten (Antea Group, 2022) wordt een minimale waakhogte gehanteerd van 50 cm wat voor dit dijkvak resulteert in een normhoogte van NAP +2,0 m. Uit de berekeningen in Tabel 2-1 volgt dat variant 2 met een maximaal toelaatbaar overslagdebiet van 1 l/s/m voldoende robuust is voor golfoverslag.

De resultaten zijn besproken op d.d. 23-3-2022. Daarbij is besloten dat bij variant 2 altijd uitgegaan mag worden van de positieve invloed van het zandpad voor de kering die functioneert als golfbreker. Daarbij zijn de aangehouden uitgangspunten afdoende conservatief.

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp heeft twee varianten, deze zijn weergegeven in Bijlage 3. Voorname overwegingen betreffen het ophogen van het kadelichaam rondom de bestaande kering (variant 1) of het verstevigen van een bestaande andere kade (variant 2).

De resultaten zijn besproken op d.d. 23-3-2022. Daarbij is besloten dat variant 2 verder wordt uitgewerkt. Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in Figuur 2-3.



Figuur 2-3: VO Dwarsprofiel van voorgenomen versterking – variant 2.

2.3 Geotechnisch ontwerp

Pipinganalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op piping. Daarbij was het oordeel voldoende. Het voorliggende ontwerp is evengoed of beter dan de huidige situatie. Het oordeel van het voorliggende ontwerp is derhalve voldoende.

Stabiliteitsanalyses

Het Versterkingsontwerp is beoordeeld op stabiliteit binnenwaarts (STBI) en stabiliteit buitenwaarts (STBU). Resultaten voor variant 2 zijn weergegeven voor het Schets Ontwerp (SO) en vervolgens met optimalisaties voor het Voorlopig Ontwerp (VO). In Tabel 2-2 is hiervan een overzicht gegeven. De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 2-2: Resultaten toetsing versterkingsontwerp STBI en STBU dijkvak 1

Variant	Situatie	Versterkingsmaatregel	Vereiste stabiliteitsfactor	STBI	STBU
SO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water	Optie 2	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,47	1,15
VO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water	Optie 2	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,43	1,32

Zettingsanalyse - prognose VO

De eindhoogte dient NAP +2,00 m te zijn. Uitgangspunt in de berekeningen is de aanleg van een kering met een zandkern en een afdeklaag van klei (dikte 0,5 m). De schematisatie en rekenresultaten zijn weergegeven in bijlage 5. De resultaten zijn samengevat hieronder.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,08 á 0,17 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,05 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is ca. NAP + 2,25 m
- Opleverhoogte is ca. 0,10 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +2,10 m.

2.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 1 is een voornamen leidingen aanwezig. Daarnaast is een datatransport kabel aanwezig aan de oostzijde van dijkvak 1.

Kunstwerken

Binnen dijkvak 1 zijn meerdere kunstwerken, zoals duikers en afsluiters, aanwezig. In Figuur 2-4 is een overzicht gegeven van de aanwezige duikers. Afhankelijk van de te kiezen variant dienen deze ingepast te worden.



Figuur 2-4: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 1 zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

3 Dijkvak 2

3.1 Algemeen

Dijkvak 2 ligt in landelijk gebied. Deze is weergegeven in Figuur 3-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een zandpad met aan weerszijden een bomenrij. Deze locatie heeft een monumentale status.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte.

Het voorkeursalternatief is vastgesteld. Er is gekozen om de bestaande kruin op te hogen.



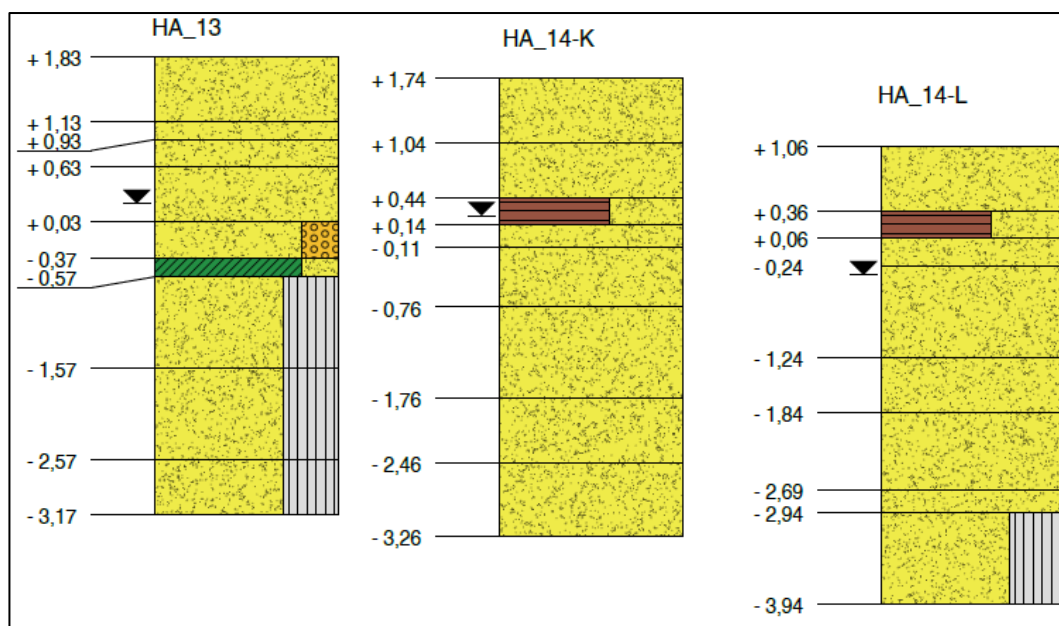
Figuur 3-1: Overzichtstekening dijkvak 2.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HA_13, Ha_15-K, HA_14-L (Wiertsema & Partners, 2022);
- B12B1363 (Dinoloket).

Ter plaatse van dit dijkvak zijn drie onderzoekspunten weergegeven in Figuur 3-2.



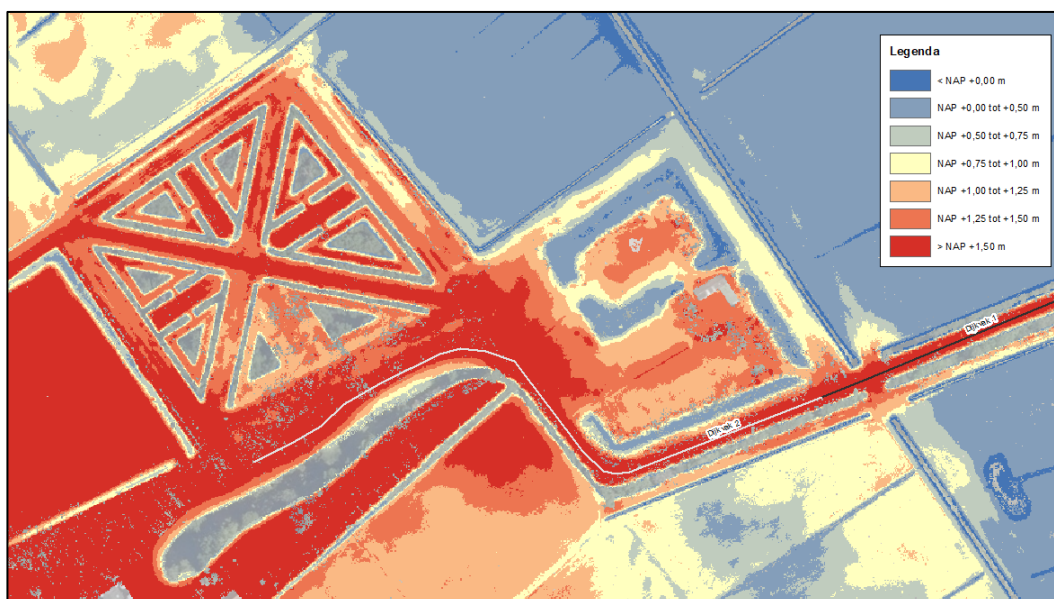
Figuur 3-2: Aanwezig grondonderzoek.

3.2 Versterkingsontwerp

Hoogte kruin

In (Waterschap Hunze en Aa's, 2021) en (Antea Group, 2022) is de hoogte van dit dijkvak nog open gelaten. De vereiste hoogte van de kering in dit dijkvak is derhalve berekend. Voor dijkvak 1 is de normhoogte afhankelijk van het grondlichaam dat voor de dijk ligt. Indien hier een golfbrekende werking aan toegekend kan worden, dan is een hoogte van NAP +2,00 m ook hier passend.

In Figuur 3-3 is de maaiveldhoogte rondom dit dijkvak weergegeven. Te zien is dat ten noorden van de kering diverse hooggelegen delen zijn. Voor alle delen van dijkvak 2 ligt ten minste een grondlichaam van NAP +1,25 m met een breedte van 10 m. Op diverse delen ligt voor de kering een grondlichaam van NAP +1,50 m, daardoor is er bij een waterstand van NAP +1,50 m geheel geen water voor de kering.



Figuur 3-3: Hoogtekaart rondom dijkvak 2 (AHN3).

Resumerend is er voor de kering een grondlichaam met voldoende golfbrekende werking. Daarom is het passend om eenzelfde hoogte aan te houden als bij dijkvak 1. De ontwerphoogte voor dijkvak 2 is daarmee NAP +2,00 m.

Voor deze locatie geldt een beheerdersoordeel over de benodigde hoogte (Hunze en Aa, 2022). Deze is van eenzelfde strekking als het hierboven beschreven deel:

Normhoogte voor deel van dijkvak 2 in het verlengde van dijkvak 1 tot aan de bocht: 2,00 m+NAP. Dit deel van de kering wordt nauwelijks door golven belast. Dit komt door de begroeiing en maaiveldhoogte van het voorland. Daarom mag hier een normhoogte van de 2,00 m+NAP worden toegepast.

De aanleghoogte bestaat uit de ontwerphoogte, zettingen en autonome bodemdaling. Gezien de zandige ondergrond wordt minimale zetting verwacht er is slechts lokaal een dunne zandige veenlaag analoog aan dijkvak 1. Worst-case is de zetting van de oplevering tot 30 jaar na dato ook hier aangehouden op 0,05 m. De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

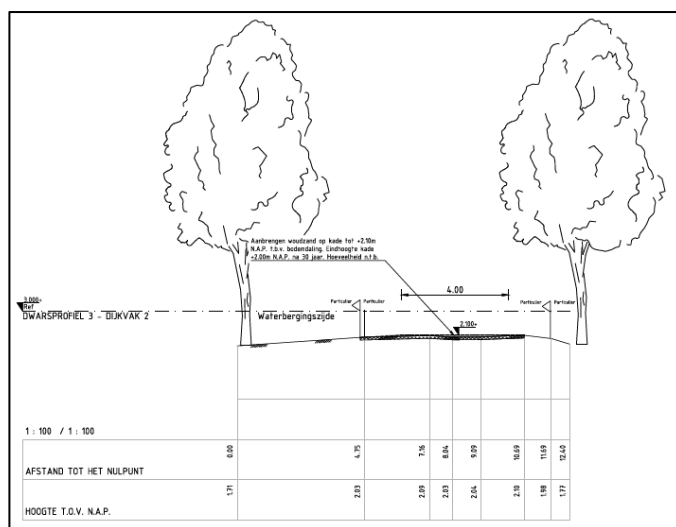
Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is gelijk aan de opleverhoogte.
- Opleverhoogte is ca. 0,10 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +2,10 m.

Geometrisch ontwerp

Er zijn geen varianten vastgesteld voor het SO-ontwerp voor dit dijkvak.

Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in Figuur 3-4. Voornamelijk overwegingen betreffen het inpassen rondom de bestaande kering en de bomen die daarop aanwezig zijn.



Figuur 3-4: VO Dwarsprofiel van voorgenoemen versterking.

3.3 Geotechnisch ontwerp

Het voorliggende dijkvak heeft geen opgave op het vlak van geotechnische faalmechanismes, zoals macrostabiliteit of piping. Dit is vastgesteld in het beheerdersoordeel (Hunze en Aa, 2022). Daarin is het volgende opgenomen:

De sloot naast de kering is smal. De kering is breed (breed zandpad). Een eventuele afschuiving zal beperkt zijn omdat de sloot snel gevuld is. De kering zal genoeg restbreedte overhouden om het water te keren.

De voorgenoemen aanpassing is van kleine omvang en wordt aangelegd onder een flauw talud. Daardoor blijft het verheelde karakter behouden. Er derhalve geen sprake van geotechnische ontwerp knelpunten.

3.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenoemen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 2 zijn geen kabels en leidingen aanwezig.

Kunstwerken

Binnen dijkvak 2 is een enkele zoals duikers aanwezig. In Figuur 3-5 is een overzicht gegeven van deze duikers.



Figuur 3-5: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

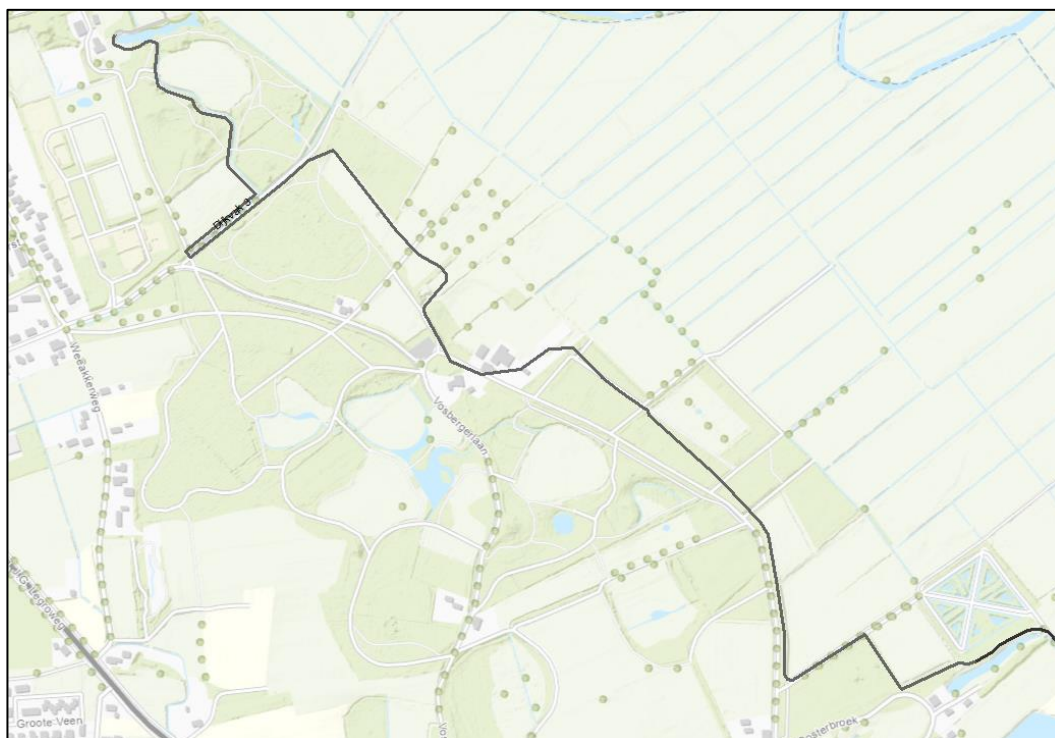
Langsconstructies

Binnen dijkvak 2 zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

4 Dijkvak 3

4.1 Algemeen

De locatie van dit dijkvak is weergegeven in Figuur 4-1. Dit dijkvak heeft geen veiligheidsopgave. Deze valt derhalve buiten de scope van de versterking.



Figuur 4-1: Ligging dijkvak 3.

5 Dijkvak 4

5.1 Algemeen

De locatie van dit dijkvak is weergegeven in Figuur 5-1. Dit dijkvak heeft geen veiligheidsopgave. Deze valt derhalve buiten de scope van de versterking.



Figuur 5-1: Ligging dijkvak 4.

6 Dijkvak 5

6.1 Algemeen

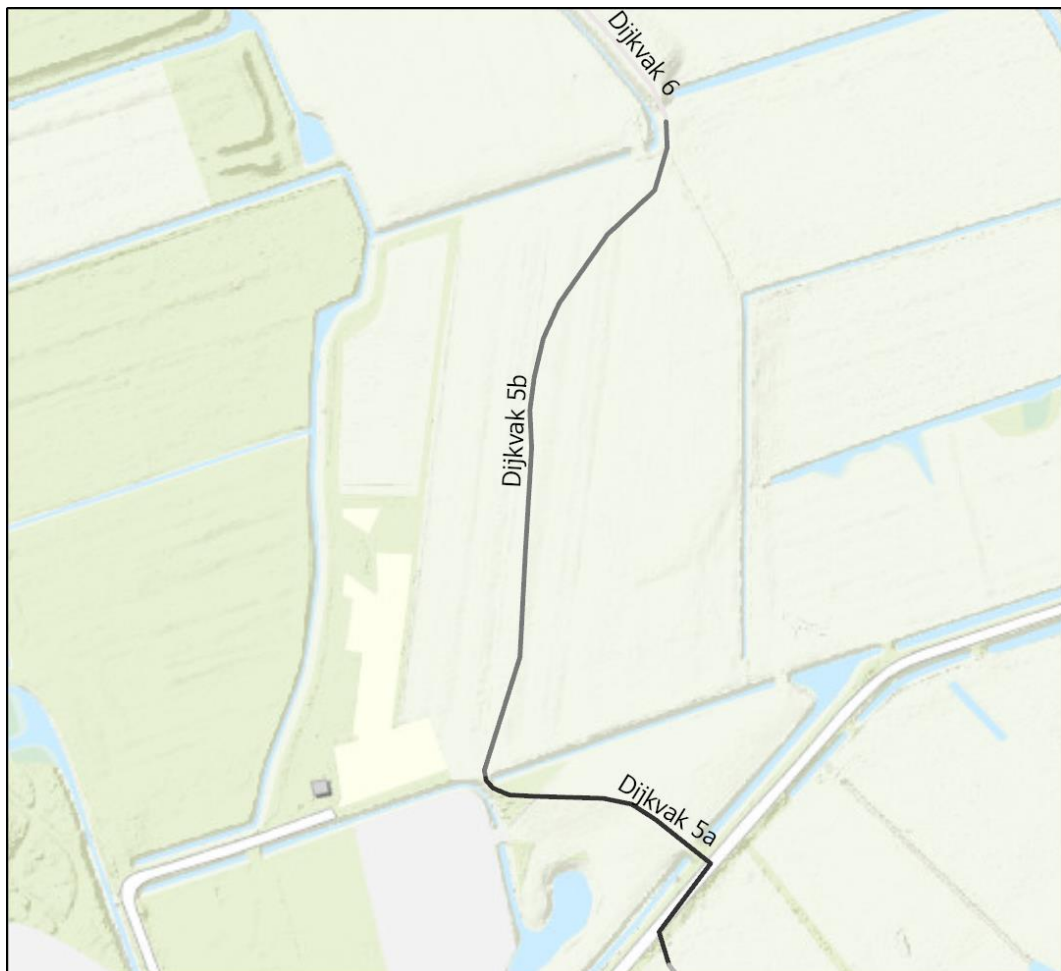
Dijkvak 5 (a/b) ligt in landelijk gebied. Deze is weergegeven in Figuur 6-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een landbouwperceel met lokaal een bomenrij.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte.

Het voorkeursalternatief is vastgesteld. Er is gekozen het bestaande dijklichaam op te hogen en deze passend te maken binnen het bestaande landschap door deze met flauwe taluds en een kruin die tonrond is aan te leggen (dijkvak 5b). Hiernaast wordt het zuidelijke dijkvak lokaal opgehoogd (dijkvak 5a).



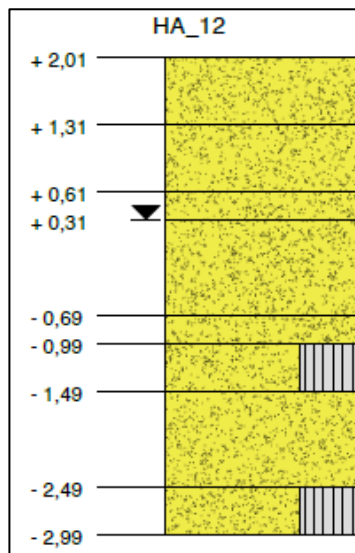
Figuur 6-1: Overzichtstekening dijkvak 5.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HA_12 (Wiertsema & Partners, 2022);
- B12B1593 en B12B1482 (Dinoloket).

Ter plaatse van dit dijkvak is een onderzoekspunt weergegeven in Figuur 6-2. De overige onderzoekspunten (boringen in dinoloket) sluiten aan bij deze bodemopbouw.



Figuur 6-2: Aanwezig grondonderzoek.

6.2 Versterkingsontwerp

Hoogte kruin

In (Waterschap Hunze en Aa's, 2021) en (Antea Group, 2022) is de hoogte van dit dijkvak vastgesteld op NAP +1,80 m.

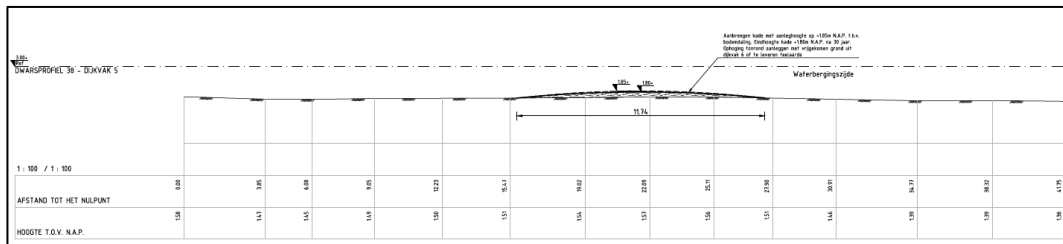
De aanleghoogte bestaat uit de ontwerphoogte, zettingen en autonome bodemdaling. Gezien de zandige ondergrond en zeer geringe ophoging wordt geen zetting verwacht. De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is gelijk aan de opleverhoogte.
- Opleverhoogte is ca. 0,05 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +1,85 m.

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp heeft een variant, deze is weergegeven in Bijlage 3. Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in Figuur 6-3.



Figuur 6-3: VO Dwarsprofiel van voorgenomen versterking.

6.3 Geotechnisch ontwerp

Het voorliggende dijkvak heeft geen opgave op het vlak van geotechnische faalmechanismes, zoals macrostabiliteit of piping.

De voorgenomen aanpassing is van kleine omvang en wordt aangelegd onder een flauw talud (nagenoeg verheeld). Er derhalve geen sprake van geotechnische ontwerp knelpunten.

6.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 5 zijn geen kabels en leidingen aanwezig.

Kunstwerken

Binnen dijkvak 5 is een enkele zoals duikers aanwezig. In Figuur 6-4 is een overzicht gegeven van deze duikers.



Figuur 6-4: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 5 zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

7 Dijkvak 6

7.1 Algemeen

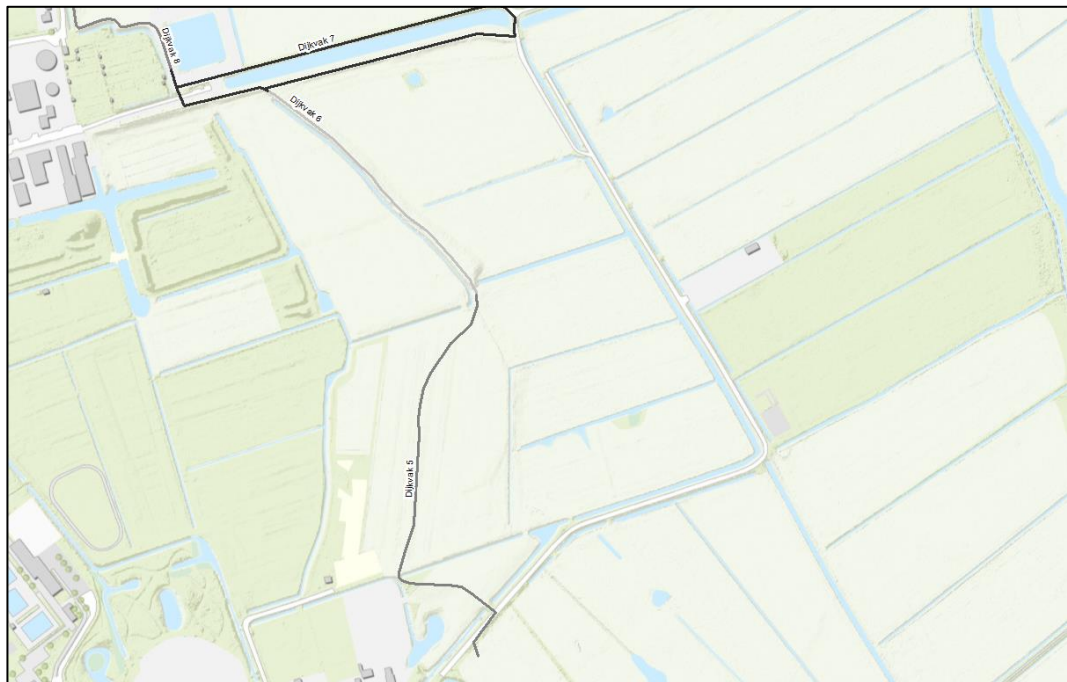
Dijkvak 6 ligt in landelijk gebied. Deze is weergegeven in Figuur 7-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een landbouwperceel met lokaal een bomenrij.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte.

Het voorkeursalternatief is vastgesteld. Er is gekozen om het bestaande dijklichaam op te hogen. Daarbij wordt het talud aan de landbouwzijde met een vergelijkbaar talud als in de huidige situatie aangelegd. Dit ten behoeve van het maaibeheer door de eigenaar.



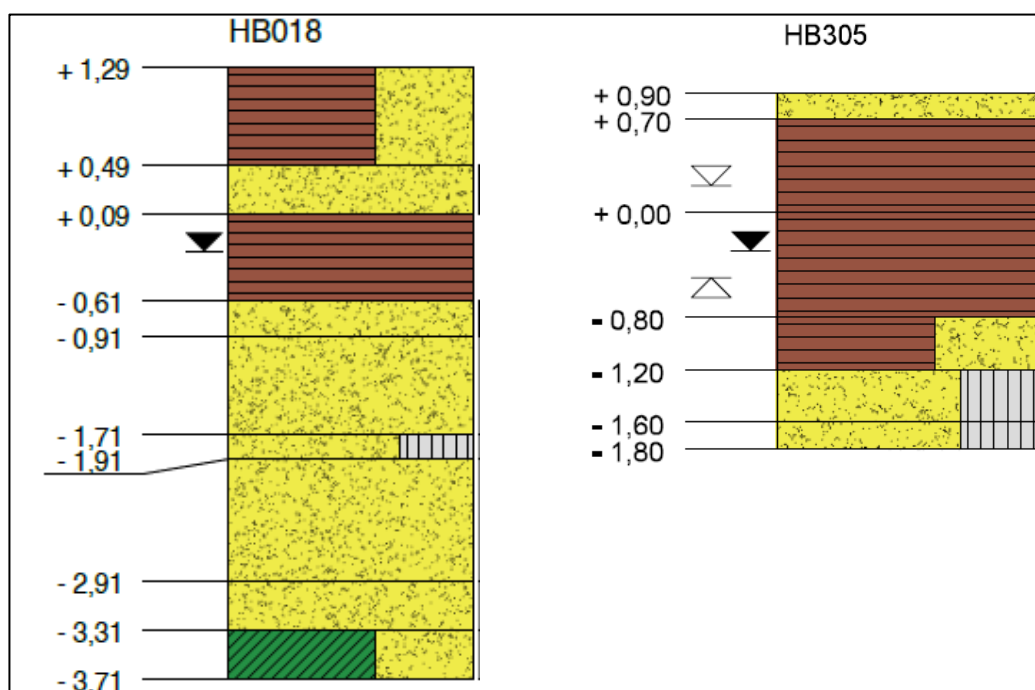
Figuur 7-1: Overzichtstekening dijkvak 6.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HA_18 (Wiertsema & Partners, 2022);
- HB305 (Wiertsema & Partners, 2020);
- B12B0325 en B12B1592 (Dinoloket).

Ter plaatse van dit dijkvak zijn twee onderzoekspunt weergegeven in Figuur 7-2. De overige onderzoekspunten (boringen in dinoloket) sluiten aan bij deze bodemopbouw.



Figuur 7-2: Aanwezig grondonderzoek.

7.2 Versterkingsontwerp

Hoogte kruin

In (Waterschap Hunze en Aa's, 2021) en (Antea Group, 2022) is de hoogte van dit dijkvak vastgesteld op NAP +1,80 m.

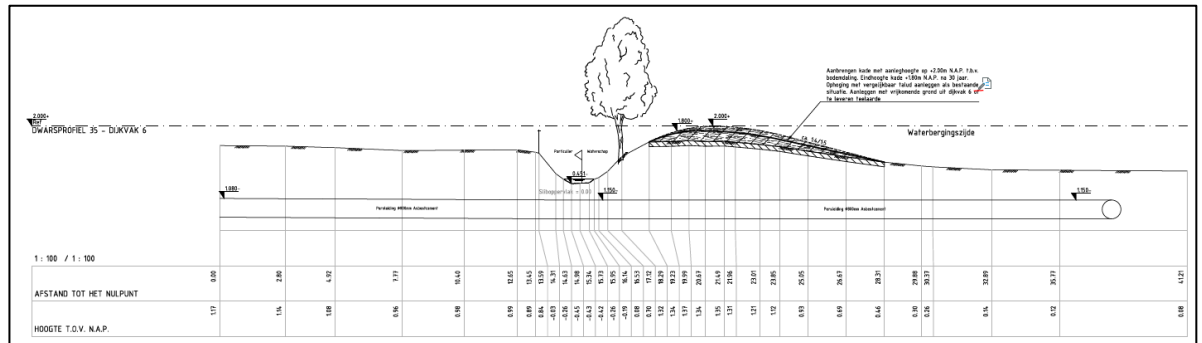
De aanleghoogte bestaat uit de ontwerphoogte, zettingen en autonome bodemdaling. Zettingen kunnen optreden in de venige lagen. Deze zijn berekend op 0,17 m zoals opgenomen in Bijlage 7. De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is gelijk aan de opleverhoogte.
- Opleverhoogte is ca. 0,20 m hoger dan eindhoogte.
- Opleverhoogte is derhalve NAP +2,00 m.

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp kent slechts één variant, deze is weergegeven in Bijlage 3. Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in Figuur 7-3.



Figuur 7-3: VO Dwarsprofiel van voorgenomen versterking.

7.3 Geotechnisch ontwerp

Het voorliggende dijkvak heeft geen opgave op het vlak van geotechnische faalmechanismes, zoals macrostabiliteit of piping. Dit is vastgesteld in het beheerdersoordeel (Hunze en Aa, 2021). Daarin is het volgende opgenomen:

De sloot naast de kering is smal. De kering is breed (opgehoogd weiland, de kering is onderdeel van het weiland). Een eventuele afschuiving zal beperkt zijn omdat de sloot snel gevuld is. De kering zal genoeg restbreedte overhouden om het water te keren.

De voorgenomen aanpassing is van kleine omvang en wordt aangelegd onder een flauw talud. Daardoor blijft het verheelde karakter behouden. Er derhalve geen sprake van geotechnische ontwerp knelpunten.

7.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 6 is een voorname leiding aanwezig (Asbest cement leiding).

Kunstwerken

Binnen dijkvak 6 is een enkele zoals duikers aanwezig. In Figuur 7-4 is een overzicht gegeven van deze duikers.



Figuur 7-4: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 6 zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

8 Dijkvak 7

8.1 Algemeen

De locatie van dit dijkvak is weergegeven in Figuur 8-1. De kade omringt de schipssloot en heeft als functie om het peil van de schipssloot te keren. In overleg met de gemeente is afgesteld dat de kade hiervoor voldoende hoog is. De schipssloot functioneert als overstort vanuit het rioolsysteem van de gemeente en mag bij inzet van het bergingsgebied overstromen. Derhalve hoeft de kering niet versterkt te worden en valt deze derhalve buiten de scope van de versterking.



Figuur 8-1: Ligging dijkvak 7.

9 Dijkvak 8

9.1 Algemeen

Dijkvak 8 ligt in landelijk gebied. Door het vervallen van dijkvak 7 zal dijkvak 8 in de toekomst worden uitgebreid. Figuur 9-1 toont de ligging van dijkvak 8 met de begrenzing van het uit te breiden trajectdeel (Hunze en Aa, 2022).

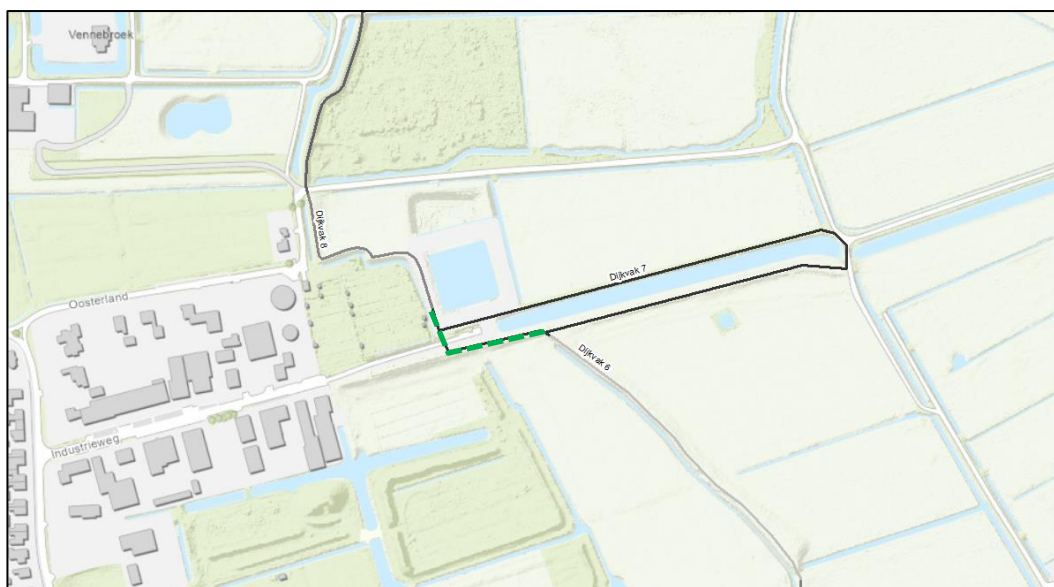
Het grondgebruik van de huidige kering is een landbouwperceel met lokaal een bomenrij.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte.

Het voorkeursalternatief is vastgesteld. Er is gekozen om het bestaande dijklichaam op te hogen. Het talud aan de polderzijde dient flauw (zelfde talud als huidige situatie) aangelegd te worden zodat de eigenaar deze makkelijk mee kan maaien in het reguliere maaibeheer.

Voor het uit te breiden trajectdeel zijn de ontwerpeisen binnen dit hoofdstuk van toepassing.



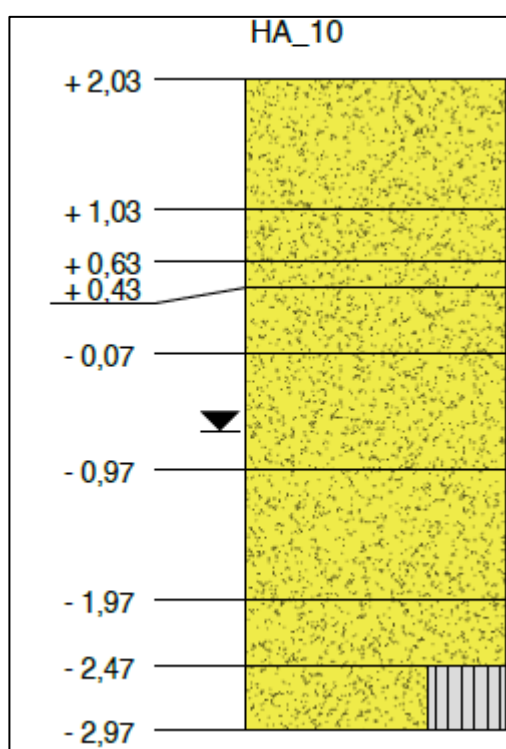
Figuur 9-1: Overzichtstekening dijkvak 8 met het trajectdeel van dijkvak 7 (gestippeld in groen).

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HA_10 (Wiertsema & Partners, 2022);
- B12B1589 (Dinoloket).

Ter plaatse van dit dijkvak is een onderzoekspunt weergegeven in Figuur 9-2. Het overige onderzoekspunt sluiten aan bij deze bodemopbouw. De bodemopbouw van dijkvak 8 wijkt af van die in dijkvak 6, 7 en 9. Dit komt doordat de bodemopbouw van oost naar west overgaat van een veenondergrond naar een zandondergrond. Daarbij liggen delen van dijkvak 6, 7 en 9 in het deel met een veenondergrond. Dijkvak 8 ligt volgens het grondonderzoek maar ook de bodemkaart volledig in de zandondergrond.



Figuur 9-2: Aanwezig grondonderzoek.

9.2 Versterkingsontwerp

Hoogte kruin

In (Waterschap Hunze en Aa's, 2021) en (Antea Group, 2022) is de hoogte van dit dijkvak vastgesteld op NAP +2,00 m.

De aanleghoogte bestaat uit de ontwerphoogte, zettingen en autonome bodemdaling. Gezien de zandige ondergrond en zeer geringe ophoging wordt geen zetting verwacht. De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 8 is een voorname leiding aanwezig (Asbest cement leiding).

Kunstwerken

Binnen dijkvak 8 zijn geen duikers aanwezig. Deze zijn wel aanwezig in de omliggende dijkvakken. In Figuur 9-4 is een overzicht gegeven van deze duikers.



Figuur 9-4: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 8 zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

10 Dijkvak 9A

10.1 Algemeen

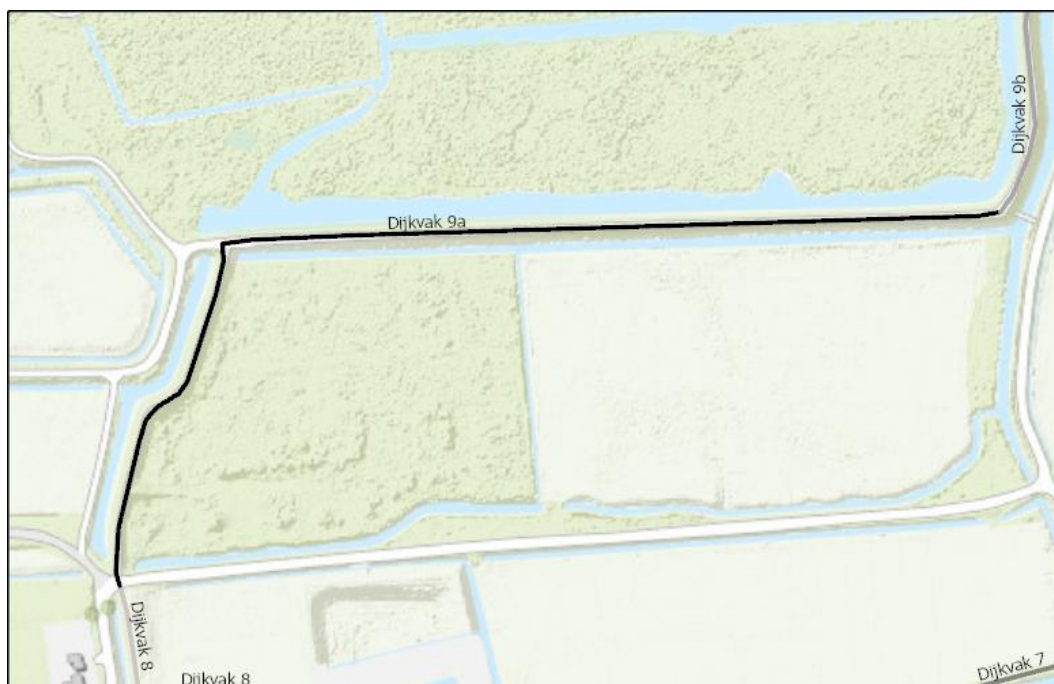
Dijkvak 9A ligt in landelijk gebied. Deze is weergegeven in Figuur 10-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een groene kering met op de kruin een wandelpad. Lokaal zijn in de huidige situatie enige bomen aanwezig naast de kering.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte;
- Stabiliteit binnenwaarts;
- Stabiliteit buitenwaarts.

Het voorkeursalternatief is vastgesteld. Er is gekozen om het bestaande dijklichaam op te hogen en een greppel aan te brengen. De versterking is voorgenomen richting de polderzijde (zuid).



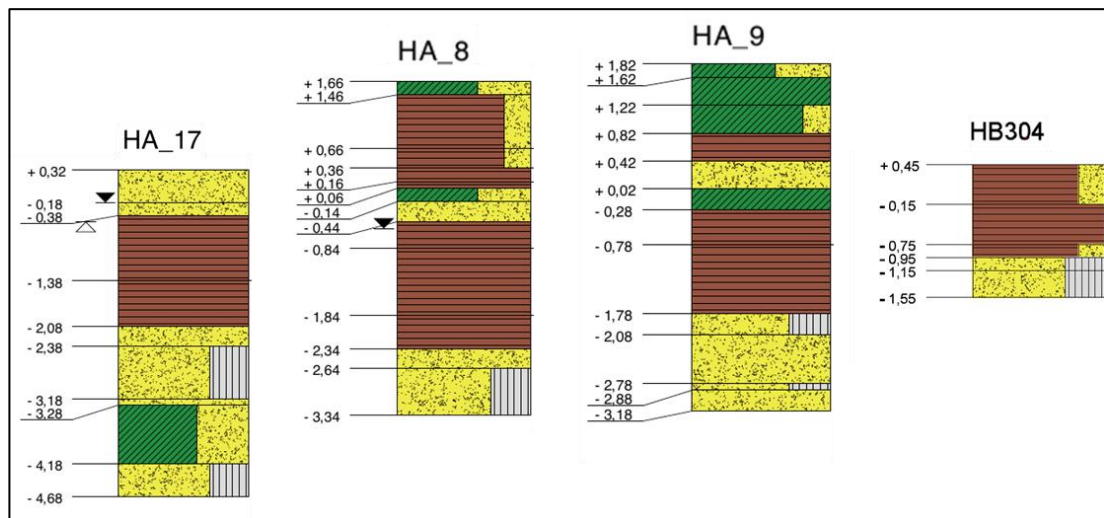
Figuur 10-1: Overzichtstekening dijkvak 9A.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HB304 (Wiertsema & Partners, 2020);
- HA_17, HA_8, S7 en HA_9 (Wiertsema & Partners, 2022);

Ter plaatse van dit dijkvak zijn twee relevante onderzoekspunten weergegeven in Figuur 10-2. De onderzijde van de veenlaag is hierbij aangetroffen tot maximaal NAP -2,34 m. Bij sondering S7 is de onderzijde van de slechtdoorlatende lagen aangetroffen op NAP -2,0 m.



Figuur 10-2: Aanwezig grondonderzoek.

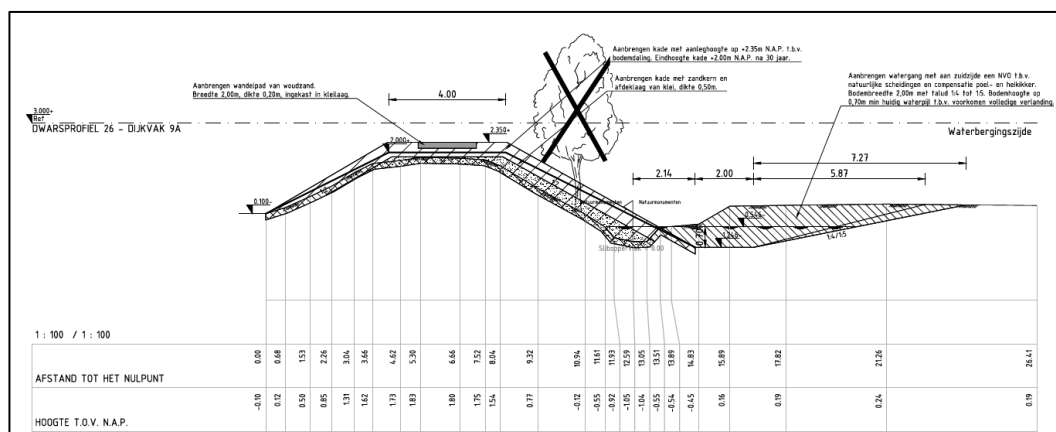
10.2 Versterkingsontwerp

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp kent slechts één variant, deze is weergegeven in Bijlage 3. Aandacht gaat uit naar de opgetreden zetting en de benodigde zettingscompensatie. Dit is ingepast middels een zettingsanalyse waarbij is aangesloten op de opgetreden bodemdaling.

In de SO fase is het versterkingsontwerp vastgesteld voor dit dijkvak met een 1:3 talud. Dit ontwerp is in de VO fase nogmaals doorgerekend. Hieruit bleek verdere optimalisatie met een 1:2 talud haalbaar. Een herberekening is daarom uitgevoerd voor het definitieve VO ontwerp waarbij zowel de geotechnische stabiliteit als de zettingen zijn beschouwd.

Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in Figuur 10-3. De hoogte aan het einde van de levensduur is NAP +2,0 m. De aanleghoogte is hoger. De hoogte midden in de levensduur ligt daar tussenin. De resultaten staan vermeld onder de kopjes voor zetting en stabiliteit voor zowel het SO als het VO.



Figuur 10-3: VO Dwarsprofiel van voorgenomen versterking.

10.3 Geotechnisch ontwerp

Pipinganalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op piping. Daarbij was het oordeel voldoende. Het voorliggende ontwerp is evengoed of beter dan de huidige situatie. Het oordeel van het voorliggende ontwerp is derhalve voldoende.

Stabiliteitsanalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op stabiliteit. Daarbij was het oordeel niet voldoende. Voor dit dijkvak resulteerde dit in een maatgevende veiligheidsfactor van 0,45 bij het binnentalud en 0,65 bij het buitentalud. De stabiliteitsberekeningen bij het binnentalud gaan hierbij uit van een situatie met opbarsten.

Er is alleen sprake van een risico op opbarsten wanneer de stijghoogte onder de veenlaag hoger is dan het waterpeil in het Friescheveen. In het achterland is het Paterswoldemeer aanwezig, deze beïnvloedt de regionale grondwaterstroming. In dit gebied is sprake van slechtdoorlatende lagen in het voorland en ter plaatse van het Friescheveen en een (zeer) dik watervoerend pakket. Daardoor is de invloed van een hoogwater op de stijghoogte gering. Voor dijkvak 11A is een gedetailleerde grondwaterberekening uitgevoerd. Daaruit blijkt dat de invloed van het Paterswoldermeer zo groot is, dat opbarsten op voorhand uitgesloten kan worden. Deze conclusies zijn overgenomen voor dit dijkvak. Daarom is in de stabiliteitsanalyses gerekend zonder opbarsten.

Het versterkingsontwerp is beoordeeld aan de hand van een stabiliteitsberekening in D-GEO Suite Stability v2021 voor stabiliteit binnenwaarts (STBI) en stabiliteit buitenwaarts (STBU). Resultaten zijn weergegeven voor het Schets Ontwerp (SO) en vervolgens met 1:2 talud optimalisaties voor het Voorlopig Ontwerp (VO). De toegenomen stabiliteit tussen het SO en het VO hangt hier samen met een veranderd profiel met een verschoven as op de dijk. In Tabel 10-1 is hiervan een overzicht gegeven. De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 10-1: Resultaten toetsing Versterkingsontwerp STBI en STBU dijkvak 9A

Variant	Situatie	Versterkingsmaatregel	Vereiste stabiliteitsfactor	STBI	STBU
---------	----------	-----------------------	-----------------------------	------	------

SO	Hoogwater Val na hoog water	Optie 1	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,40	1,20
VO	Hoogwater Val na hoog water <i>1:2 talud en verschoven as</i>	Optie 1	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,51	1,25
VO	Bovenstaande waarbij 13 kN/m ² belasting	Optie 1	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,11	1,11

Zettingsanalyse - kalibratie

Door de voorgenomen werkzaamheden zullen zettingen optreden. In het verleden zijn reeds zettingen opgetreden bij de toenmalige ophogingen. Teneinde een passende prognose te maken van de zettingen is bezien welke zettingen zijn opgetreden ter plaatse van dit dijkvak. Tekeningen met aanleghoogten zijn opgenomen in bijlage 4.

In 2004 is de dijk aangelegd met het oog op een eindhoogte van ca. NAP +1,80 m. Ter plaatse van dijkvak 9 is gewerkt met een overhoogte van ca. 0,5 m. Aan de noordzijde van dijkvak 9A ligt dijkvak 9B waar is gewerkt met een overhoogte van ca. 0,5 m. In de AHN3 ligt de hoogte van de kering op ca. NAP +1,75 m. De maaiveldhoogte ten tijde van het landmeetwerk (2021-2022) betreft NAP +1,80 m. Een overzicht van de maaiveld dalingen is weergegeven in Tabel 10-2.

Tabel 10-2: Maaiveld dalingen dijkvak 9A.

Locatie	Aanleghoogte (d.d. 2004) [m+NAP]	Hoogte AHN3 (d.d. 2019) [m+NAP]	Vershil AHN3 t.o.v. aanleghoogte [m]	Vershil AHN3 t.o.v. AHN2 [m]
HA_8	2,30 ^[1]	+1,75	0,55 m	0,14 m
S7	2,30 ^[1]	+1,92	0,38 m	0,07 m
HA_9	2,20 ^[1]	+1,76	0,44 m	0,08 m

[1] Gebaseerd op aanleg dwarsprofiel 10 en 11. De eindhoogte was geprognostiseerd op NAP +1,80 m.

De maaiveld dalingen zijn ter plaatse van HA_8 vrijwel gelijk aan de overhoogte, daardoor is de eindhoogte ca. NAP +1,80 m. Ter plaatse van S6 en HA_6 is de zetting minder dan de overhoogte. Deze maaiveld dalingen zijn inclusief bodemdaling door gaswinning. Deze bodemdaling betreft in dit gebied 2 á 3 cm per 10 jaar¹.

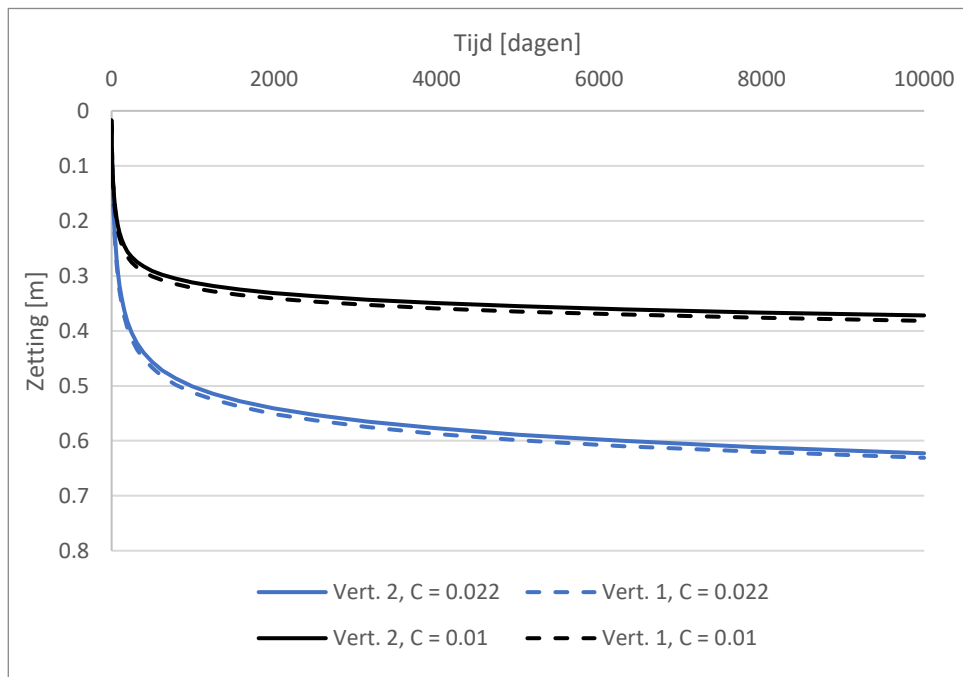
Er is een kalibratie gedaan voor de zettingsberekening. Daarbij is bezien of met het aanpassen van de parameters een goede aansluiting gevonden kan worden met de meetgegevens. In de TUN zijn de parameters van de meeste grondsoorten vastgelegd, voor veen staat nog de kruipparameter open. De verwachting op basis van literatuur is dat deze ligt tussen $c = 0,01$ en $0,022$.

Bijlage 5 is dijkvak 9B weergegeven met de versterking die is gedaan in 2004. Daarbij is de zetting berekend op twee locaties van de kruin. Er is gerekend met twee verschillende waarden voor de c-parameter. De berekende zettingen zijn weergegeven in Figuur 10-4. Te zien is dat de berekende zettingen variëren van 0,4 tot bijna 0,65 m. De berekeningen met $c = 0,015$ sluiten het beste aan bij de totale zetting zoals gemeten in Tabel 10-2. Deze waarden worden derhalve gebruikt in de zettingsprognoses.

¹ De bodemdaling is bepaald door de bodemdalingcontour van 2018 te vergelijken met de prognose van 2025.

In de kalibratie gelden de volgende aandachtspunten:

- Uitgangspunt is aanleg conform bestektekening 2004. Afwijkingen zijn niet meegenomen.
- Er is niet gecompenseerd voor eventuele zettingen die zijn opgetreden in uitvoeringsperiode.
- Zettingen in het ophoogmateriaal (klei) zijn niet berekend. De software D-settlement gaat namelijk uit van onsamendrukbaar ophoogmateriaal.
- Wisselende omstandigheden zijn niet meegenomen. Zo geldt de zomer van 2018 als zeer droog. Deze heeft vermoedelijk een deel van de zetting veroorzaakt.
- Bodemdaling door processen als veenoxidatie zijn niet meegenomen. De software D-settlement gaat namelijk uit van de theorie van abc-isotache, NEN-Bjerrum of Koppejan. Deze omvatten geen veenoxidatie.
- De zettingsberekeningen geven in de periode tussen 2009 en 2019 een andere bodemdaling dan het verschil tussen AHN2 en AHN3. In alle gevallen is de werkelijke zetting groter dan de opgetreden zetting. Verschil wordt gewijt aan bovenstaande zaken.



Figuur 10-4: Dijkvak 9A, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Zettingsanalyse – prognose SO

De eindhoogte dient NAP +2,0 m te zijn. Uitgangspunt in de berekeningen is ophogen met een zandkern en een afdeklaag van klei (dikte 0,5 m). De schematisatie en rekenresultaten zijn weergegeven in bijlage 5. De resultaten zijn samengevat hieronder.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,25 á 0,29 m.

- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,18 á 0,23 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Zettingsanalyse – prognose VO

In het VO is het grondgebruik verder geoptimaliseerd met een 1:2 talud. Deze optimalisatie is meegenomen in de zettingsberekeningen. De resultaten zijn samengevat hieronder. Onderstaande resultaten zijn de berekende zettingen voor het definitieve geotechnische ontwerp.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,11 á 0,20 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,18 á 0,20 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is ca. NAP + 2,35 m
- Opleverhoogte is ca. 0,20 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +2,20 m.

10.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

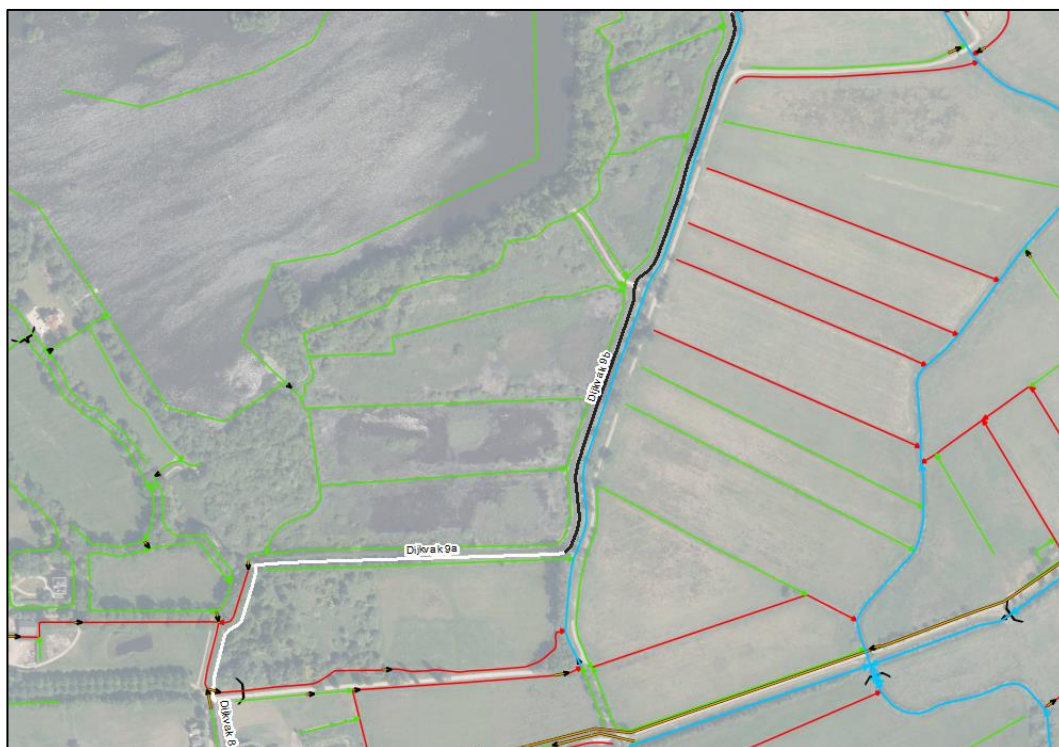
Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 9A is een voorname leiding aanwezig (Asbest cement leiding).

Kunstwerken

Binnen dijkvak 9A is een enkele duikers aanwezig. In Figuur 10-5 is een overzicht gegeven van deze duikers.



Figuur 10-5: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 9A zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

11 Dijkvak 9B

11.1 Algemeen

Dijkvak 9B ligt in landelijk gebied. Deze is weergegeven in Figuur 11-1.

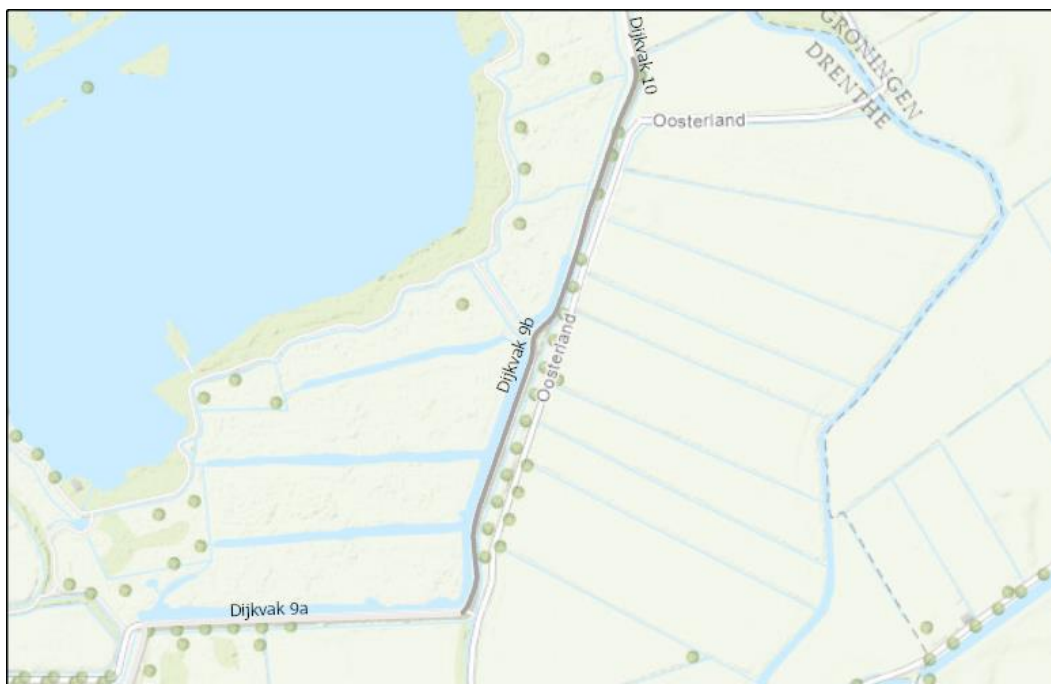
Het grondgebruik van de huidige kering is een groene kering met op de kruin een wandelpad. Lokaal zijn in de huidige situatie enige bomen aanwezig naast de kering.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte;
- Stabiliteit binnenwaarts;
- Stabiliteit buitenwaarts.

In het SO zijn drie opties overwogen voor invulling van de versterking overwogen:

- Oostelijk ophogen kadelichaam waterbergingszijde met slootdemping.
- Oostelijk ophogen kadelichaam waterbergingszijde met verplaatsing sloot. Deze optie is uitgewerkt in dit document.
- Westelijk ophogen kadelichaam.



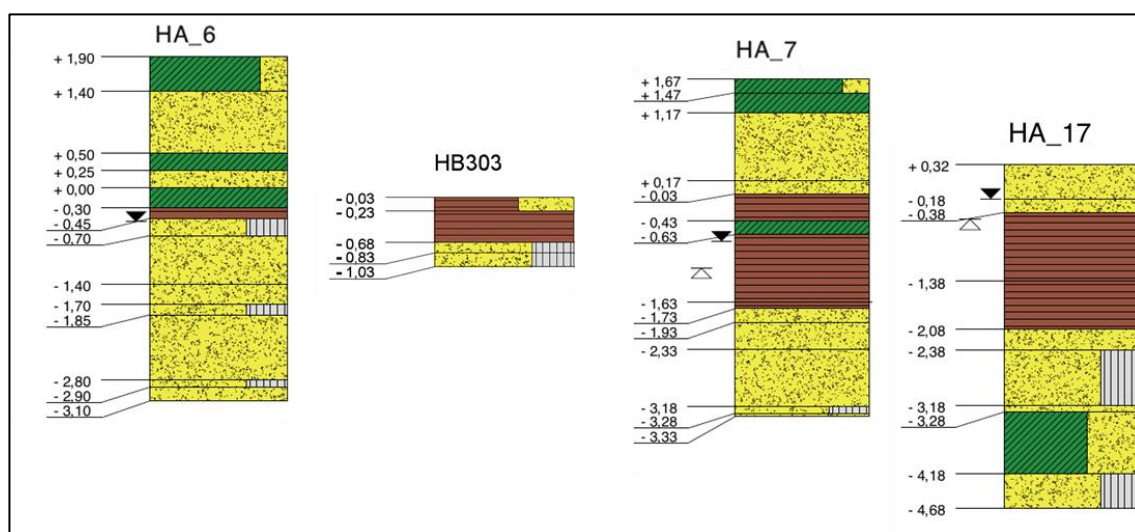
Figuur 11-1: Overzichtstekening dijkvak 9B.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HB303 (Wiertsema & Partners, 2020);
- HA_6, HB303, HA_7 en HA_17 (Wiertsema & Partners, 2022);

Ter plaatse van dit dijkvak zijn twee relevante onderzoekspunten weergegeven in Figuur 11-2. De onderzijde van de slechtdoorlatende lagen ter plekke van de dijk is hierbij aangetroffen op NAP -1,63 m en NAP -2,08 m. Bij sondering S6 is de onderzijde van de slechtdoorlatende lagen aangetroffen op NAP -1,6 m.



Figuur 11-2: Aanwezig grondonderzoek.

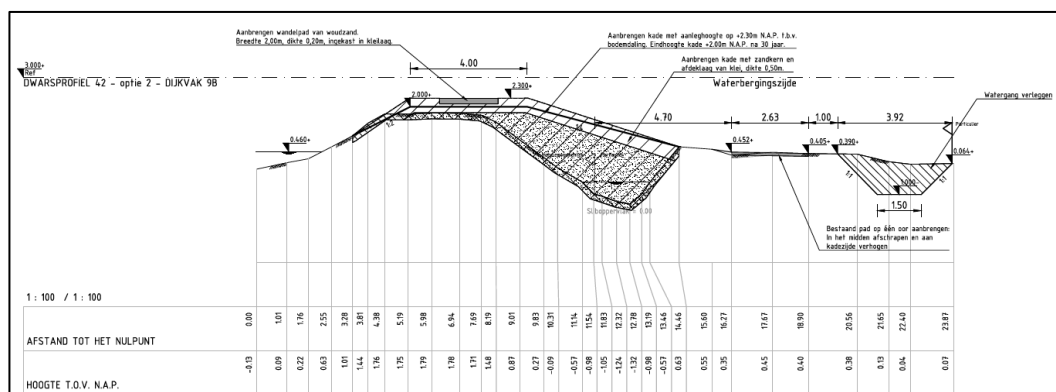
11.2 Versterkingsontwerp

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp heeft drie varianten, deze zijn weergegeven in Bijlage 3. Ontwerpvarianten omvatten: het oostelijk ophogen van het kadelichaam aan de waterbergingszijde met slootdemping (variant 1); het oostelijk ophogen van het kadelichaam aan de waterbergingszijde zonder slootdemping (variant 2); westelijk ophogen van het kadelichaam (variant 3). Aandacht gaat uit naar de opgetreden zetting en de benodigde zettingscompensatie. Dit is ingepast middels een zettingsanalyse waarbij is aangesloten op de opgetreden bodemdaling.

In de SO fase is het versterkingsontwerp vastgesteld voor dit dijkvak met een 1:3 talud. Dit ontwerp is in de VO fase nogmaals doorgerekend. Hieruit bleek verdere optimalisatie met een 1:2 talud haalbaar. Een herberekening is daarom uitgevoerd voor het definitieve VO ontwerp waarbij zowel de geotechnische stabiliteit als de zettingen zijn beschouwd.

Besloten is dat de maatgevende variant 2 verder wordt uitgewerkt. Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in Figuur 11-3. De hoogte aan het einde van de levensduur is NAP +2,0 m. De aanleghoogte is hoger. De hoogte midden in de levensduur ligt daar tussenin. De resultaten staan vermeld onder de kopjes voor zetting en stabiliteit voor zowel het SO als het VO.



Figuur 11-3: VO Dwarsprofiel van voorgenoemen versterking (optie 2).

11.3 Geotechnisch ontwerp

Pipinganalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op piping. Daarbij was het oordeel voldoende. Het voorliggende ontwerp is evengoed of beter dan de huidige situatie. Het oordeel van het voorliggende ontwerp is derhalve voldoende.

Stabiliteitsanalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op stabiliteit. Daarbij was het oordeel niet voldoende. Voor dit dijkvak resulteerde dit in een maatgevende veiligheidsfactor van 0,45 bij het binnentalud en 0,65 bij het buitentalud. De stabiliteitsberekeningen bij het binnentalud gaan hierbij uit van een situatie met opbarsten.

Er is alleen sprake van een risico op opbarsten wanneer de stijghoogte onder de veenlaag hoger is dan het waterpeil in het Friescheveen. In het achterland is het Paterswoldemeer aanwezig, deze beïnvloedt de regionale grondwaterstroming. In dit gebied is sprake van slechtdoorlatende lagen in het voorland en ter plaatse van het Friescheveen en een (zeer) dik watervoerend pakket. Daardoor is de invloed van een hoogwater op de stijghoogte gering. Voor dijkvak 11A is een gedetailleerde grondwaterberekening uitgevoerd. Daaruit blijkt dat de invloed van het Paterswoldermeer zo groot is, dat opbarsten op voorhand uitgesloten kan worden. Deze conclusies zijn overgenomen voor dit dijkvak. Daarom is in de stabiliteitsanalyses gerekend zonder opbarsten.

Het Versterkingsontwerp is beoordeeld aan de hand van een stabiliteitsberekening in D-GEO Suite Stability v2021 voor stabiliteit binnenwaarts (STBI) en stabiliteit buitenwaarts (STBU). Resultaten voor variant 2 zijn weergegeven voor het Schets Ontwerp (SO) en vervolgens met 1:2 talud optimalisaties voor het Voorlopig Ontwerp (VO). In Tabel 11-1 is hiervan een overzicht gegeven. De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 11-1: Resultaten toetsing Versterkingsontwerp STBI en STBU dijkvak 9B

Variant	Situatie	Versterkingsmaatregel	Vereiste stabiliteitsfactor	STBI	STBU
SO	Geen opbarsten binnenteen	Optie 2	1,03 (0,86)	1,39	1,37
	Val na hoog water		1,03 (0,86)		

VO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water 1:2 talud	Optie 2	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,19	1,47
VO	Bovenstaande waarbij 13 kN/m ² belasting	Optie 2	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,04	1,44

Zettingsanalyse - kalibratie

Door de voorgenomen werkzaamheden zullen zettingen optreden. In het verleden zijn reeds zettingen opgetreden bij de toenmalige ophogingen. Teneinde een passende prognose te maken van de zettingen is gezien welke zettingen zijn opgetreden ter plaatse van dit dijkvak. Tekeningen met aanleghoogten zijn opgenomen in bijlage 4.

In 2004 de dijk aangelegd met het oog op een eindhoogte van ca. NAP +1,80 m. Ter plaatse van dijkvak 9 is gewerkt met een overhoogte van ca. 0,5 m. Aan de noordzijde van dijkvak 10 ligt dijkvak 10 waar is gewerkt met een overhoogte van ca. 0,4 m. In de AHN3 ligt de hoogte van de kering op ca. NAP +1,78 m. De maaiveldhoogte ten tijde van het landmeetwerk (2021-2022) betreft NAP +1,77 m. Een overzicht van de maaiveld dalingen is weergegeven in Tabel 11-2.

Tabel 11-2: Maaiveld dalingen dijkvak 9B.

Locatie	Aanleghoogte (d.d. 2004) [m+NAP]	Hoogte AHN3 (d.d. 2019) [m+NAP]	Verskil AHN3 t.o.v. aanleghoogte [m]	Verskil AHN3 t.o.v. AHN2 [m]
HA_6	2,10 ^[1]	+2,09	0,01 m	0,11 m
S6	2,10 ^[1]	+1,76	0,34 m	0,18 m
HA_7	2,30 ^[1]	+1,78	0,52 m	0,14 m

[1] Gebaseerd op aanleg dwarsprofiel 8 en 9. De eindhoogte was geprognostiseerd op NAP +2,00 m.

De maaiveld dalingen zijn ter plaatse van HA_7 vrijwel gelijk aan de overhoogte, daardoor is de eindhoogte ca. NAP +1,80 m. Ter plaatse van S6 en HA_6 is de zetting minder dan de overhoogte. Deze maaiveld dalingen zijn inclusief bodemdaling door gaswinning. Deze bodemdaling betreft in dit gebied 2 á 3 cm per 10 jaar².

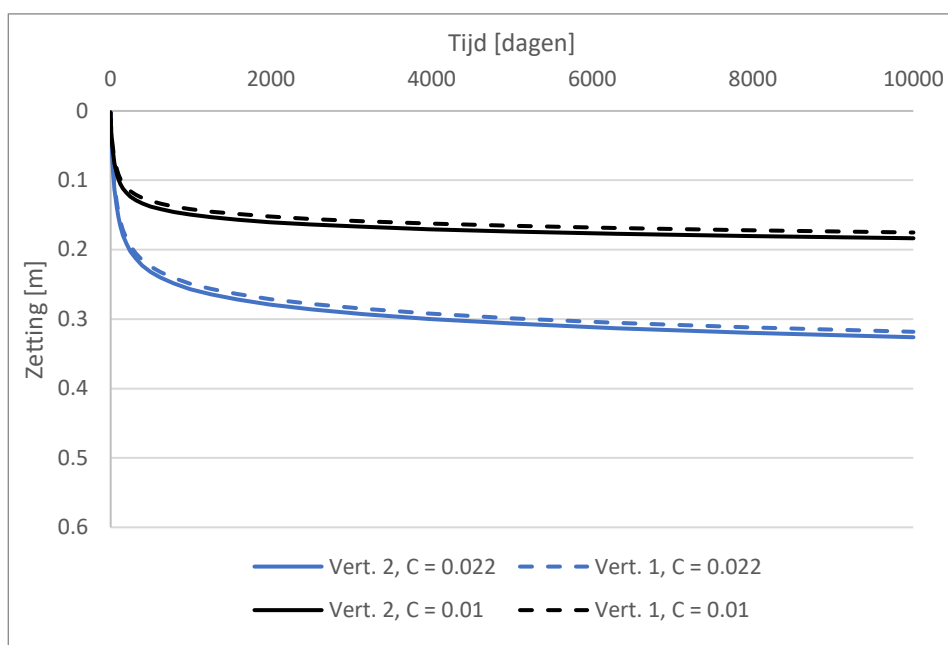
Er is een kalibratie gedaan voor de zettingsberekening. Daarbij is gezien of met het aanpassen van de parameters een goede aansluiting gevonden kan worden met de meetgegevens. In de TUN zijn de parameters van de meeste grondsoorten vastgelegd, voor veen staat nog de kruipparameter open. De verwachting op basis van literatuur is dat deze ligt tussen $c = 0,01$ en $0,022$.

Bijlage 5 is dijkvak 9B weergegeven met de versterking die is gedaan in 2004. Daarbij is de zetting berekend op twee locaties van de kruin. Er is gerekend met twee verschillende waarden voor de c-parameter. De berekende zettingen zijn weergegeven in Figuur 11-4. Te zien is dat de berekende zettingen variëren van 0,2 tot bijna 0,35 m. Op basis van de kalibraties van dijkvak 9A, 9B, 10 en 11A sluiten de berekeningen met $c = 0,015$ het beste aan bij de totale zetting zoals gemeten in Tabel 11-2. Deze waarden worden derhalve gebruikt in de zettingsprognoses.

In de kalibratie gelden de volgende aandachtspunten:

² De bodemdaling is bepaald door de bodemdalingscontour van 2018 te vergelijken met de prognose van 2025.

- Uitgangspunt is aanleg conform bestektekening 2004. Afwijkingen zijn niet meegenomen.
- Er is niet gecompenseerd voor eventuele zettingen die zijn opgetreden in uitvoeringsperiode.
- Zettingen in het ophoogmateriaal (klei) zijn niet berekend. De software D-settlement gaat namelijk uit van onsamendrukbaar ophoogmateriaal.
- Wisselende omstandigheden zijn niet meegenomen. Zo geldt de zomer van 2018 als zeer droog. Deze heeft vermoedelijk een deel van de zetting veroorzaakt.
- Bodemdaling door processen als veenoxidatie zijn niet meegenomen. De software D-settlement gaat namelijk uit van de theorie van abc-isotache, NEN-Bjerrum of Koppejan. Deze omvatten geen veenoxidatie.
- De zettingsberekeningen geven in de periode tussen 2009 en 2019 een andere bodemdaling dan het verschil tussen AHN2 en AHN3. In alle gevallen is de werkelijke zetting groter dan de opgetreden zetting. Verschil wordt gewijt aan bovenstaande zaken.



Figuur 11-4: Dijkvak 9B, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Zettingsanalyse – prognose SO

De eindhoogte dient NAP +2,0 m te zijn. Uitgangspunt in de berekeningen is ophogen met een zandkern en een afdeklaag van klei (dikte 0,5 m). De schematisatie en rekenresultaten zijn weergegeven in bijlage 5. De resultaten zijn samengevat hieronder.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,16 á 0,29 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,06 á 0,13 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Zettingsanalyse – prognose VO

In het VO is het grondgebruik verder geoptimaliseerd met een 1:2 talud. Deze optimalisatie is meegenomen in de zettingsberekeningen. De resultaten zijn samengevat hieronder. Onderstaande resultaten zijn de berekende zettingen voor het definitieve geotechnische ontwerp.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,08 á 0,23 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,12 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is ca. NAP + 2,30 m.
- Opleverhoogte is ca. 0,15 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +2,15 m.

11.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

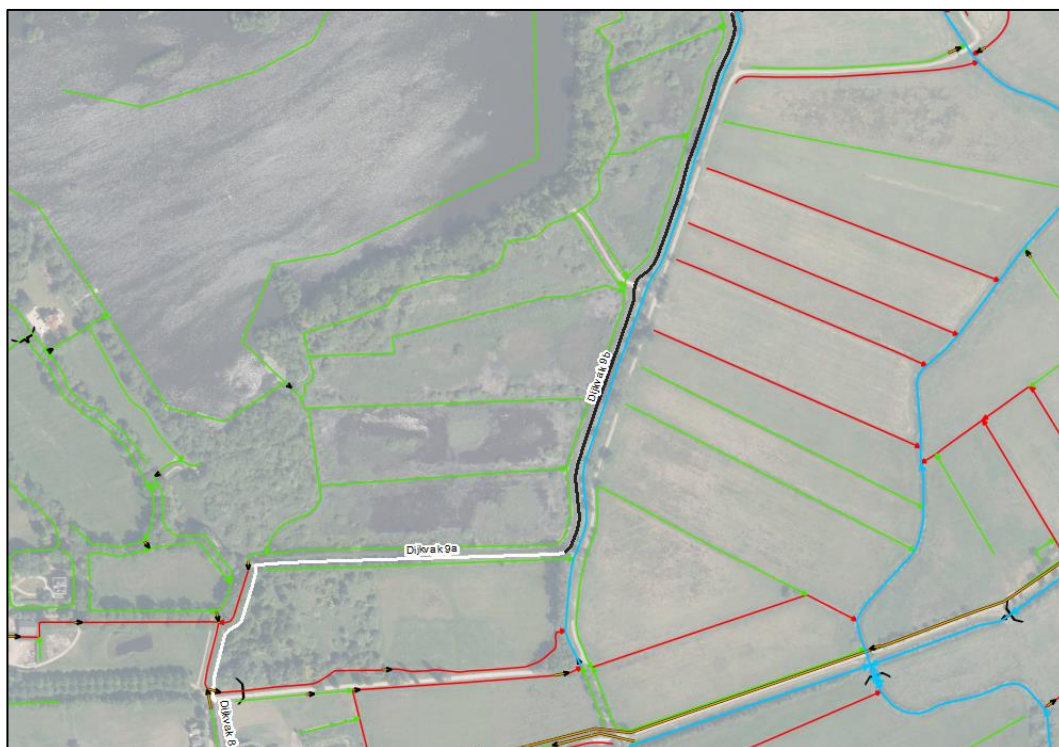
Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 9B zijn kabels en leidingen aanwezig.

Kunstwerken

Binnen dijkvak 9B is geen enkele duikers aanwezig. Deze zijn wel aanwezig in de omliggende dijkvakken. In Figuur 11-5 is een overzicht gegeven van deze duikers.



Figuur 11-5: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 9B zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

12 Dijkvak 10

12.1 Algemeen

Dijkvak 10 ligt in landelijk gebied. Deze is weergegeven in Figuur 12-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een groene kering met op de kruin een wandelpad. Lokaal zijn in de huidige situatie enige bomen aanwezig naast de kering.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte;
- Stabiliteit binnenwaarts;
- Stabiliteit buitenwaarts.

In het SO zijn twee opties overwogen voor invulling van de versterking overwogen:

- Ophogen kadelichaam met slootdemping en drainage.
- Ophogen kadelichaam met slootdemping en realisatie van een sloot ten oosten van de bestaande kade.

Deze optie is uitgewerkt in dit document.



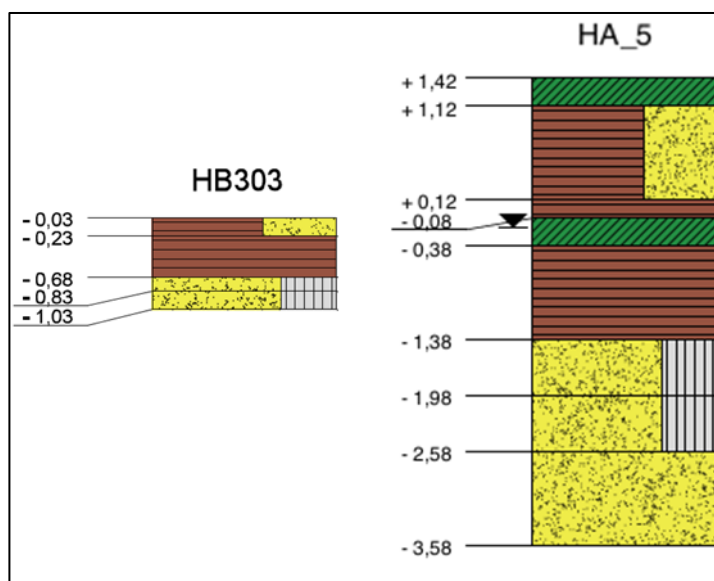
Figuur 12-1: Overzichtstekening dijkvak 10.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HB303 (Wiertsema & Partners, 2020);
- S4, HA_5 en S5 (Wiertsema & Partners, 2022);

Ter plaatse van dit dijkvak zijn twee relevante onderzoekspunten weergegeven in Figuur 12-2. De onderzijde van de slechtdoorlatende lagen is hierbij aangetroffen op NAP -0,68 m en NAP -1,38 m. Bij sonderingen S4 en S5 is de onderzijde van de slechtdoorlatende lagen aangetroffen op NAP -0,9 m en NAP -0,1 m.



Figuur 12-2: Aanwezig grondonderzoek.

12.2 Versterkingsontwerp

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp heeft twee varianten, deze zijn weergegeven in Bijlage 3. Ontwerpvarianten omvatten: Ophogen kadelichaam met slootdemping en drainage (variant 1); Ophogen kadelichaam met slootdemping en realisatie van een sloot ten oosten van de bestaande kade (variant 2). Aandacht gaat uit naar de opgetreden zetting en de benodigde zettingscompensatie. Dit is ingepast middels een zettingsanalyse waarbij is aangesloten op de opgetreden bodemdaling.

In de SO fase is het versterkingsontwerp vastgesteld voor dit dijkvak met een 1:3 talud. Dit ontwerp is in de VO fase nogmaals doorgerekend. Hieruit bleek verdere optimalisatie niet haalbaar.

Besloten is dat de maatgevende variant 2 verder wordt uitgewerkt. Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in Figuur 12-3. De hoogte aan het einde van de levensduur is NAP +2,0 m.

Tabel 12-1: Resultaten toetsing Versterkingsontwerp STBI en STBU dijkvak 10

Variant	Situatie	Versterkings- maatregel	Vereiste stabiliteitsfactor	STBI	STBU
SO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water	Optie 2	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,31	1,11
VO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water	Optie 2	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,29	1,09
VO	Bovenstaande waarbij 13 kN/m ² belasting	Optie 2	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,01	1,09
VO	Schematiseringsfactor dijkvak 10	Optie 2	0,88 0,91	1,01	1,09

Zettingsanalyse - kalibratie

Door de voorgenenomen werkzaamheden zullen zettingen optreden. In het verleden zijn reeds zettingen opgetreden bij de toenmalige ophogingen. Teneinde een passende prognose te maken van de zettingen is bezien welke zettingen zijn opgetreden ter plaatse van dit dijkvak. Tekeningen met aanleghoogten zijn opgenomen in bijlage 4.

In 2004 de dijk aangelegd met het oog op een eindhoogte van NAP +1,80 m. Ter plaatse van dijkvak 10 is gewerkt met een overhoogte van ca. 0,4 m. Aan de noordzijde van dijkvak 10 ligt dijkvak 11A waar is gewerkt met een overhoogte van ca. 0,3 m. In de AHN3 ligt de hoogte van de kering op ca. NAP +1,79 m. De maaiveldhoogte ten tijde van het landmeetwerk (2021-2022) betreft NAP +1,66 m. Een overzicht van de maaiveld dalingen is weergegeven in Tabel 12-2.

Tabel 12-2: Maaiveld dalingen dijkvak 10.

Locatie	Aanleghoogte (d.d. 2004) [m+NAP]	Hoogte AHN3 (d.d. 2019) [m+NAP]	Vershil AHN3 t.o.v. aanleghoogte [m]	Vershil AHN3 t.o.v. AHN2 [m]
S4	+2,10 ^[1]	+1,83	0,27 m	0,19 m
HA_5	+2,10 ^[1]	+1,53	0,57 m	0,29 m
S5	+2,30 ^[1]	+1,75	0,55 m	0,25 m

[1] Gebaseerd op aanleg dwarsprofiel 6 en 7. De eindhoogte was geprognostiseerd op NAP +1,80 m.

De maaiveld dalingen zijn ter plaatse van S4 is gelijk aan de overhoogte, daardoor is de eindhoogte ca. NAP +1,80 m. Ter plaatse van HA_5 en S5 is de zetting meer dan de overhoogte. De opgetreden zetting is nagenoeg het dubbele. Deze maaiveld dalingen zijn inclusief bodemdaling door gaswinning. Deze bodemdaling betreft in dit gebied 2 á 3 cm per 10 jaar³.

Er is een kalibratie gedaan voor de zettingsberekening. Daarbij is bezien of met het aanpassen van de parameters een goede aansluiting gevonden kan worden met de meetgegevens. In de TUN zijn de parameters van de meeste grondsoorten vastgelegd, voor veen staat nog de kruipparameter open. De verwachting op basis van literatuur is dat deze ligt tussen $c = 0,01$ en $0,022$.

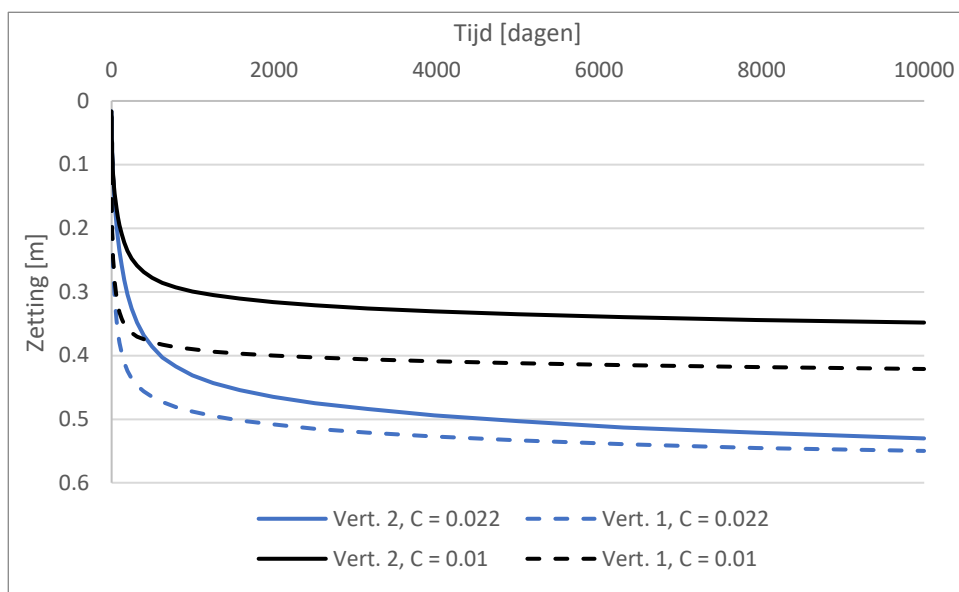
Bijlage 5 is dijkvak 10 weergegeven met de versterking die is gedaan in 2004. Daarbij is de zetting berekend op twee locaties van de kruin. Er is gerekend met twee verschillende waarden voor de

³ De bodemdaling is bepaald door de bodemdalingcontour van 2018 te vergelijken met de prognose van 2025.

c-parameter. De berekende zettingen zijn weergegeven in Figuur 12-4. Te zien is dat de berekende zettingen variëren van 0,35 tot bijna 0,55 m. Op basis van de kalibraties van dijkvak 9A, 9B, 10 en 11A sluiten de berekeningen met $c = 0,015$ het beste aan bij de totale zetting zoals gemeten in Tabel 12-2. Deze waarden worden derhalve gebruikt in de zettingsprognoses.

In de kalibratie gelden de volgende aandachtspunten:

- Uitgangspunt is aanleg conform bestektekening 2004.
Afwijkingen zijn niet meegenomen.
- Er is niet gecompenseerd voor eventuele zettingen die zijn opgetreden in uitvoeringsperiode.
- Zettingen in het ophoogmateriaal (klei) zijn niet berekend.
De software D-settlement gaat namelijk uit van onsamendrukbaar ophoogmateriaal.
- Wisselende omstandigheden zijn niet meegenomen.
Zo geldt de zomer van 2018 als zeer droog. Deze heeft vermoedelijk een deel van de zetting veroorzaakt.
- Bodemdaling door processen als veenoxidatie zijn niet meegenomen.
De software D-settlement gaat namelijk uit van de theorie van abc-isotache, NEN-Bjerrum of Koppejan. Deze omvatten geen veenoxidatie.
- De zettingsberekeningen geven in de periode tussen 2009 en 2019 een andere bodemdaling dan het verschil tussen AHN2 en AHN3. In alle gevallen is de werkelijke zetting groter dan de opgetreden zetting. Verschil wordt gewijt aan bovenstaande zaken.



Figuur 12-4: Dijkvak 10, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Zettingsanalyse – prognose VO

In het VO is het grondgebruik vastgesteld voor een 1:3 talud. De eindhoogte dient NAP +2,0 m te zijn. Uitgangspunt in de berekeningen is ophogen met een zandkern en een afdeklaag van klei (dikte 0,5 m). De schematisatie en rekenresultaten zijn weergegeven in bijlage 5. Onderstaande resultaten zijn de berekende zettingen voor het definitieve geotechnische ontwerp.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,13 á 0,22 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,23 á 0,28 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is ca. NAP + 2,50 m.
- Opleverhoogte is ca. 0,30 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +2,30 m.

12.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

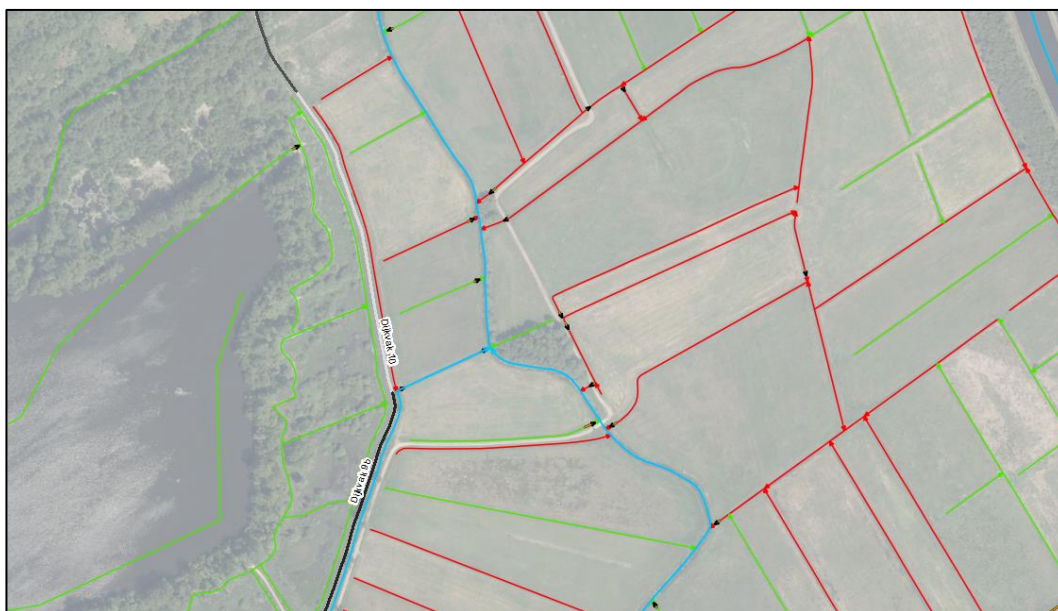
Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 10 zijn geen kabels en leidingen aanwezig.

Kunstwerken

Binnen dijkvak 10 zijn geen kunstwerken/ duikers aanwezig. In Figuur 12-5 is een overzicht gegeven van deze duikers.



Figuur 12-5: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 10 zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

13 Dijkvak 11A

13.1 Algemeen

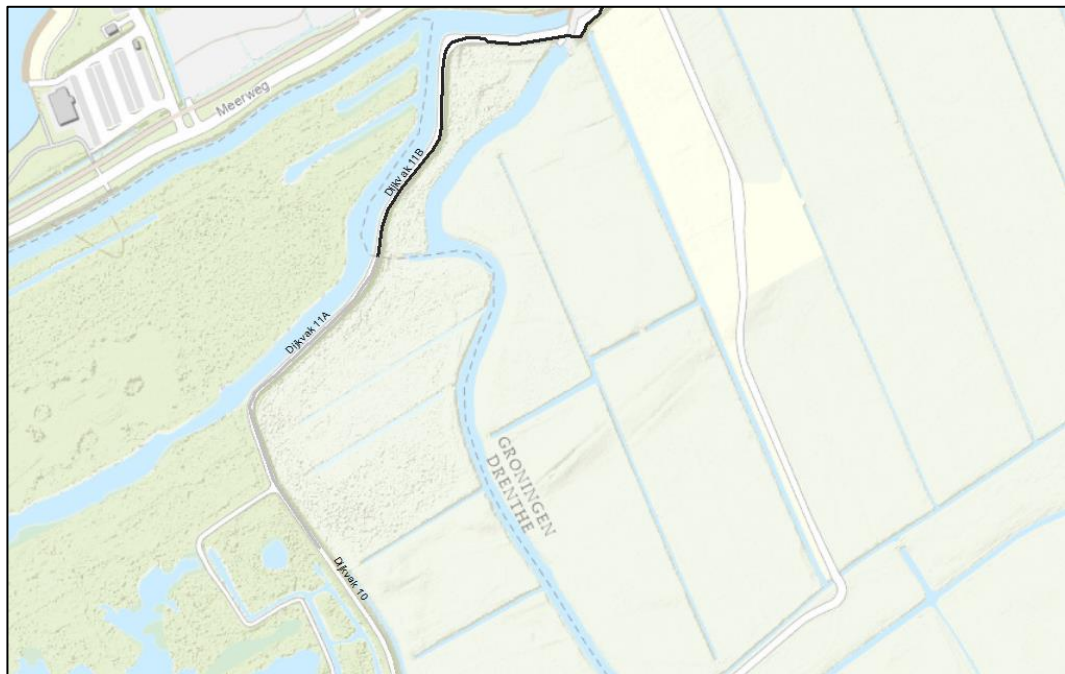
Dijkvak 11A ligt in landelijk gebied. Deze is weergegeven in Figuur 13-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een groene kering met op de kruin een wandelpad. Lokaal zijn in de huidige situatie enige bomen aanwezig naast de kering.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte.

Vanuit het voorkeursalternatief is gekozen om het bestaande dijklichaam op te hogen. Daarbij is een versterking voorgenomen richting de polderzijde (zuid-oost).



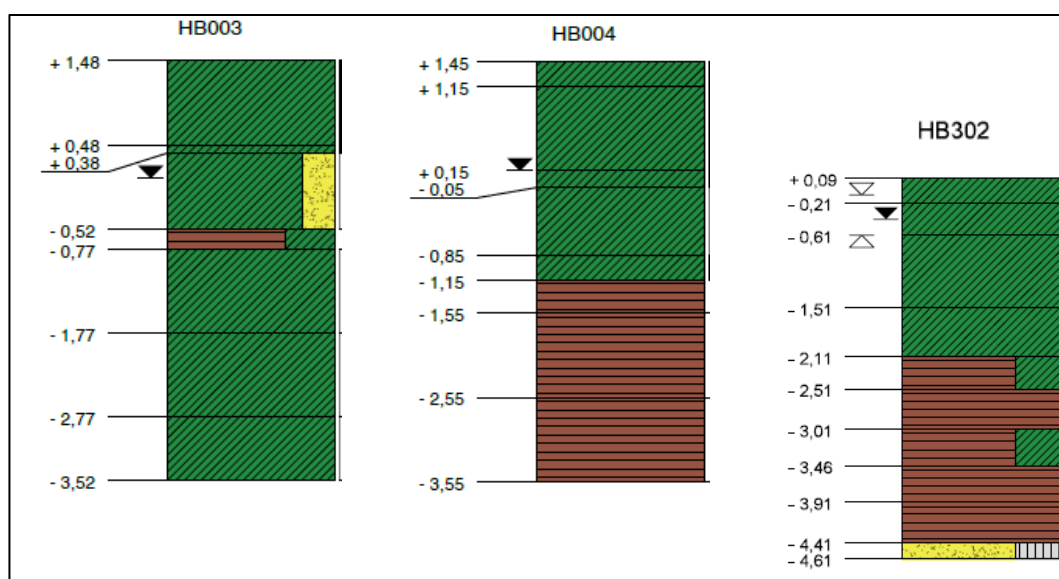
Figuur 13-1: Overzichtstekening dijkvak 11A.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HB302 (Wiertsema & Partners, 2020);
- S4, HA_3 en HA_4 (Wiertsema & Partners, 2022);
- CPT000000179278, CPT000000179268 (Dinoloket).

Ter plaatse van dit dijkvak zijn drie relevante onderzoekspunten weergegeven in Figuur 13-2. De onderzijde van de slechtdoorlatende lagen is niet aangetroffen in boring HB003 en HB004. In de nabije sondering S4 is de onderzijde van de slechtdoorlatende lagen aangetroffen op NAP -1 m. In de sonderingen CPT000000179268 en CPT000000179278 is de onderzijde van de slechtdoorlatende lagen aangetroffen op NAP -5 m.



Figuur 13-2: Aanwezig grondonderzoek.

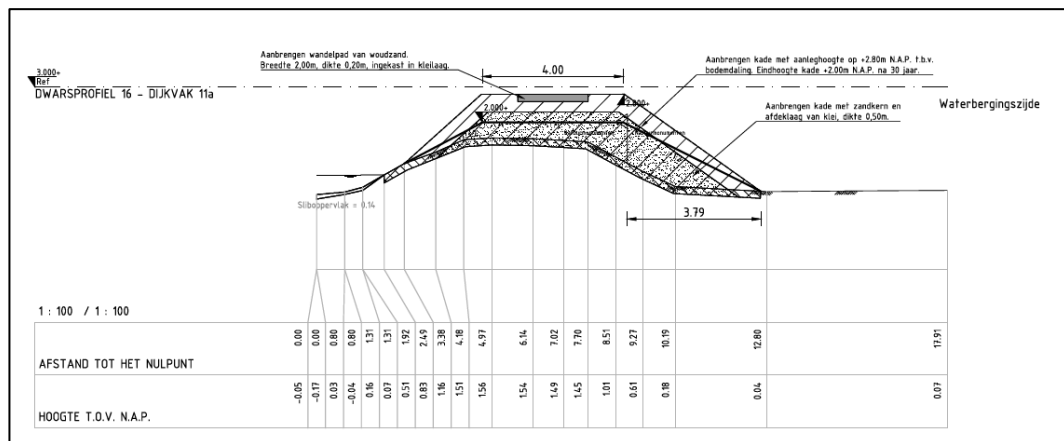
13.2 Versterkingsontwerp

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp kent slechts één variant, deze is weergegeven in Bijlage 3. Aandacht gaat uit naar de opgetreden zetting en de benodigde zettingscompensatie. Dit is ingepast middels een zettingsanalyse waarbij is aangesloten op de opgetreden bodemdaling.

In de SO fase is het versterkingsontwerp vastgesteld voor dit dijkvak met een 1:3 talud. Dit ontwerp is in de VO fase nogmaals doorgerekend. Hieruit bleek verdere optimalisatie met een 1:2 talud haalbaar. Een herberekening is daarom uitgevoerd voor het definitieve VO ontwerp waarbij zowel de geotechnische stabiliteit als de zettingen zijn beschouwd.

Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in Figuur 13-3. De hoogte aan het einde van de levensduur is NAP +2,0 m. De aanleghoogte is hoger. De hoogte midden in de levensduur ligt daar tussenin.



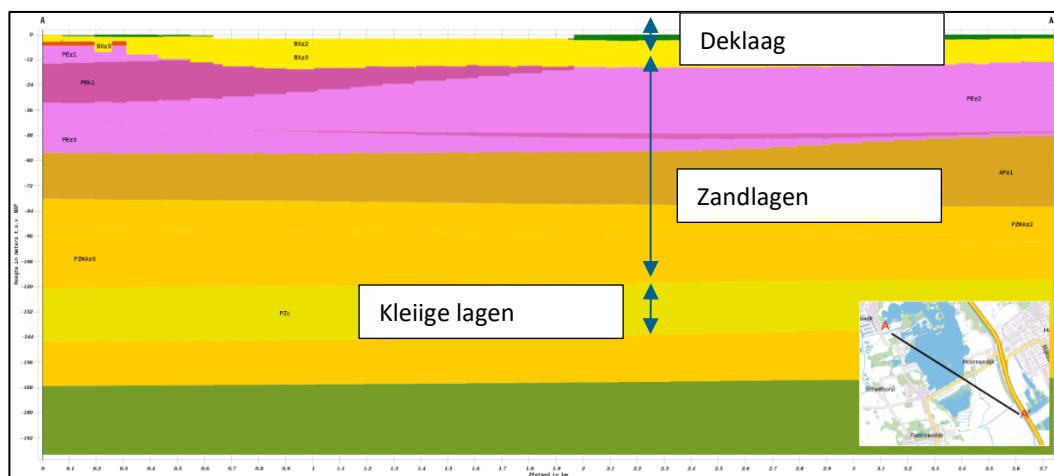
Figuur 13-3: VO Dwarsprofiel van voorgenoemde versterking.

13.3 Geohydrologisch ontwerp

Het geotechnisch ontwerp wordt beschreven in de volgende paragraaf (par 13.4). Deze blijkt sterk afhankelijk te zijn van de schematisatie van de grondwaterstand onder de aanwezige veen- en kleilagen. Daarom is expliciete aandacht gegeven aan de geohydrologie.

Regionale bodemopbouw

De regionale bodemopbouw is bepaald aan de hand van REGIS II v2.2. Deze is weergegeven in Figuur 13-4. Te zien is dat de bodemopbouw bestaat uit een deklaag die lokaal afwezig is (t.p.v. Paterswoldermeer) en lokaal aanwezig is (Friescheveen en polder Lappenvoort-Oosterland). Daaronder zit een dik watervoerend pakket, de onderzijde wordt verwacht op een diepte van ca. NAP -100 m. Dit watervoerende pakket bestaat uit meerdere zandlagen, deze variëren van fijn zand tot grof zand of zelfs grind.



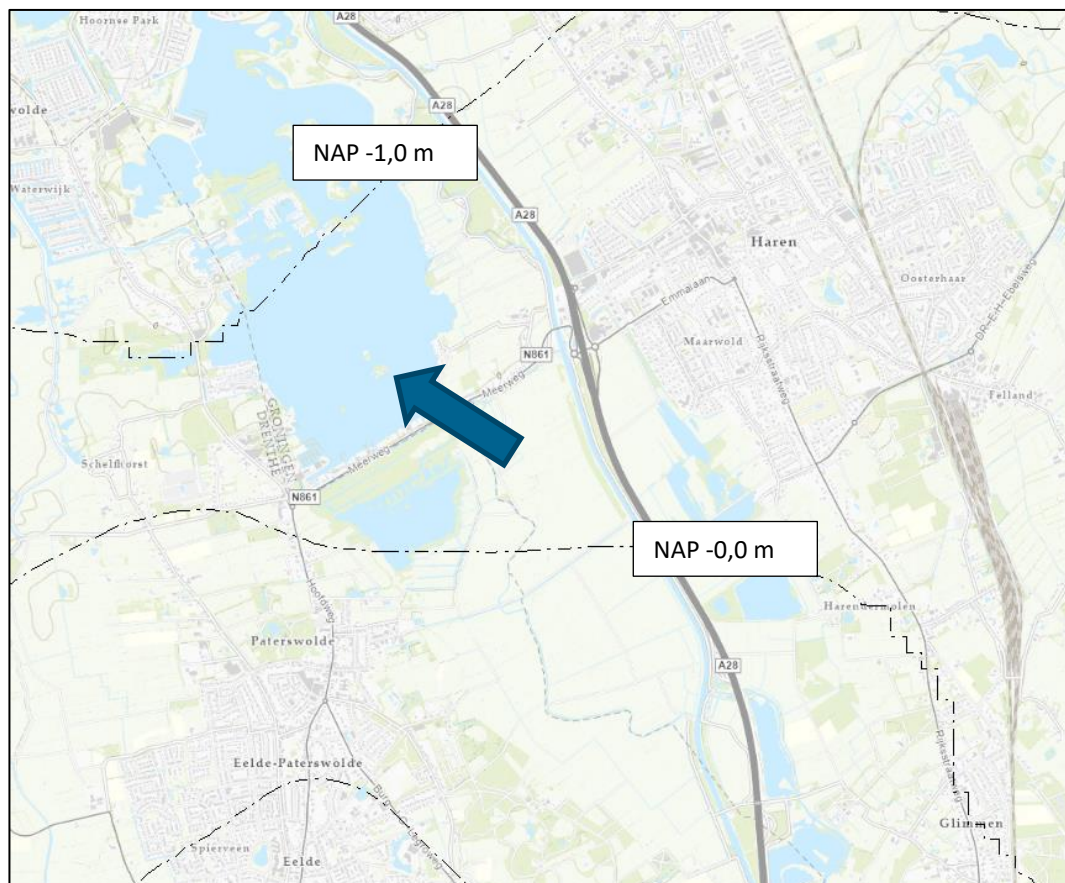
Figuur 13-4: Regionale bodemopbouw conform REGIS II v2.2.

Dieper in de ondergrond zijn slecht doorlatende lagen aangetroffen. Dit is de complexe eenheid van Peize (kleiige laag).

Aan de noord-westzijde worden mogelijk ondiep slecht doorlatende lagen aangetroffen. Dit betreft een kleiige laag van de formatie van Peelo. Deze wordt verwacht tussen NAP -10 en -30 m. De aanwezigheid hiervan is geverifieerd met lokaal onderzoek.

Regionale geohydrologie

In het gebied stroomt het grondwater van zuid-oost naar noord-west. Dit blijkt o.a. uit TNO-isohypsen. Deze zijn weergegeven in Figuur 13-5. Een voorname drijver hiervan is het maaiveldverloop en de polderpeilen in het gebied. Ten noordwesten van het projectgebied liggen peilvakken die in het beheer liggen van Waterschap Noorderzijlvest. Het voornaamste peilvak betreft het Paterswoldemeer. Dit heeft een laag oppervlaktewaterpeil in de winter van NAP -0,93 m.



Figuur 13-5: Stijghoogteverloop conform TNO-isohypsen op d.d. 28-04-1995.

Lokale bodemopbouw

De bodemopbouw is geverifieerd aan de hand van lokaal onderzoek. Daarbij zijn de volgende gegevens gebruikt:

- Polder Lappenvoort:
Grondonderzoek verdeeld over het gebied (o.a. B07D0608, B07D0607 en B07D0607).
- Dijk:
Grondonderzoek zoals weergegeven in paragraaf 13.1.
- Friescheveen
Grondonderzoek ter plaatse van de dijk, aangevuld met onderzoek ter plaatse van de Meerweg (o.a. B07D0363, B07D0604 en B07D0362).
- Paterswoldemeer
Grondonderzoek ter plaatse van de Meerweg, aangevuld met onderzoek ter plaatse van het Peterswoldemeer en de Meerweg (o.a. CPT000000115665, CPT000000115666 en B07D0276).

Uit deze gegevens blijkt dat ter plaatse van polder Lappenvoort-Oosterland de bodem hoofdzakelijk bestaat uit een slecht doorlatend pakket van veen en klei dat meerdere meters dik is (> 5 m dik in boring B07D0610). Lokaal is de deklaag aanzienlijk dunner (0,6 m in boring B07D0607).

Ter plaatse van de dijk bestaat de bodem uit een dik pakket aan slecht doorlatende lagen.

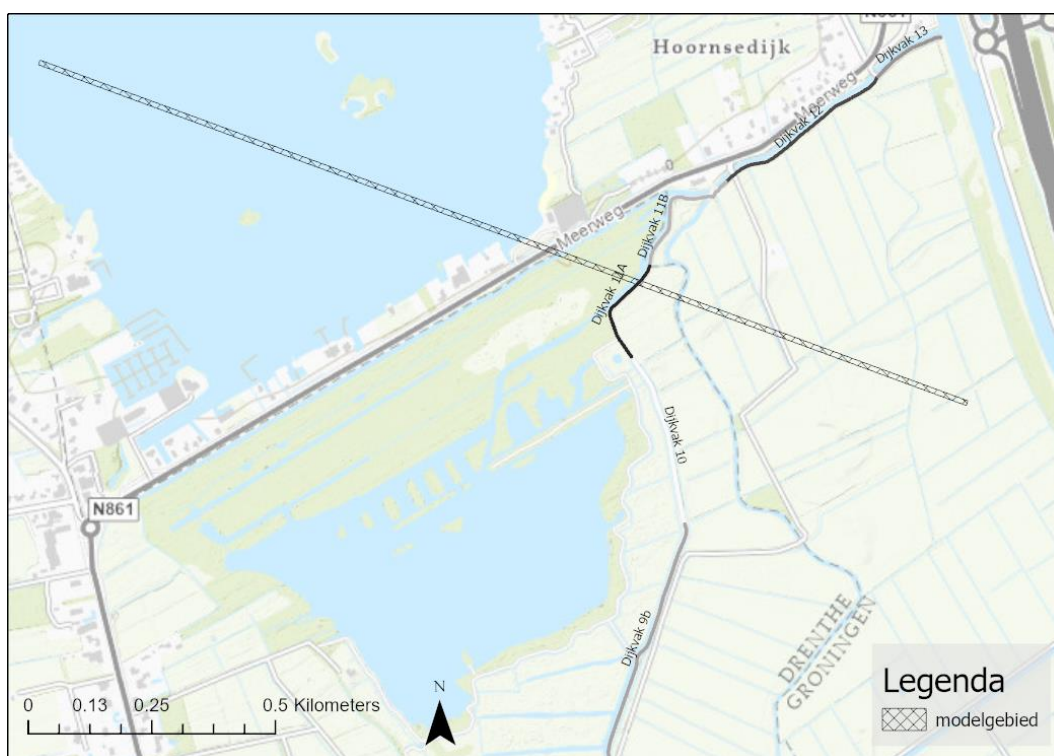
Ter plaatse van het Friescheveen is geen grondonderzoek beschikbaar, maar aan weerszijden van dit gebied wel. Deze gegevens geven aan dat onder de waterbodembodem een dikpakket aan slecht doorlatende lagen aanwezig is.

Ter plaatse van het Paterswolde meer wordt op basis van de regionale bodemopbouw geen deklaag verwacht, maar mogelijk wel een 10 m dikke kleilaag in de ondergrond. De aanwezige boring gaat tot een diepte van 62 m, in deze boring is geen dikke kleilaag aangetroffen tussen NAP -10 m en -30 m. De sonderingen die in het Paterswolde meer staan geven een slechtdoorlatende laag weer, dit bestaat uit een laag slib en ca. 1 m veen.

Vertaling van deze gegevens naar geohydrologische parameters is beschreven in bijlage 6.

Lokale geohydrologie

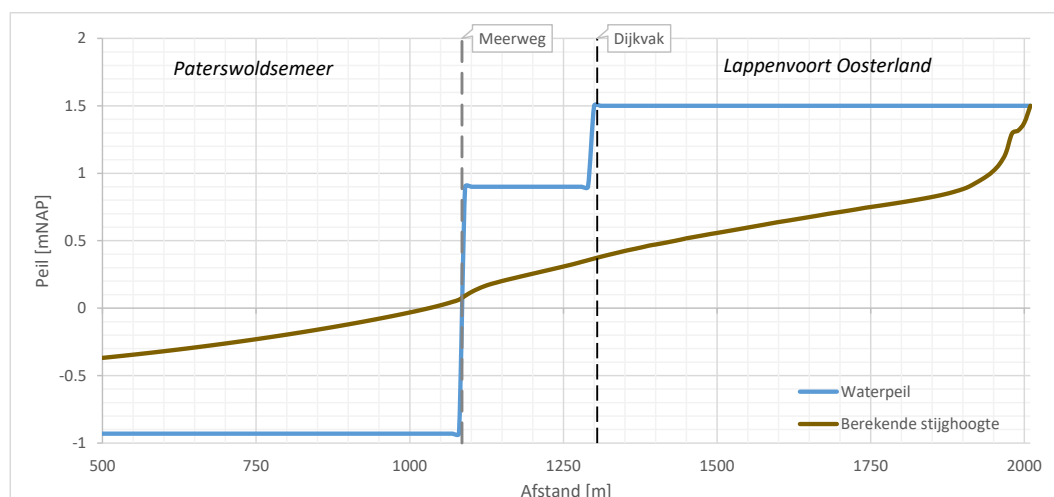
Er is een geohydrologisch model gemaakt. Dit model omvat de voornaamste drijvende krachten rondom de grondwaterstroming. De opzet is weergegeven in Figuur 13-6. Dit grondwatermodel zit in de richting van de voornaamste grondwaterstroming. Dit betreft de modellering van de stijghoogte onder de slechtdoorlatende lagen. Uitgangspunten van de voornaamste drijvende krachten zijn opgenomen in bijlage 6.



Figuur 13-6: Opzet van het geohydrologische model.

Resultaten geohydrologische analyses

De rekenresultaten zijn weergegeven in Figuur 13-7. Te zien is dat aan de zuidoostzijde sprake is van een hoge oppervlaktewaterstand. Dit vertaalt zich door in een hoge grondwaterstand/stijghoogte. Aan noordwestzijde is sprake van een lage oppervlaktewaterstand, dit vertaalt zich door naar een lage stijghoogte. Het gedeelte er tussenin, de dijk en het Friescheveen, hebben door de aanwezige lokale slechtdoorlatende lagen een beperkte invloed op de stijghoogte.



Figuur 13-7: Rekenresultaten geohydrologische berekening.

De rekenresultaten tonen aan dat de verwachte stijghoogte ter plaatse van de binnenteen van de dijk lager is dan het waterpeil van het Friescheveen. Daardoor is het risico op opbarsten ter plaatse van de binnenteen nihil.

De freatische grondwaterstand wordt bepaald door het oppervlaktewaterpeil. Deze ligt hoger dan de stijghoogte. Het verder rekenen zonder stijghoogte en met alleen een freatische grondwaterstand is maatgevend voor dit dijkvak.

13.4 Geotechnisch ontwerp

Pipinganalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op piping. Daarbij was het oordeel voldoende. Het voorliggende ontwerp is evengoed of beter dan de huidige situatie. Het oordeel van het voorliggende ontwerp is derhalve voldoende.

Stabiliteitsanalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) niet doorgerekend. Deze is beoordeeld aan de hand van het standaard profiel.

In paragraaf 13.3 is aangetoond dat de stijghoogte ter plaatse van de binnenteen noemenswaardig lager is dan de freatische grondwaterstand. Daardoor kan het risico op opbarsten op voorhand worden uitgesloten. Deze inzichten zijn meegenomen in de stabiliteitsanalyse.

Het Versterkingsontwerp is beoordeeld aan de hand van een stabiliteitsberekening in D-GEO Suite Stability v2021 voor stabiliteit binnenwaarts (STBI) en stabiliteit buitenwaarts (STBU). Resultaten zijn weergegeven voor het Schets Ontwerp (SO) en vervolgens met 1:2 talud optimalisaties voor het Voorlopig Ontwerp (VO). In Tabel 13-1 is hiervan een overzicht gegeven. De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 13-1: Resultaten toetsing Versterkingsontwerp STBI en STBU dijkvak 11A

Variant	Situatie	Versterkings-maatregel	Vereiste stabiliteitsfactor	STBI	STBU
SO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water		1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,53	1,44
VO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water 1:2 talud		1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,53	1,38
VO	Bovenstaande waarbij 13 kN/m ² belasting		1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,30	1,21

Zettingsanalyse - kalibratie

Door de voorgenomen werkzaamheden zullen zettingen optreden. In het verleden zijn reeds zettingen opgetreden bij de toenmalige ophogingen. Teneinde een passende prognose te maken van de zettingen is gezien welke zettingen zijn opgetreden ter plaatse van dit dijkvak. Tekeningen met aanleghoogten zijn opgenomen in bijlage 4.

In 2004 de dijk aangelegd met het oog op een eindhoogte van NAP +1,80 m. Ter plaatse van dijkvak 11A is gewerkt met een overhoogte van ca. 0,3 m. Aan de noordzijde van dijkvak 11A ligt dijkvak 11B. Daar is de dijk aangebracht met een overhoogte van ca. 1,0 m. In de AHN3 ligt de hoogte van de kering op ca. NAP +1,52 m. De maaiveldhoogte ten tijde van het landmeetwerk (2021-2022) is NAP +1,48 á +1,50 m. Een overzicht van de maaiveld dalingen zijn weergegeven in Tabel 13-2.

Tabel 13-2: Maaiveld dalingen dijkvak 11B.

Locatie	Aanleghoogte (d.d. 2004) [m+NAP]	Hoogte AHN3 (d.d. 2019) [m+NAP]	Verskil AHN3 t.o.v. aanleghoogte [m]	Verskil AHN3 t.o.v. AHN2 [m]
HB003	+2,10 ^[1]	+1,52	0,58 m	0,29 m
HB004	+2,10 ^[1]	+1,51	0,59 m	0,31 m
S04	+2,10 ^[1]	+1,83	0,27 m	0,19 m

[1] Gebaseerd op aanleg dwarsprofiel 5 en 6. De eindhoogte was geprognostiseerd op NAP +1,80 m.

De maaiveld dalingen zijn ter plaatse van S04 gelijk aan de overhoogte, daardoor is de eindhoogte ca. NAP +1,80 m. Ter plaatse van HB003 en HB004 is de zetting meer dan de overhoogte. De opgetreden zetting is nagenoeg het dubbele. Deze maaiveld dalingen zijn inclusief bodemdaling door gaswinning. Deze bodemdaling betreft in dit gebied 2 á 3 cm per 10 jaar⁴.

Er is een kalibratie gedaan voor de zettingsberekening. Daarbij is gezien of met het aanpassen van de parameters een goede aansluiting gevonden kan worden met de meetgegevens. In de

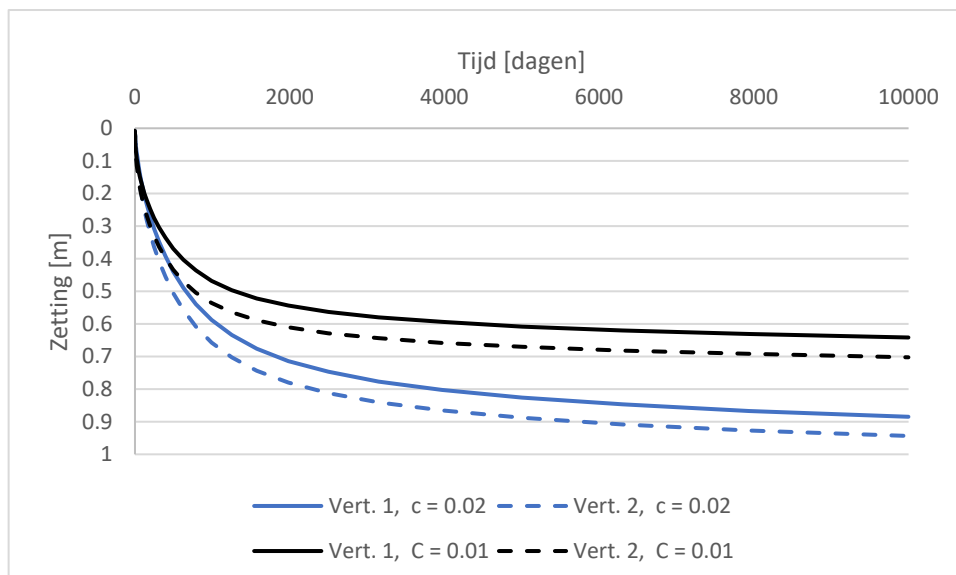
⁴ De bodemdaling is bepaald door de bodemdalingcontour van 2018 te vergelijken met de prognose van 2025.

TUN zijn de parameters van de meeste grondsoorten vastgelegd, voor veen staat nog de kruipparameter open. De verwachting op basis van literatuur is dat deze ligt tussen $c = 0,01$ en $0,022$.

Bijlage 5 is dijkvak 11A weergegeven met de versterking die is gedaan in 2004. Daarbij is de zetting berekend op twee locaties van de kruin. Er is gerekend met twee verschillende waarden voor de c-parameter. De berekende zettingen zijn weergegeven in Figuur 13-8. Te zien is dat de berekende zettingen variëren van 0,6 tot bijna 1,0 m. Op basis van de kalibraties van dijkvak 9A, 9B, 10 en 11A sluiten de berekeningen met $c = 0,015$ het beste aan bij de totale zetting zoals gemeten in Tabel 13-2. Deze waarden worden derhalve gebruikt in de zettingsprognoses.

In de kalibratie gelden de volgende aandachtspunten:

- Uitgangspunt is aanleg conform bestektekening 2004. Afwijkingen zijn niet meegenomen.
- Er is niet gecompenseerd voor eventuele zettingen die zijn opgetreden in uitvoeringsperiode.
- Zettingen in het ophoogmateriaal (klei) zijn niet berekend. De software D-settlement gaat namelijk uit van onsamendrukbaar ophoogmateriaal.
- Wisselende omstandigheden zijn niet meegenomen. Zo geldt de zomer van 2018 als zeer droog. Deze heeft vermoedelijk een deel van de zetting veroorzaakt.
- Bodemdaling door processen als veenoxidatie zijn niet meegenomen. De software D-settlement gaat namelijk uit van de theorie van abc-isotache, NEN-Bjerrum of Koppejan. Deze omvatten geen veenoxidatie.
- De zettingsberekeningen geven in de periode tussen 2009 en 2019 een andere bodemdaling dan het verschil tussen AHN2 en AHN3. In alle gevallen is de werkelijke zetting groter dan de opgetreden zetting. Verschil wordt gewijt aan bovenstaande zaken.



Figuur 13-8: Dijkvak 11A, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Zettingsanalyse – prognose SO

De eindhoogte dient NAP +2,0 m te zijn. Uitgangspunt in de berekeningen is ophogen met een zandkern en een afdeklaag van klei (dikte 0,5 m). De schematisatie en rekenresultaten zijn weergegeven in bijlage 5. De resultaten zijn samengevat hieronder.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,14 á 0,22 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,62 á 0,66 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Zettingsanalyse – prognose VO

In het VO is het grondgebruik verder geoptimaliseerd met een 1:2 talud. Deze optimalisatie is meegenomen in de zettingsberekeningen. De resultaten zijn samengevat hieronder. Onderstaande resultaten zijn de berekende zettingen voor het definitieve geotechnische ontwerp.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,14 á 0,20 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,62 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is ca. NAP + 2,80 m.
- Opleverhoogte is ca. 0,6 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +2,60 m.

13.5 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Binnen dijkvak 11A zijn geen kabels en leidingen aanwezig.

Kunstwerken

Binnen dijkvak 11A zijn geen kunstwerken, zoals duikers en afsluiters, aanwezig. In Figuur 13-9 is een overzicht gegeven van de situatie.



Figuur 13-9: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 11A zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

14 Dijkvak 11B

14.1 Algemeen

De locatie van dit dijkvak is weergegeven in Figuur 14-1. Dit dijkvak is onderdeel van EVZ Meerweg en wordt in dit project aangepakt. Dit dijkvak valt derhalve buiten de scope van deze versterking.



Figuur 14-1: Ligging dijkvak 11B.

15 Dijkvak 12

15.1 Algemeen

Dijkvak 12 ligt in landelijk gebied. Dit dijkvak is weergegeven in Figuur 15-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een groene kering met op de kruin een onverhard wandelpad. Aan de waterbergingszijde is een lokale route voor landbouwvoertuigen aanwezig.

Op deze locatie spelen de volgende opgaven:

- Hoogte;
- Stabiliteit binnenwaarts;
- Stabiliteit buitenwaarts.

Vanuit het voorkeursalternatief is gekozen om het bestaande dijklichaam op te hogen. Daarbij is een versterking voorgenomen richting de polderzijde (zuid).



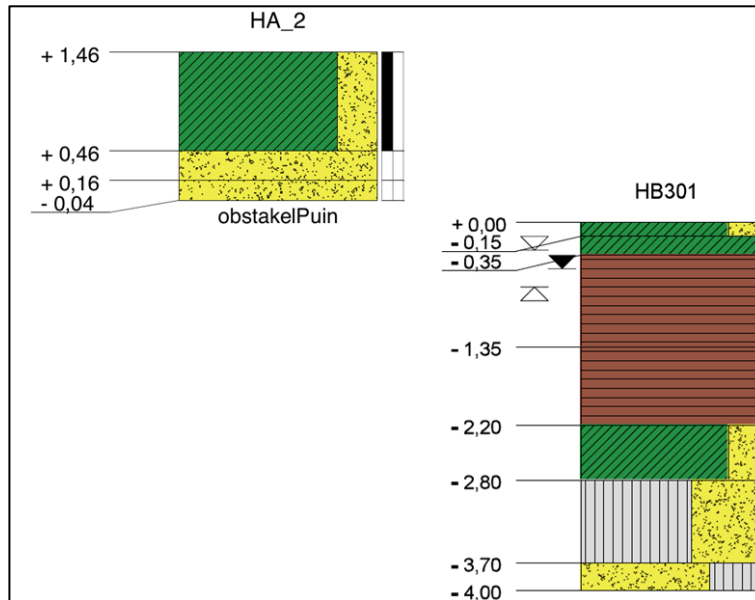
Figuur 15-1: Overzichtstekening dijkvak 12.

Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HB301 (Wiertsema & Partners, 2020);
- S2, HA_2 en S3 (Wiertsema & Partners, 2022);

Ter plaatse van dit dijkvak zijn drie relevante onderzoekspunten weergegeven figuur 15-2. De slechtdoorlatende lagen zijn aangetroffen in boring HB301 tot NAP -2,8 m. Sondering S2 toont een veenlaag tot een diepte van NAP - 2,2 m met slechtdoorlatende lagen tot NAP - 3,7 m. Uit sondering S3 volgt een slecht doorlatende laag tot een diepte van NAP -3,5 m met een bovenliggend zandpakket.



figuur 15-2: Aanwezig grondonderzoek.

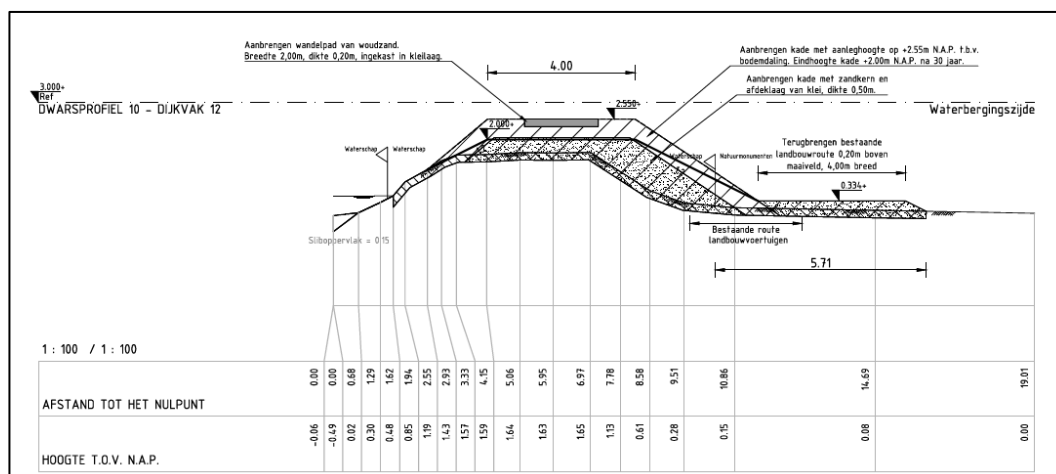
15.2 Versterkingsontwerp

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp heeft twee varianten, deze zijn weergegeven in Bijlage 3. Aandacht gaat uit naar de opgetreden zetting en de benodigde zettingscompensatie. Dit is ingepast middels een zettingsanalyse waarbij is aangesloten op de opgetreden bodemdaling.

In de SO fase is het versterkingsontwerp vastgesteld voor dit dijkvak met een 1:3 talud. Dit ontwerp is in de VO fase nogmaals doorgerekend. Hieruit bleek verdere optimalisatie met een 1:2 talud haalbaar. Een herberekening is daarom uitgevoerd voor het definitieve VO ontwerp waarbij zowel de geotechnische stabiliteit als de zettingen zijn beschouwd.

Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in figuur 15-3. De hoogte aan het einde van de levensduur is NAP +2,0 m. De aanleghoogte is hoger. De hoogte midden in de levensduur ligt daar tussenin.



figuur 15-3: VO Dwarsprofiel van voorgenumen versterking.

15.3 Geotechnisch ontwerp

Pipinganalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op piping. Daarbij was het oordeel voldoende. Het voorliggende ontwerp is evengoed of beter dan de huidige situatie. Het oordeel van het voorliggende ontwerp is derhalve voldoende.

Stabiliteitsanalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) niet doorgerekend. Deze is beoordeeld aan de hand van het standaard profiel.

Bij diverse dijkvakken speelt het risico van opbarsten, dit weegt zwaar mee in de beoordeling. Er is alleen sprake van een risico op opbarsten wanneer de stijghoogte onder de veenlaag hoger is dan het waterpeil in het Friescheveen. In het achterland is het Paterswoldemeer aanwezig, deze beïnvloedt de regionale grondwaterstroming. In dit gebied is sprake van slechtdoorlatende lagen in het voorland en ter plaatse van het Friescheveen en een (zeer) dik watervoerend pakket. Daardoor is de invloed van een hoogwater op de stijghoogte gering. Voor dijkvak 11A is een gedetailleerde grondwaterberekening uitgevoerd. Daaruit blijkt dat de invloed van het Paterswoldermeer zo groot is, dat opbarsten op voorhand uitgesloten kan worden. Deze conclusies zijn overgenomen voor dit dijkvak. Daarom is in de stabiliteitsanalyses gerekend zonder opbarsten.

Het Versterkingsontwerp is beoordeeld aan de hand van een stabiliteitsberekening in D-GEO Suite Stability v2021 voor stabiliteit binnenwaarts (STBI) en stabiliteit buitenwaarts (STBU). Resultaten zijn weergegeven voor het Schets Ontwerp (SO) en vervolgens met 1:2 talud optimalisaties voor het Voorlopig Ontwerp (VO). In Tabel 15-1 is hiervan een overzicht gegeven. De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 15-1: Resultaten toetsing Versterkingsontwerp STBI en STBU dijkvak 12

Variant	Situatie	Versterkings- maatregel	Vereiste stabiliteitsfactor	STBI	STBU
SO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water		1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,51	1,31
VO	Geen opbarsten binnenteen Val na hoog water 1:2 talud		1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,48	1,25
VO	Bovenstaande waarbij 13 kN/m ² belasting		1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,15	1,07

Zettingsanalyse - kalibratie

Door de voorgenomen werkzaamheden zullen zettingen optreden. In het verleden zijn reeds zettingen opgetreden bij de toenmalige ophogingen. Teneinde een passende prognose te maken van de zettingen is bezien welke zettingen zijn opgetreden ter plaatse van dit dijkvak. Tekeningen met aanleghoogten zijn opgenomen in bijlage 4.

In 2004 de dijk aangelegd met het oog op een eindhoogte van NAP +2,00 m. Ter plaatse van dijkvak 12 is gewerkt met een overhoogte van 0,15 tot 0,40 m. Aan de westzijde van dijkvak 12 ligt dijkvak 11B. Daar is de dijk aangebracht met een overhoogte van ca. 1,0 m. In de AHN3 ligt de hoogte van de kering op ca. NAP +1,61 m. De maaiveldhoogte ten tijde van het landmeetwerk (2021-2022) van NAP +1,59 á +1,64 m. Een overzicht van de maaiveld dalingen zijn weergegeven in Tabel 15-2.

Tabel 15-2: Maaiveld dalingen dijkvak 12.

Locatie	Aanleghoogte (d.d. 2004) [m+NAP]	Hoogte AHN3 (d.d. 2019) [m+NAP]	Verschil AHN3 t.o.v. aanleghoogte [m]	Verschil AHN3 t.o.v. AHN2 [m]
S2	+2,15 ^[1]	+1,66	0,49 m	0,09 m
HA_2	+2,15 ^[1]	+1,49	0,66 m	0,13 m
S3	+2,40 ^[1]	+1,82	0,58 m	0,03 m

[1] Gebaseerd op aanleg dwarsprofiel 2 en 3. De eindhoogte was geprognostiseerd op NAP +2,00 m.

Ter plaatse van S2, HA_2 en S3 is de zetting meer dan de overhoogte. De opgetreden zetting is nagenoeg het dubbele. Deze maaiveld dalingen zijn inclusief bodemdaling door gaswinning. Deze bodemdaling betreft in dit gebied 2 á 3 cm per 10 jaar⁵.

Er is een kalibratie gedaan voor de zettingsberekening. Daarbij is bezien of met het aanpassen van de parameters een goede aansluiting gevonden kan worden met de meetgegevens. In de TUN zijn de parameters van de meeste grondsoorten vastgelegd, voor veen staat nog de kruipparameter open. De verwachting op basis van literatuur is dat deze ligt tussen $c = 0,01$ en $0,022$.

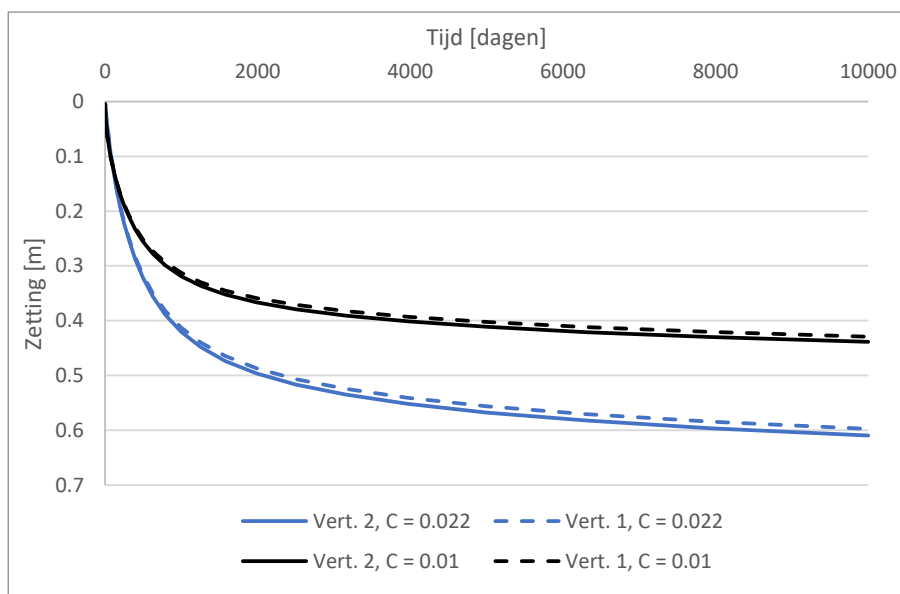
Bijlage 5 is dijkvak 12 weergegeven met de versterking die is gedaan in 2004. Daarbij is de zetting berekend op twee locaties van de kruin. Er is gerekend met twee verschillende waarden voor de c-parameter. De berekende zettingen zijn weergegeven in Figuur 15-4. Te zien is dat de berekende zettingen variëren van 0,45 tot 0,60 m. Op basis van de kalibraties van dijkvak 9A, 9B,

⁵ De bodemdaling is bepaald door de bodemdalingscontour van 2018 te vergelijken met de prognose van 2025.

10 en 11A sluiten de berekeningen met $c = 0,015$ het beste aan bij de totale zetting zoals gemeten in Tabel 15-2. Deze waarden worden derhalve gebruikt in de zettingsprognoses.

In de kalibratie gelden de volgende aandachtspunten:

- Uitgangspunt is aanleg conform bestektekening 2004. Afwijkingen zijn niet meegenomen.
- Er is niet gecompenseerd voor eventuele zettingen die zijn opgetreden in uitvoeringsperiode.
- Zettingen in het ophoogmateriaal (klei) zijn niet berekend. De software D-settlement gaat namelijk uit van onsamendrukbaar ophoogmateriaal.
- Wisselende omstandigheden zijn niet meegenomen. Zo geldt de zomer van 2018 als zeer droog. Deze heeft vermoedelijk een deel van de zetting veroorzaakt.
- Bodemdaling door processen als veenoxidatie zijn niet meegenomen. De software D-settlement gaat namelijk uit van de theorie van abc-isotache, NEN-Bjerrum of Koppejan. Deze omvatten geen veenoxidatie.
- De zettingsberekeningen geven in de periode tussen 2009 en 2019 een andere bodemdaling dan het verschil tussen AHN2 en AHN3. In alle gevallen is de werkelijke zetting groter dan de opgetreden zetting. Verschil wordt gewijt aan bovenstaande zaken.



Figuur 15-4: Dijkvak 12, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Zettingsanalyse – prognose SO

De eindhoogte dient NAP +2,0 m te zijn. Uitgangspunt in de berekeningen is ophogen met een zandkern en een afdeklaag van klei (dikte 0,5 m). De schematisatie en rekenresultaten zijn weergegeven in bijlage 5. De resultaten zijn samengevat hieronder.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,13 á 0,28 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,46 á 0,47 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Zettingsanalyse – prognose VO

In het VO is het grondgebruik verder geoptimaliseerd met een 1:2 talud. Deze optimalisatie is meegenomen in de zettingsberekeningen. De resultaten zijn samengevat hieronder. Onderstaande resultaten zijn de berekende zettingen voor het definitieve geotechnische ontwerp.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,10 á 0,19 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,39 á 0,42 m.

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is ca. NAP + 2,55 m.
- Opleverhoogte ca. 0,40 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +2,40 m.

15.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

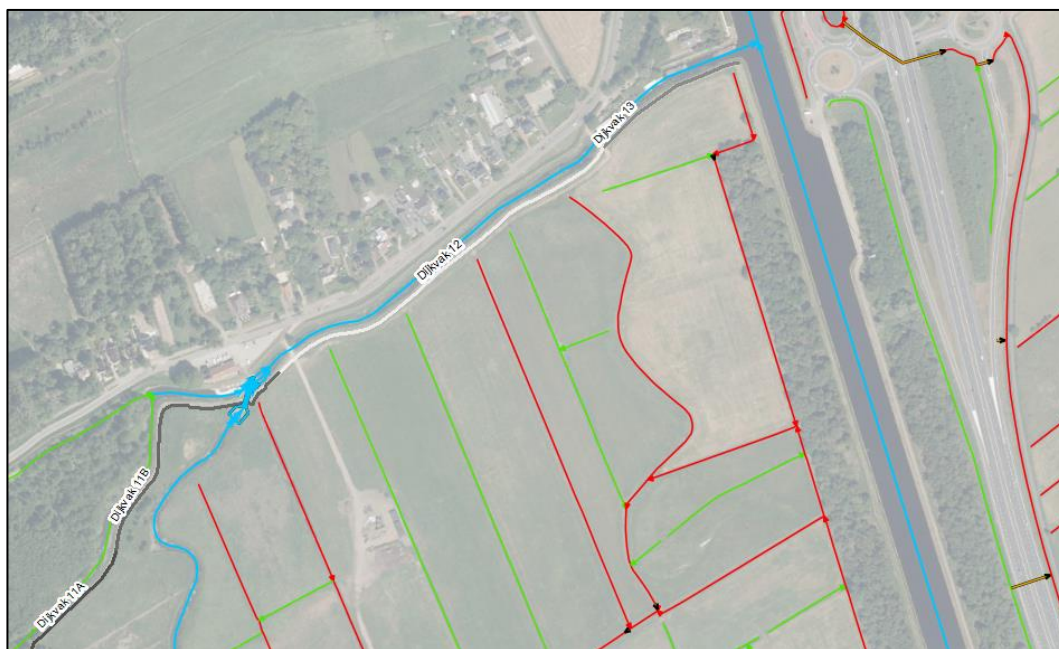
Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Aan de oostzijde van het dijkvak doorkruist een middenspanningsleiding de kade.

Kunstwerken

Binnen dijkvak 12 zijn geen kunstwerken / duikers aanwezig. In Figuur 15-5 is een overzicht gegeven van de situatie.



Figuur 15-5: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 12 zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

16 Dijkvak 13

16.1 Algemeen

Dijkvak 13 ligt in landelijk gebied. Dit dijkvak is weergegeven in figuur 16-1.

Het grondgebruik van de huidige kering is een groene kering met op de kruin een breed onverhard pad op de kruin.

Op deze locatie speelt de volgende opgave:

- Hoogte.

Vanuit het voorkeursalternatief is gekozen om het bestaande dijklichaam op te hogen. Daarbij is een versterking voorgenomen richting de polderzijde (zuid).



figuur 16-1: Overzichtstekening dijkvak 13.

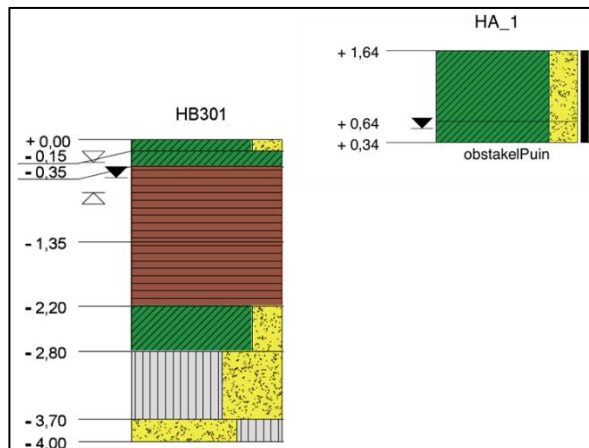
Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald op basis van het aanwezige grondonderzoek. Dit is opgenomen in:

- HB301 (Wiertsema & Partners, 2020);
- S1 en HA_1 (Wiertsema & Partners, 2022);
- BHR000000130358 (dinoloket).

Ter plaatse van dit dijkvak zijn twee relevante onderzoekspunten weergegeven in figuur 16-2. De slechtdoorlatende lagen zijn aangetroffen in boring HB301 tot NAP -2,8 m. De nabije boring

BHR000000130358 toont een veenlaag tot een diepte van NAP -2,99 m. In de sondering S1 zijn venige lagen aanwezig van NAP +0,9 m tot NAP -2,4 m. De onderzijde van de slechtdoorlatende lagen liggen op NAP -3,2 m.



figuur 16-2: Aanwezig grondonderzoek.

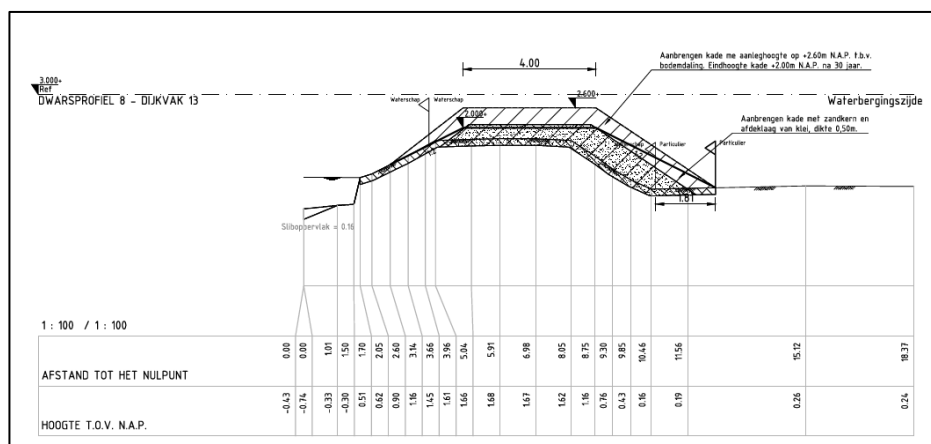
16.2 Versterkingsontwerp

Geometrisch ontwerp

Het SO ontwerp kent slechts één variant, deze is weergegeven in Bijlage 3. Aandacht gaat uit naar de opgetreden zetting en de benodigde zettingscompensatie. Dit is ingepast middels een zettingsanalyse waarbij is aangesloten op de opgetreden bodemdaling.

In de SO fase is het versterkingsontwerp vastgesteld voor dit dijkvak met een 1:3 talud. Dit ontwerp is in de VO fase nogmaals doorgerekend. Hieruit bleek verdere optimalisatie met een 1:2 talud haalbaar. Een herberekening is daarom uitgevoerd voor het definitieve VO ontwerp waarbij zowel de geotechnische stabiliteit als de zettingen zijn beschouwd.

Het VO ontwerp voor deze variant is weergegeven in figuur 16-3. De hoogte aan het einde van de levensduur is NAP +2,0 m. De aanleghoogte is hoger. De hoogte midden in de levensduur ligt daar tussenin. De resultaten staan vermeld onder de kopjes voor zetting en stabiliteit voor zowel het SO als het VO.



figuur 16-3: VO Dwarsprofiel van voorgenomen versterking.

16.3 Geotechnisch ontwerp

Pipinganalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op piping. Daarbij was het oordeel voldoende. Het voorliggende ontwerp is evengoed of beter dan de huidige situatie. Het oordeel van het voorliggende ontwerp is derhalve voldoende.

Stabiliteitsanalyses

Dit dijkvak is in (Arcadis, 2020) getoetst op stabiliteit. Daarbij was het oordeel voldoende. Het voorliggende ontwerp is evengoed of beter dan de huidige situatie.

Bij diverse dijkvakken speelt het risico van opbarsten, dit weegt zwaar mee in de beoordeling. Er is alleen sprake van een risico op opbarsten wanneer de stijghoogte onder de veenlaag hoger is dan het waterpeil in het Friescheveen. In het achterland is het Paterswoldemeer aanwezig, deze beïnvloedt de regionale grondwaterstroming. In dit gebied is sprake van slechtdoorlatende lagen in het voorland en ter plaatse van het Friescheveen en een (zeer) dik watervoerend pakket. Daardoor is de invloed van een hoogwater op de stijghoogte gering. Voor dijkvak 11A is een gedetailleerde grondwaterberekening uitgevoerd. Daaruit blijkt dat de invloed van het Paterswoldermeer zo groot is, dat opbarsten op voorhand uitgesloten kan worden. Deze conclusies zijn overgenomen voor dit dijkvak. Daarom is in de stabiliteitsanalyses gerekend zonder opbarsten.

Het Versterkingsontwerp is beoordeeld aan de hand van een stabiliteitsberekening in D-GEO Suite Stability v2021 voor stabiliteit binnenwaarts (STBI) en stabiliteit buitenwaarts (STBU). Resultaten zijn weergegeven voor het Schets Ontwerp (SO) en vervolgens met 1:2 talud optimalisaties voor het Voorlopig Ontwerp (VO). In Tabel 16-1 is hiervan een overzicht gegeven. De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2.

Tabel 16-1: Resultaten toetsing Versterkingsontwerp STBI en STBU dijkvak 13

Variant	Situatie	Versterkingsmaatregel	Vereiste stabiliteitsfactor	STBI	STBU
SO	Hoogwater		1,03 (0,86)	1,38	
	Val na hoog water		1,03 (0,86)		1,21

VO	Hoogwater Val na hoog water 1:2 talud		1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,26	1,14
----	---	--	----------------------------	------	------

Op basis van de kalibraties van dijkvak 9A, 9B, 10 en 11A sluiten de berekeningen met $c = 0,015$ het beste aan bij de totale zetting. Deze waarden zijn toegepast in de zettingsprognoses voor dijkvak 13.

Zettingsanalyse – prognose SO

De eindhoogte dient NAP +2,0 m te zijn. Uitgangspunt in de berekeningen is ophogen met een zandkern en een afdeklaag van klei (dikte 0,5 m). De schematisatie en rekenresultaten zijn weergegeven in bijlage 5. De resultaten zijn samengevat hieronder.

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,10 á 0,29 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,42 á 0,44 m.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Zettingsanalyse – prognose VO

In het VO is het grondgebruik verder geoptimaliseerd met een 1:2 talud. Deze optimalisatie is meegenomen in de zettingsberekeningen. De resultaten zijn samengevat hieronder. Onderstaande resultaten zijn de berekende zettingen voor het definitieve geotechnische ontwerp.

De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022).

Berekende zettingen zijn als volgt:

- Periode uitvoering tot aan oplevering (circa na 3 maanden): 0,11 á 0,23 m.
- Periode oplevering tot 30 jaar na dato: 0,38 á 0,45 m.

Advies:

- Aanleghoogte tijdens uitvoering is ca. NAP + 2,60 m
- Opleverhoogte ca. 0,45 m hoger dan eindhoogte.
Opleverhoogte is derhalve NAP +2,45 m.

16.4 Toetsing NWO's, kunstwerken en langsconstructies

NWO's

Rondom de kering van Lappenvoort zijn meerdere NWO's aanwezig.

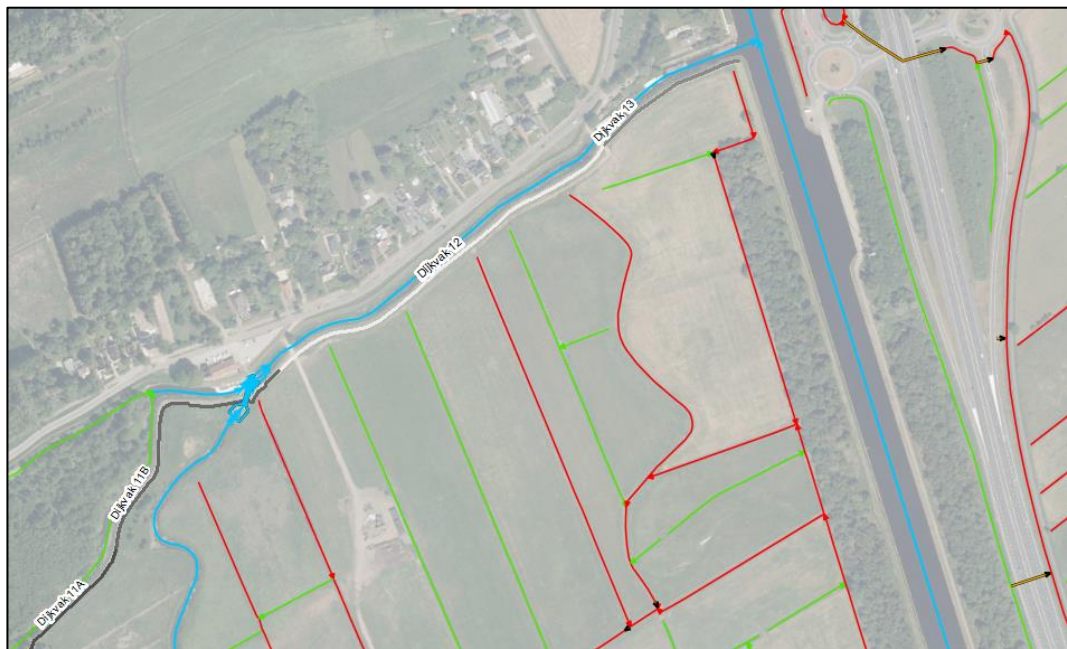
Een voorname categorie betreft bomen die op korte afstand uit de kering staan. Binnen het ontwerp worden deze geïnventariseerd. Bomen die aanwezig zijn ter plaatse van het voorgenomen grondverzet worden verwijderd.

Een andere categorie NWO's betreft kabels en leidingen. Beoordeling hiervan vindt plaats in een separaat traject.

Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen is weergegeven in bijlage 1. Aan de westzijde van het dijkvak doorkruist een middenspanningsleiding de kade. Daarnaast wordt de kade gekruist door een waterleiding. Dit is door de opdrachtgever geverifieerd bij het waterbedrijf. Het waterbedrijf heeft aangegeven dat er geen knelpunten te verwachten zijn.

Kunstwerken

Binnen dijkvak 13 zijn geen kunstwerken / duikers aanwezig. In Figuur 16-4 is een overzicht gegeven van de situatie.



Figuur 16-4: Aanwezige kunstwerken, conform openbare legger Hunze en Aa.

Langsconstructies

Binnen dijkvak 13 zijn geen langsconstructies, zoals damwanden of beschoeiing, aanwezig.

17 Analyse uitvoeringsfase

17.1 Algemeen

Er is een doorkijk gemaakt naar de uitvoeringsfase. Daarbij is het doel een verantwoord ontwerp. Daarnaast is gekeken of dit ontwerp uitvoerbaar is.

De kade versterking wordt gerealiseerd. Na realisatie wordt deze opgeleverd. In de eerdere analyses is gesteld dat de oplevering ca. 100 dagen na start van de uitvoering in een specifiek dijkvak is. De gemaakte analyses in dit hoofdstuk betreffen deze eerste dagen. Dit betreft met name de stabiliteit van de kering.

17.2 Voorgenomen werkwijze

De voorgenomen werkwijze heeft invloed op de stabiliteit. De volgende uitgangspunten zijn aangehouden:

- Uitvoering vindt plaats onder dagelijkse omstandigheden, zonder inzet van de waterberging.
- Uitvoering gaat uit van een gefaseerde ophoging. Daarbij wordt de grond in lagen aangebracht en verdicht.
- Er wordt een overhoogte aangebracht in het kader van zettingen tijdens de uitvoeringsfase.
- Ophogen en verdichten vindt plaats in slagen van 0,4 m met een ophoogsnelheid van maximaal 1 m per week.
- Na ophogen volgt een periode van ca. 3 maanden rusten waarna een afwerkslag volgt waarbij wordt geprofileerd en gezaaid voor de oplevering.
- In de uitvoeringsfase wordt gewerkt met rijdend materieel. Dit materieel is aanwezig boven op de recent versterkte kering. Het type materieel is afgestemd met Aannemer Bouwhuis GWW.

Een volledig overzicht van de technische uitgangspunten is opgenomen in de TUN (Antea Group, 2022).

17.3 Resultaten

Uit de analyses blijkt dat het ontwerp robuust is. Direct na ophogen is het grondmassief afdoende stabiel. De invloed van rijdend materieel heeft een negatieve invloed op de stabiliteit. Dat komt doordat het voorgenomen materieel zwaarder (hydraulische graafmachines) is dan het materieel waarop de kering is ontworpen (alleen inspectie voertuigen).

Uit de analyses blijkt dat de locaties met een zandige ondergrond of met een geringe ophoging afdoende robuust zijn om het materieel te dragen. Locaties met een grote ophoging en met veel zettingsgevoelige lagen heeft een geringere draagkracht. Op deze locaties is de sterkte van de kering niet zonder meer afdoende voor het voorgenomen materieel.

In afstemming met Aannemer Bouwhuis GWW is gezocht naar een optimalisatie. Op de kwetsbare locaties wordt met lichter materieel gewerkt. De voorgenomen werkwijze omvat een 38 tons kraan. Op de kwetsbare locaties wordt gewerkt met een 25 tons kraan. Ten einde de belasting optimaal te spreiden heeft deze brede rupsen (0,8 m breed). Tabel 17-1 toont de resultaten van deze optimalisatie.

Tabel 17-1 Maximale kraanbelasting uitvoeringsfase

Locatie	Opleverhoogte	Maximale Kraanbelasting
1	+2,10	38 ton
9A	+2,20	38 ton
9B	+2,15	38 ton
10	+2,30	38 ton
11A	+2,60	25 ton
12	+2,40	25 ton
13	+2,45	25 ton

18 Samenvatting

Samenvatting Stabiliteit

Uit de stabiliteitsberekeningen volgt dat (na optimalisatie) aan de gespecificeerde stabiliteitseisen wordt voldaan onder maatgevende omstandigheden. Resultaten zijn weergegeven in Tabel 18-1.

Tabel 18-1: Resultaten toetsing stabiliteit

Locatie	Vereiste stabiliteitsfactor	STBI	STBU	Maximaal Talud [-]	STBI	STBU	Talud [-]
		SO			VO		
1	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,47	1,15	1:2	1,43	1,32	1:2
9A	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,40	1,20	1:3	1,11	1,11	1:2
9B	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,39	1,37	1:3	1,04	1,44	1:2
10	0,88 0,91	1,31	1,11	1:3	1,01	1,09	1:3
11A	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,53	1,44	1:3	1,30	1,21	1:2
12	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,51	1,31	1:3	1,15	1,07	1:2
13	1,03 (0,86) 1,03 (0,86)	1,38	1,21	1:3	1,26	1,14	1:2

Samenvatting Zettingsanalyse

Uit de resultaten van de VO-prognose blijkt dat de toe te passen overhoogte varieert van 0,05 m tot 0,60 m. De aanleghoogte, opleverhoogte, normhoogte met de gehanteerde taludhelling zijn weergegeven in Tabel 18-2.

Tabel 18-2: Resultaten toetsing zettingsanalyse

Locatie	Normhoogte [mNAP]	Opleverhoogte (oplevering) [mNAP]	Overhoogte [m]	Aanleghoogte (realisatie) [mNAP]	Talud [-]
1	+2,00	+2,10	0,10	+2,25	1:2
2	+2,00	+2,10	0,10	+2,10	1:3
5	+1,80	+1,85	0,05	+1,85	1:3
6	+1,80	+2,00	0,20	+2,00	1:3
8	+2,00	+2,05	0,05	+2,05	1:3
9A	+2,00	+2,20	0,20	+2,35	1:2
9B	+2,00	+2,15	0,15	+2,30	1:2
10	+2,00	+2,30	0,30	+2,50	1:3
11A	+2,00	+2,60	0,60	+2,80	1:2
11B	Buiten scope i.v.m. EVZ Meerweg				1:2
12	+2,00	+2,40	0,40	+2,55	1:2
13	+2,00	+2,45	0,45	+2,60	1:2

Samenvatting uitvoeringsfase

Uit de berekeningen van de uitvoeringsfase blijkt dat voor de dijkvakken 11A, 12 en 13 tijdens de afwerking geen 38-tons kraan kan worden ingezet. Geadviseerd wordt om voor deze dijkvakken een 25-tons variant in te zetten, zodat aan de stabiliteitseisen wordt voldaan.

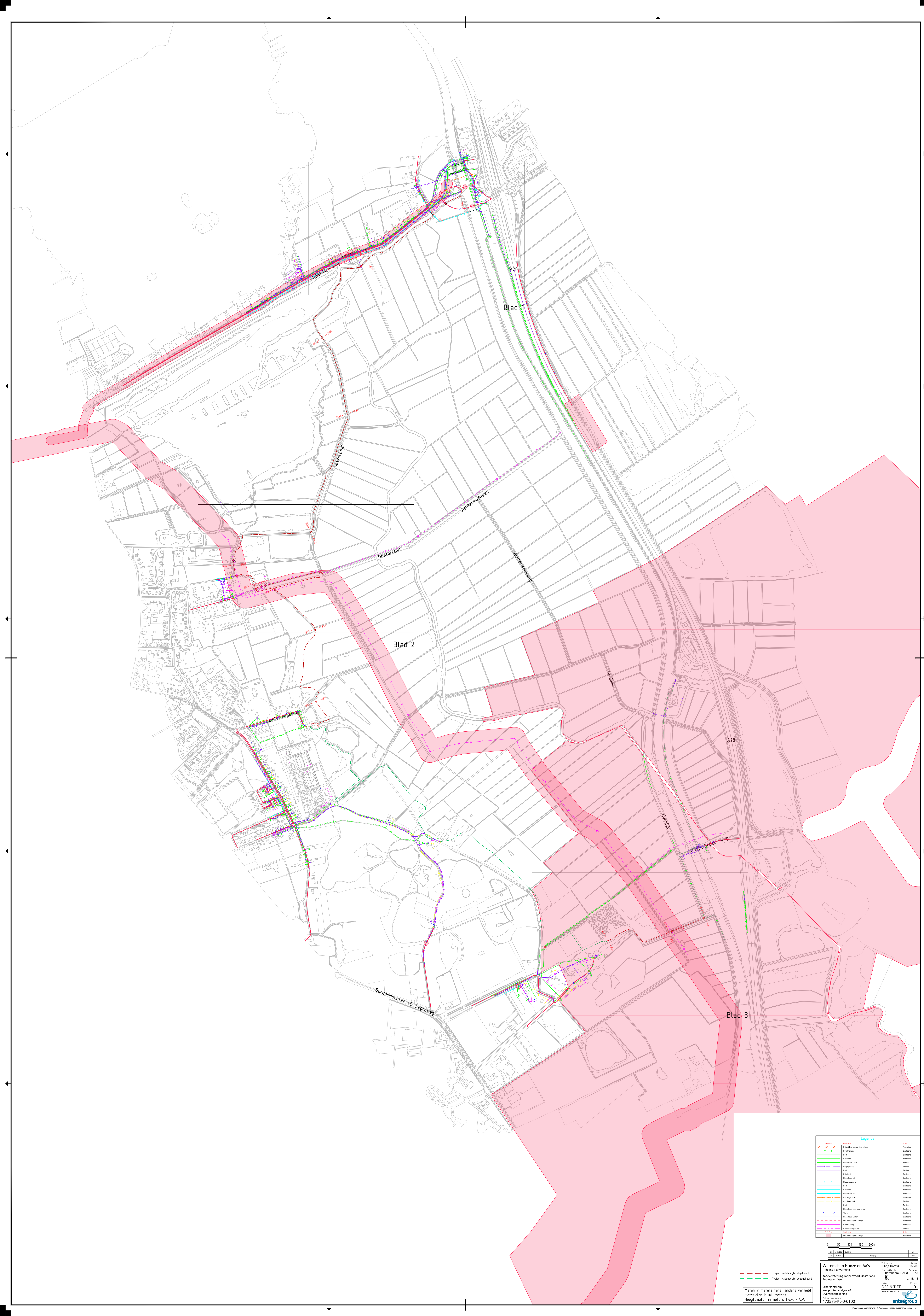
19 Bibliografie

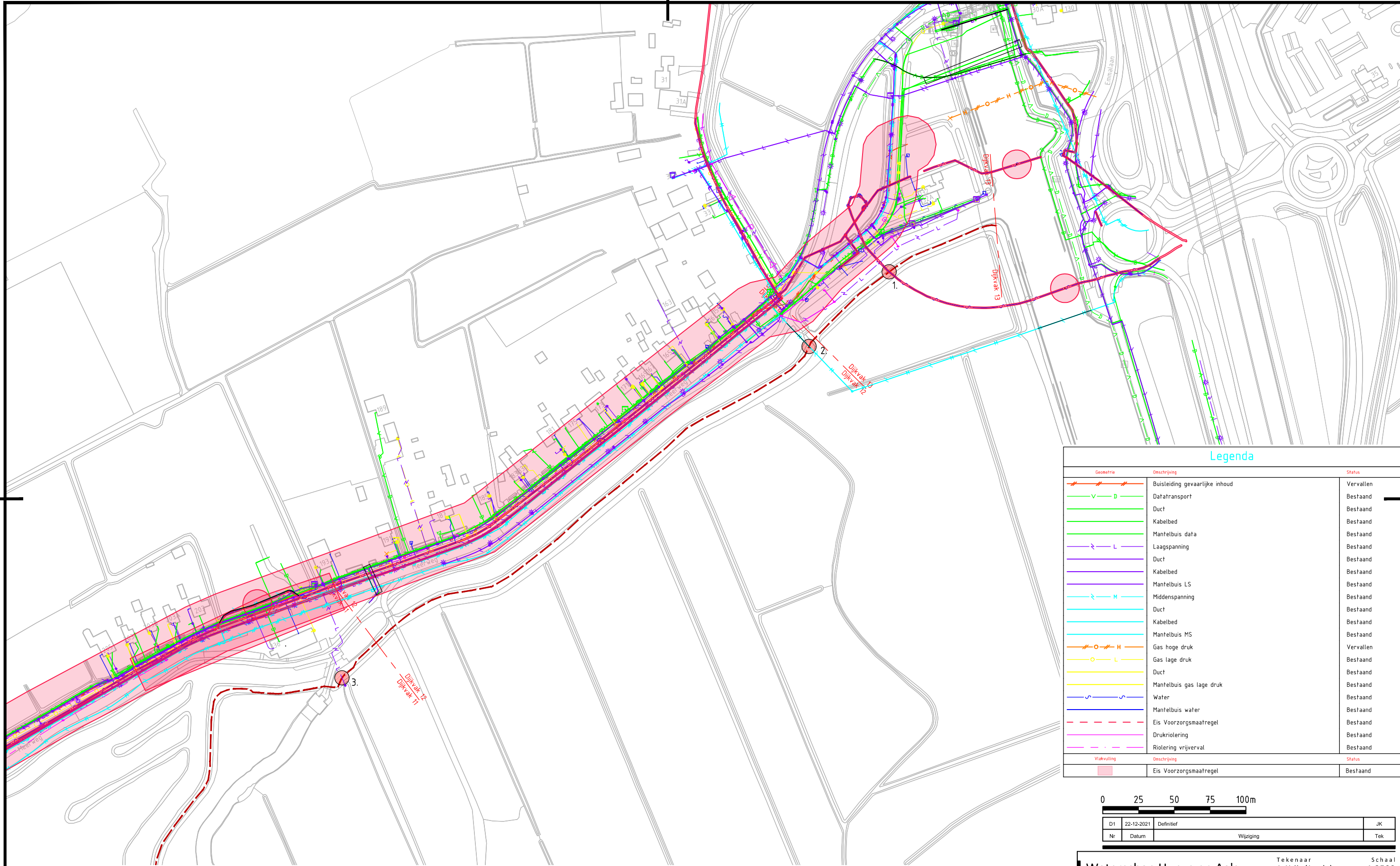
- Antea Group. (2019). *190222-435621-memo-Inspectie oeverbescherming Aa* .
- Antea Group. (2019). *Analyse bomen; risico waardering bomen op kade*.
- Antea Group. (2022). *Technische Uitgangspunten Notitie, kadeversterking Lappenvoort-Oosterland*.
- Antea Group. (2022). *Zettingen en beïnvloeding persleiding - dijkvak 6*.
- Arcadis. (2020). *Toetsing waterkering polder Lappenvoort - Oosterland*.
- Cyclomedia. (sd). *Street Smart*. Opgeroepen op 6 4, 2019, van <https://streetsmart.cyclomedia.com/streetsmart>
- Hunze en Aa. (2021). *Beheerdersoordeel waterkering Polder Lappenvoort-Oosterland*.
- Hunze en Aa. (2022). *Beheerdersoordeel waterkering Polder Lappenvoort-Oosterland*.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (2007). *Voorschrift toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen* .
- Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. (2015). *Leidraad toetsen op veiligheid Regionale waterkeringen*. STOWA.
- STOWA. (2015). *Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen Module E: Niet waterkerende objecten*. Amersfoort.
- Waternet. (2015). *Review AGV en Omegam proevenverzameling*.
- Waternet. (2019). *Update regionale proevenverzameling beheergebied AGV*.
- Waterschap Amstel Gooi en Vecht. (2016). *Regionale proevenverzameling - Sterkteparameters ondergrond beheergebied AGV*.
- Waterschap Hunze en Aa's. (2021). *Ontwerpbasis/Uitgangspuntennotitie Waterveiligheid; kenmerk: 880/01*.
- Wiertsema & Partners. (2020). *Geotechnisch onderzoek, Lappenvoort - Oosterland, kadeversterking te Eelde*.
- Wiertsema & Partners. (2022). *Geotechnisch onderzoek, Kadeversterking Lappenvoort - Oosterland te Paterswolde*.

Bijlage 1 KLIC-melding

Overzichtstekening kabels en leidingen in het projectgebied

Bijlage 1 KLIC-melding





1. Knelpunt: kruising waterleiding met werkzaamheden kade
2. Knelpunt: kruising middenspanning met werkzaamheden kade
3. Knelpunt: kruising laagspanning met werkzaamheden kade

--- Traject kadehoogte afgekeurd
--- Traject kadehoogte goedgekeurd

Maten in meters tenzij anders vermeld
Materialen in millimeters
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

Legenda

Geometrie	Omschrijving	Status
	Buisleiding gevaarlijke inhoud	Vervallen
	Datafransport	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis data	Bestaand
	Laagspanning	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis LS	Bestaand
	Middenspanning	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis MS	Bestaand
	Gas hoge druk	Vervallen
	Gas lage druk	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Mantelbuis gas lage druk	Bestaand
	Water	Bestaand
	Mantelbuis water	Bestaand
	Eis Voorzorgsmaatregel	Bestaand
	Drukriolering	Bestaand
	Riolering vrijval	Bestaand
	Eis Voorzorgsmaatregel	Bestaand

0 25 50 75 100m

D1	22-12-2021	Definitief	JK
Nr	Datum	Wijziging	Tek

Waterschap Hunze en Aa's
Afdeling Planvorming

Kadeversterking Lappenvoort Oosterland
Bouwteamfase

Schetsontwerp
Knelpuntenanalyse K&L
Blad 1
Tekeningnummer
472575-KL-0-0101

Tekenaar
J. Krijt (Jordy)

Projectleider
H. Rozeboom (Henk)

Status
DEFINITIEF
www.anteagroup.nl

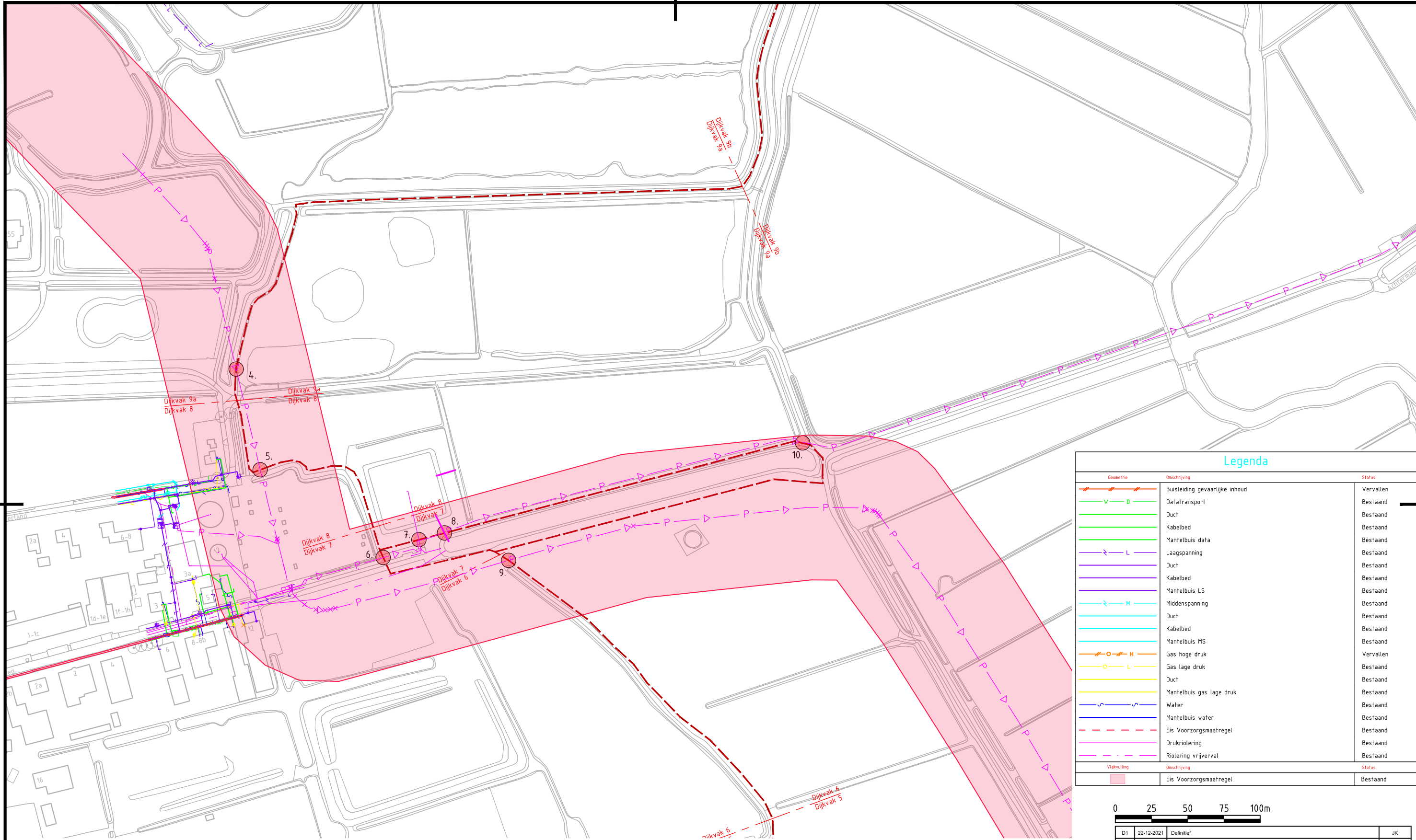
Schaal
1:2500

Formaat
A3

1 IN 3

Wijz.n.r.
D1

anteagroup

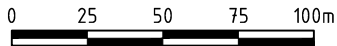


- 4. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
- 5. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
- 6. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
- 7. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone en riolering vrijverval met werkzaamheden kade
- 8. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone en riolering vrijverval met werkzaamheden kade
- 9. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
- 10. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade

--- Traject kadehoogte afgekeurd
--- Traject kadehoogte goedgekeurd

Maten in meters tenzij anders vermeld
Materialen in millimeters
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

Legenda		
Geometrie	Omschrijving	Status
	Buisleiding gevaarlijke inhoud	Vervallen
	Data transport	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis data	Bestaand
	Laagspanning	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis LS	Bestaand
	Middenspanning	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis MS	Bestaand
	Gas hoge druk	Vervallen
	Gas lage druk	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Mantelbuis gas lage druk	Bestaand
	Water	Bestaand
	Mantelbuis water	Bestaand
	Eis Voorzorgsmaatregel	Bestaand
	Drukriolering	Bestaand
	Riolering vrijverval	Bestaand
	Eis Voorzorgsmaatregel	Bestaand



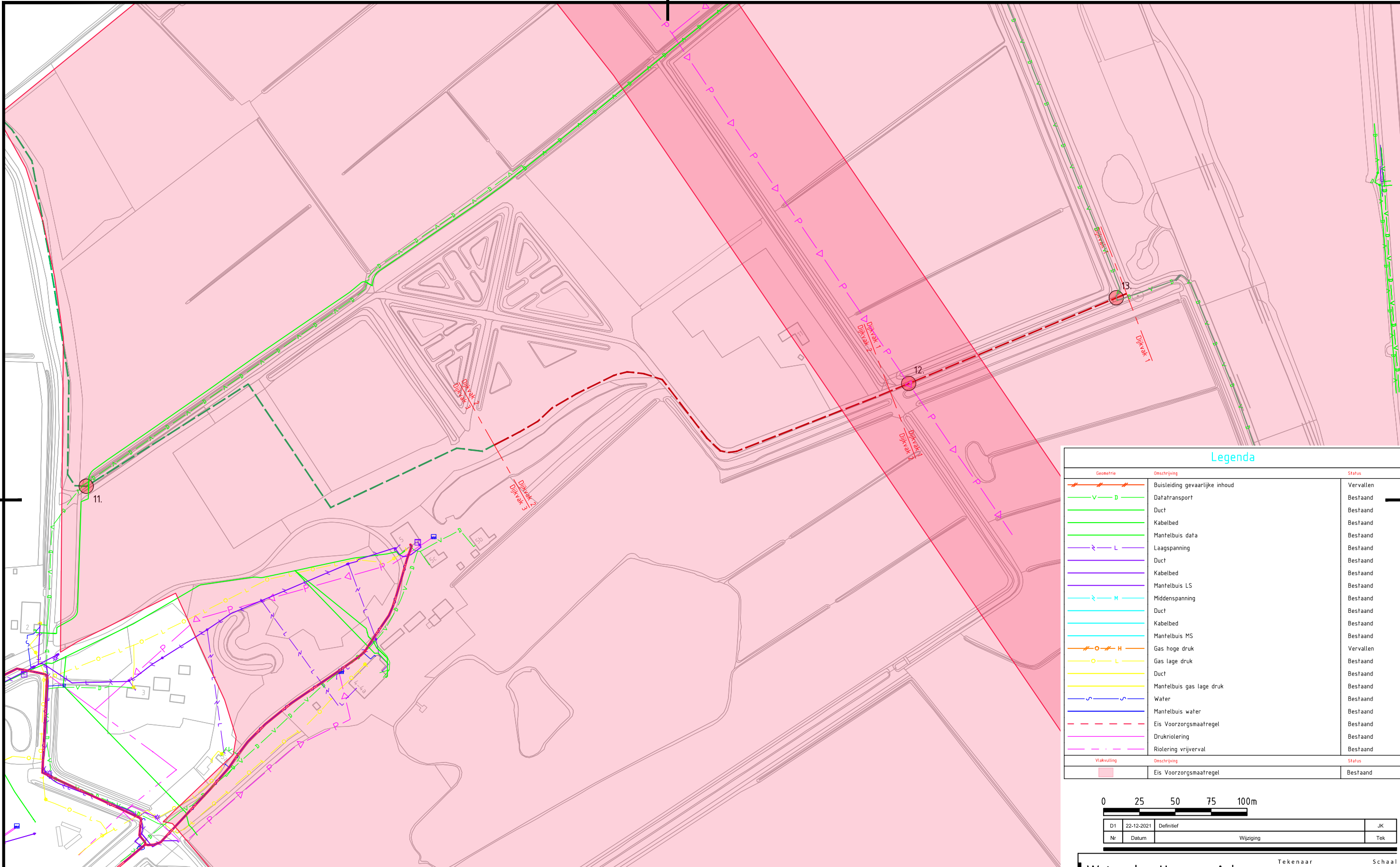
D1	22-12-2021	Definitief	JK
Nr	Datum	Wijziging	Tek

Waterschap Hunze en Aa's
Afdeling Planvorming
Kadeversterking Lappenvoort Oosterland
Bouwteamfase

Schetsontwerp
Knelpuntenanalyse K&L
Blad 2
Tekeningnummer
472575-KL-0-0102

Tekenaar
J. Krijt (Jordy)
Projectleider
H. Rozeboom (Henk)
Status
DEFINITIEF
www.anteagroup.nl
Schaal
1:2500
Formaat
A3
2 IN 3
Wijz.n.r.
D1





11. Knelpunt: kruising 2x datakabels met werkzaamheden kade
12. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
13. Knelpunt: kruising datakabel met werkzaamheden kade

Algemeen knelpunt: Werken in grondwaterbeschermingsgebied en waterwingebied

- Traject kadehoogte afgekeurd
--- Traject kadehoogte goedgekeurd

Maten in meters tenzij anders vermeld
Materialen in millimeters
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

Legenda		
Geometrie	Omschrijving	Status
	Busleiding gevaarlijke inhoud	Vervallen
	Datafransport	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis data	Bestaand
	Laagspanning	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis LS	Bestaand
	Middenspanning	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis MS	Bestaand
	Gas hoge druk	Vervallen
	Gas lage druk	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Mantelbuis gas lage druk	Bestaand
	Water	Bestaand
	Mantelbuis water	Bestaand
	Eis Voorzorgsmaatregel	Bestaand
	Drukriolering	Bestaand
	Riolering vrijverval	Bestaand
	Omschrijving	Status
	Eis Voorzorgsmaatregel	Bestaand

0 25 50 75 100m

D1	22-12-2021	Definitief	JK
Nr	Datum	Wijziging	Tek

Waterschap Hunze en Aa's
Afdeling Planvorming
Kadeversterking Lappenvoort Oosterland
Bouwteamfase

Schetsontwerp
Knelpuntenanalyse K&L
Blad 3
Tekeningnummer
472575-KL-0-0103

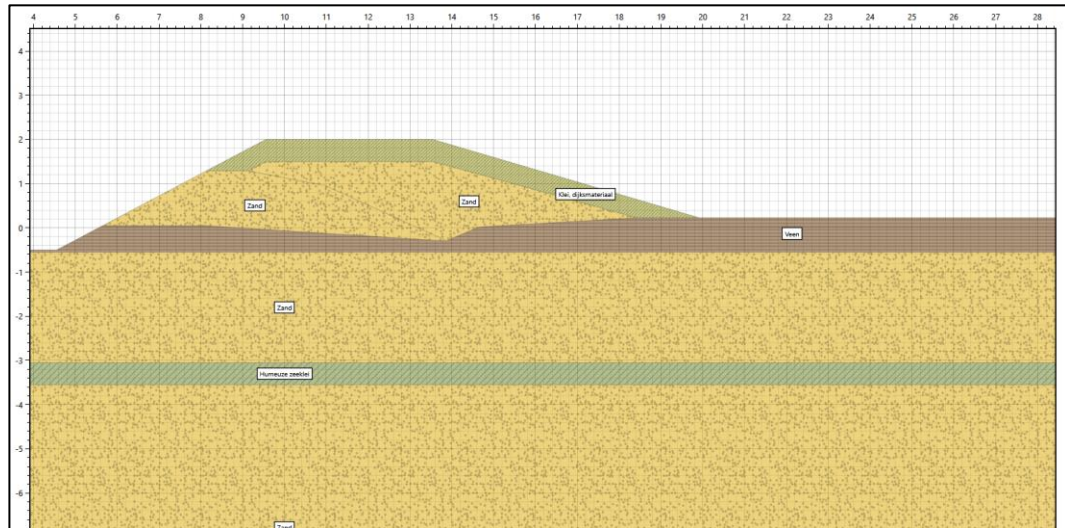
Tekenaar
J. Krijt (Jordy)
Projectleider
H. Rozeboom (Henk)
Status
DEFINITIEF
www.anteagroup.nl
Schaal
1:2500
Formaat
A3
3 IN 3
Wijz.n.r.
D1
anteagroup

Bijlage 2 D-Geo Stability berekeningen

STBI + STBU

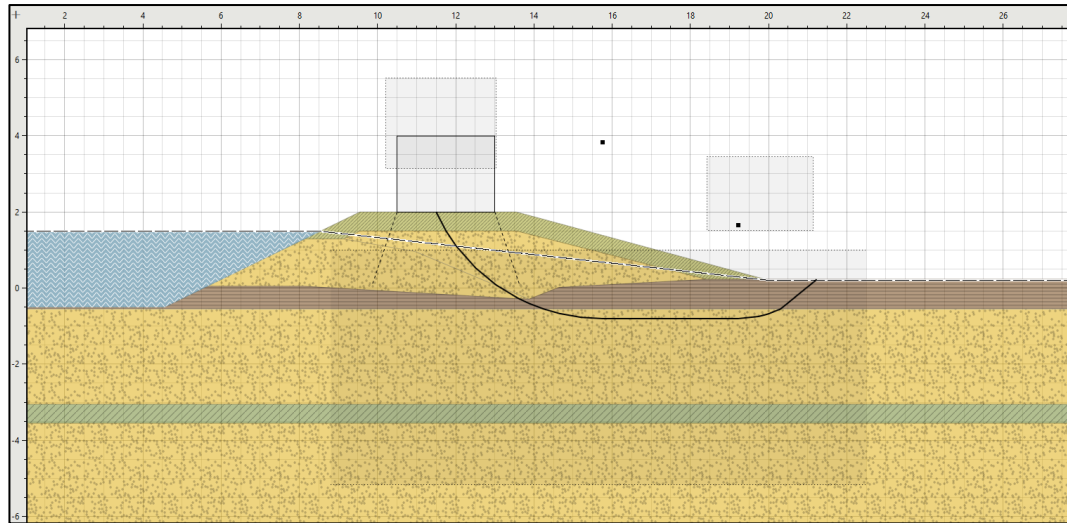
Bijlage 2 D-Geo Stability berekeningen

Binnen deze sectie zijn de stabiliteitsberekeningen opgenomen. De kleurcodering voor de grondsoorten is in figuur 2.0.1 weergegeven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen dijkmateriaal (klei), humeuze klei, veen en zand. Het dijkmateriaal (klei) bestaat uit klei (dikte 0,5 m).



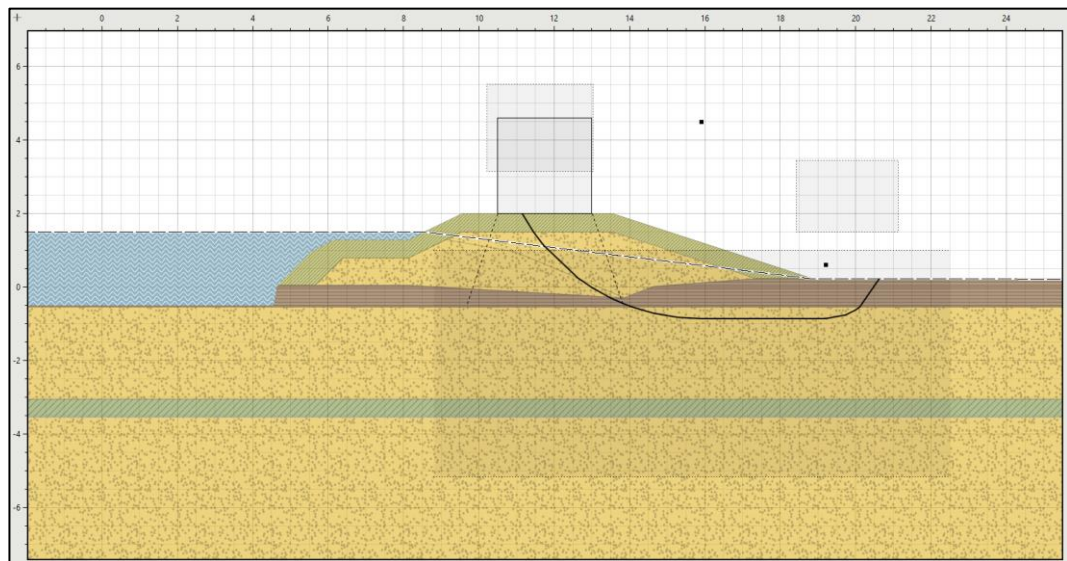
Figuur B2.0.1: Voorbeeld dwarsprofiel Dijkvak 1.

Berekeningen stabiliteit binnenwaarts (STBI)



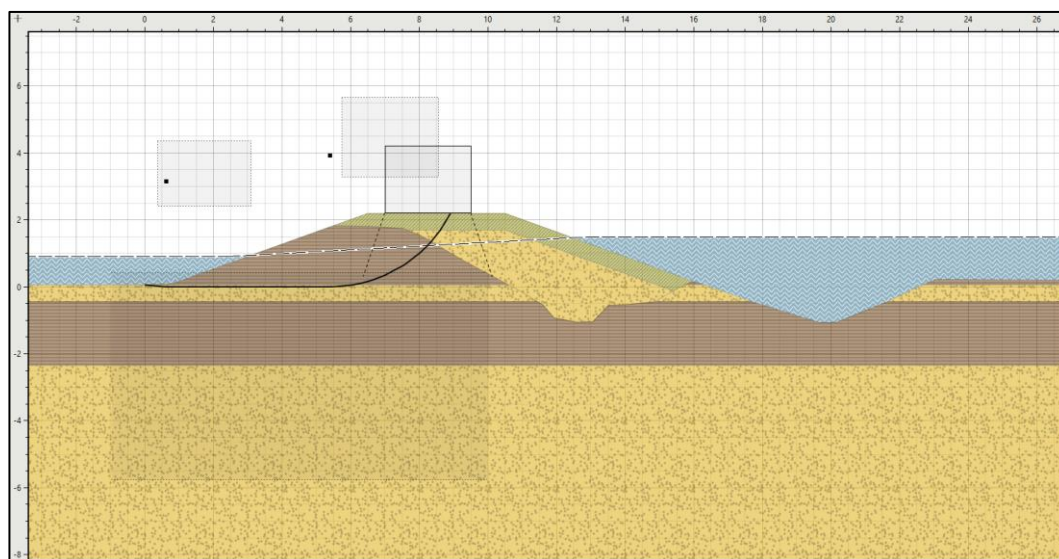
Figuur B2.1.1: Dijkvak 1 SO, STBI, variant verlegging kering, Berekende SF = 1,47.

In de analyse is de laag veen als doorlatende laag geschematiseerd. Dit omdat de omschrijving in boring HA_16-L is "Veen, sterk zandig". Daarnaast ligt de laag nagenoeg geheel boven winterpeil. Tenslotte is de laag in de nabij boringen HA_14-L en HA_15-L zeer gering qua dikte (0,3 en 0,4 m dik).

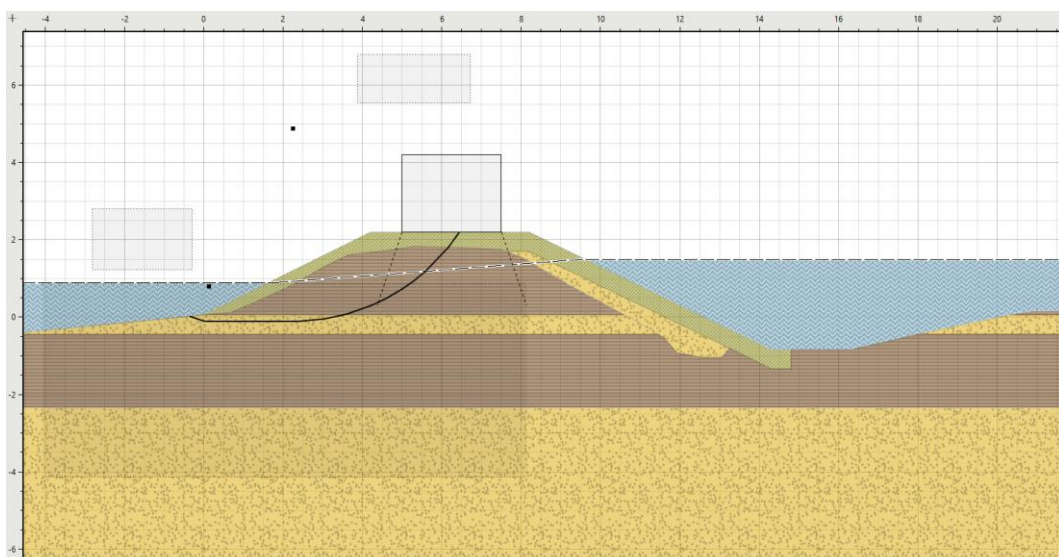


Figuur B2.1.1: Dijkvak 1 VO, STBI, variant verlegging kering, Berekende SF = 1,43.

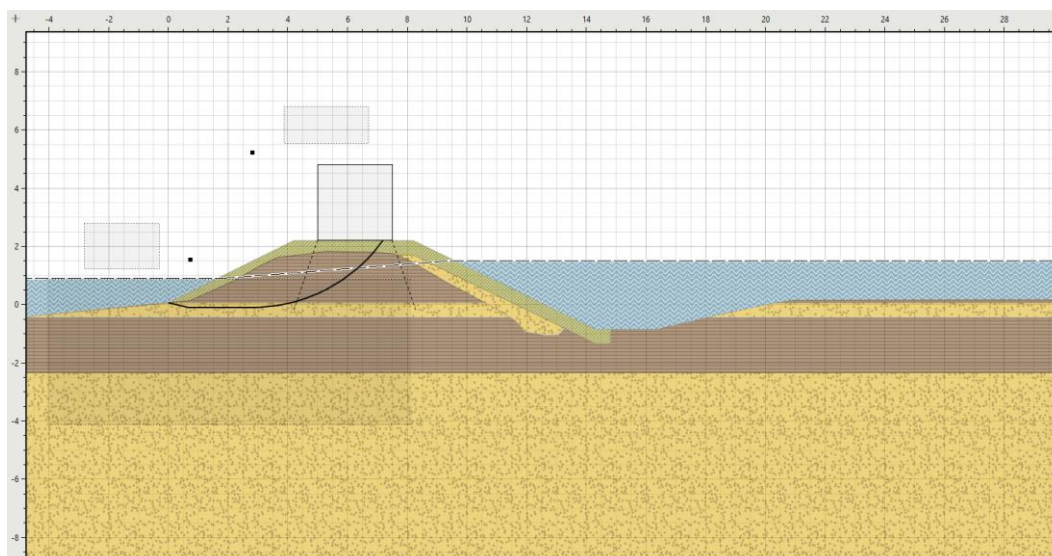
In de analyse is de laag veen als doorlatende laag geschematiseerd. Dit omdat de omschrijving in boring HA_16-L is "Veen, sterk zandig". Daarnaast ligt de laag nagenoeg geheel boven winterpeil. Tenslotte is de laag in de nabij boringen HA_14-L en HA_15-L zeer gering qua dikte (0,3 en 0,4 m dik).



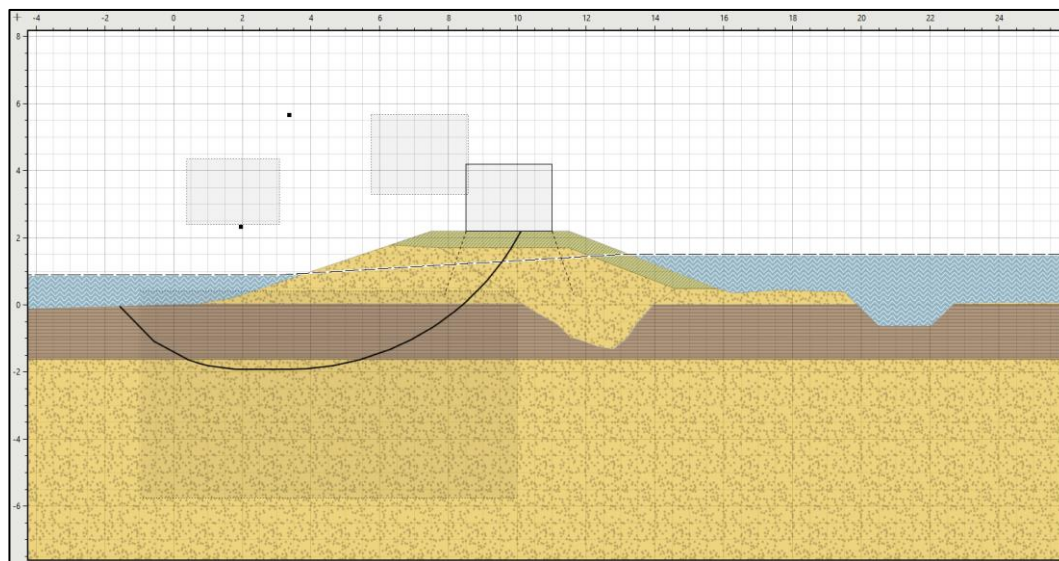
Figuur B2.1.2: Dijkvak 9A, STBI SO, variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,40.



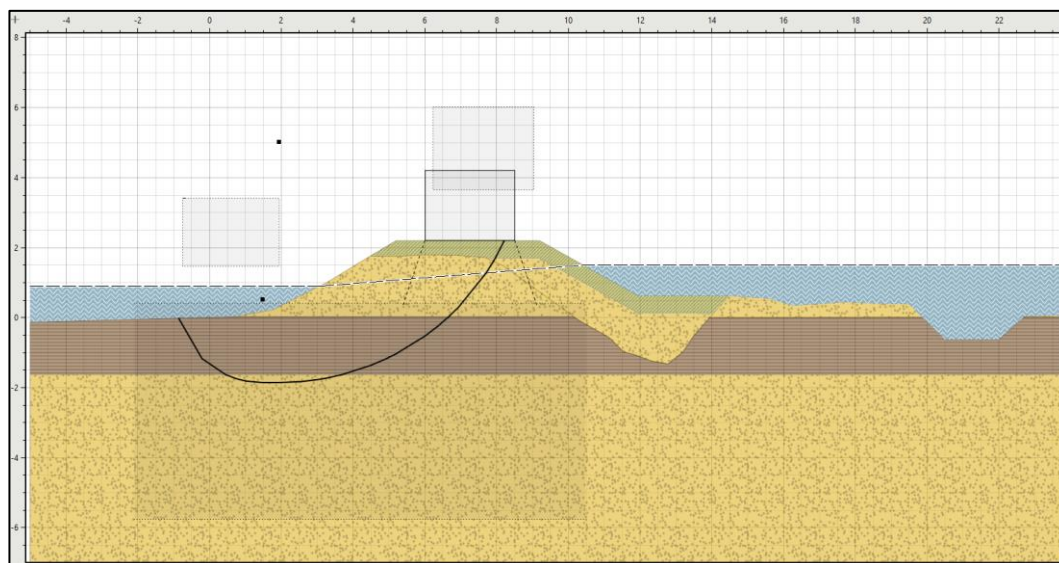
Figuur B2.1.2: Dijkvak 9A, STBI VO, variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,51.



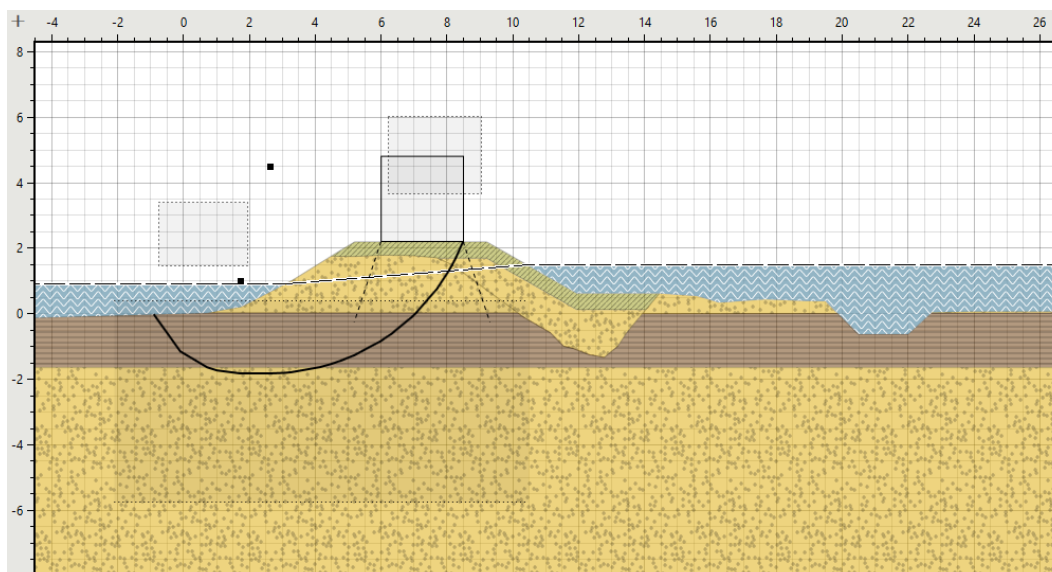
Figuur B2.1.2: Dijkvak 9A, STBI VO, variant met versterking in grond (klei) met een verkeersbelasting van 13 kN/m². Berekende SF = 1,11.



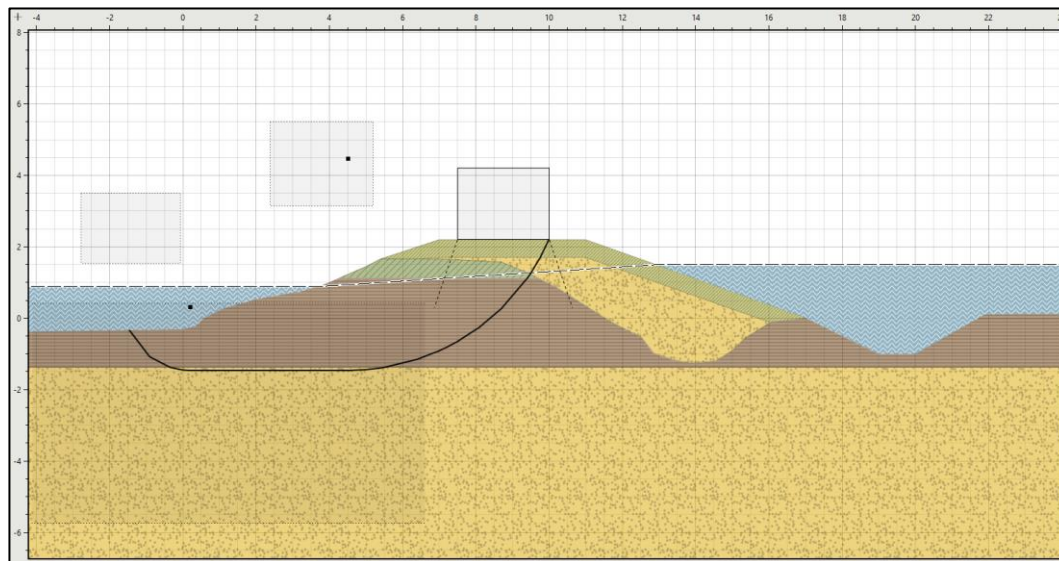
Figuur B2.1.3: Dijkvak 9B SO (optie 2), STBI, variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,39.



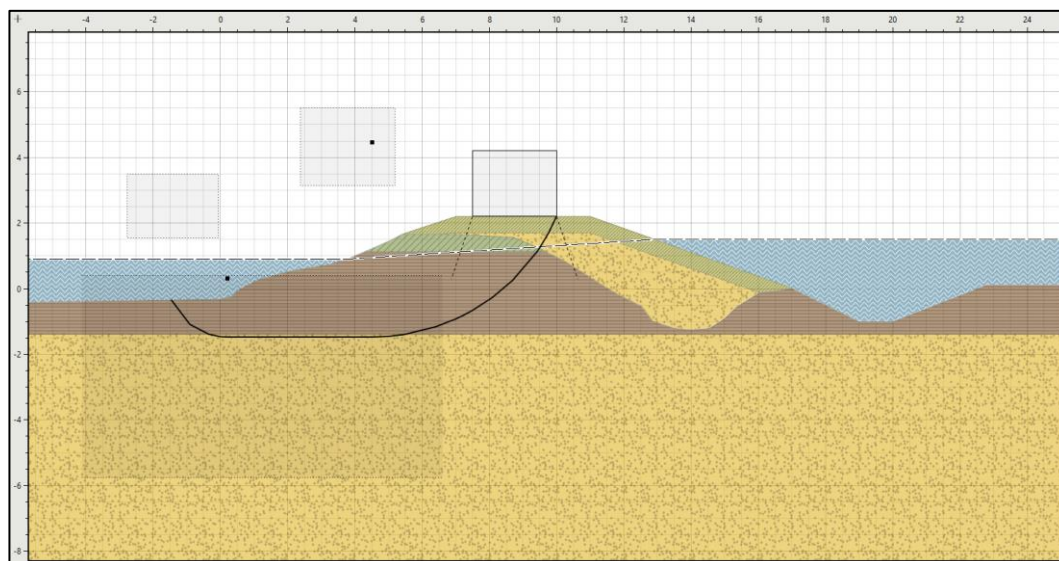
Figuur B2.1.3: Dijkvak 9B VO (optie 2), STBI, variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,19.



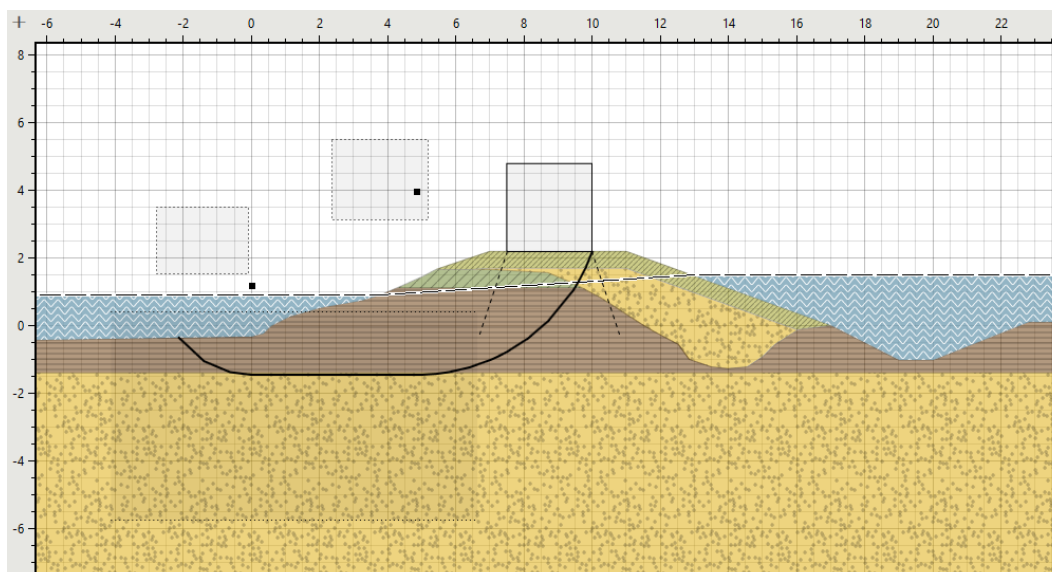
Figuur B2.1.3: Dijkvak 9B VO (optie 2), STBI, variant met versterking in grond (klei) met een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 . Berekende SF = 1,04.



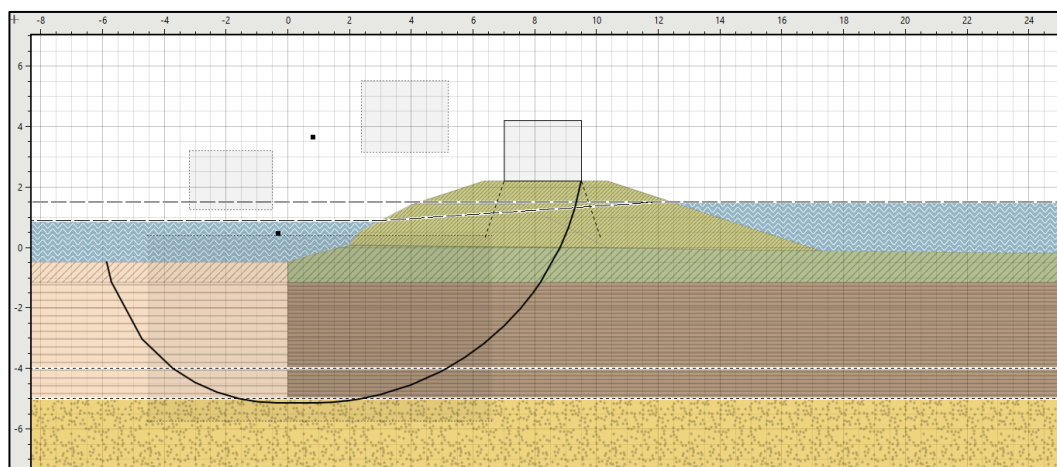
Figuur B2.1.4: Dijkvak 10 SO, STBI, variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,31.



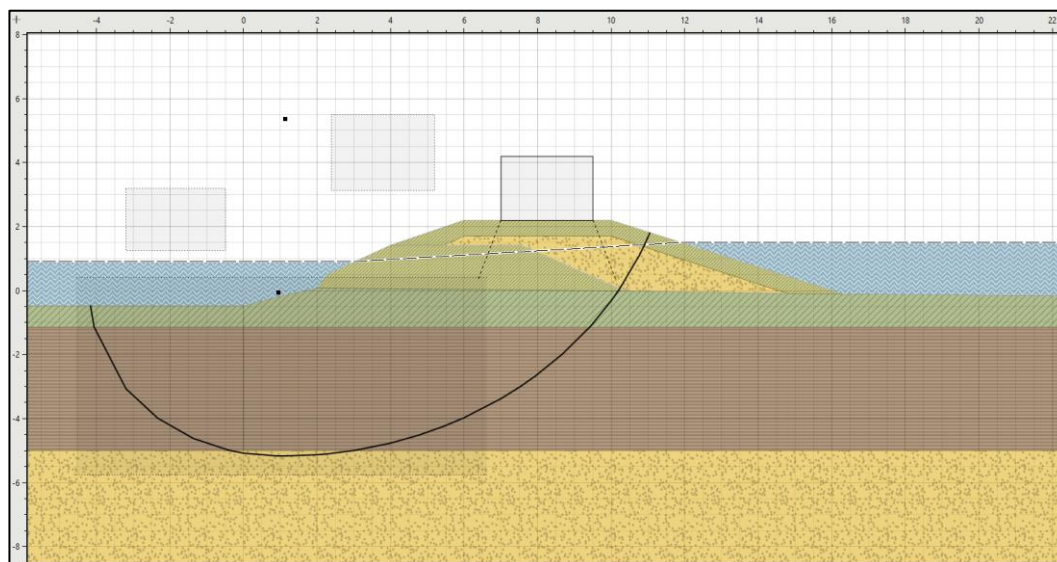
Figuur B2.1.4: Dijkvak 10 VO, STBI, variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,29.



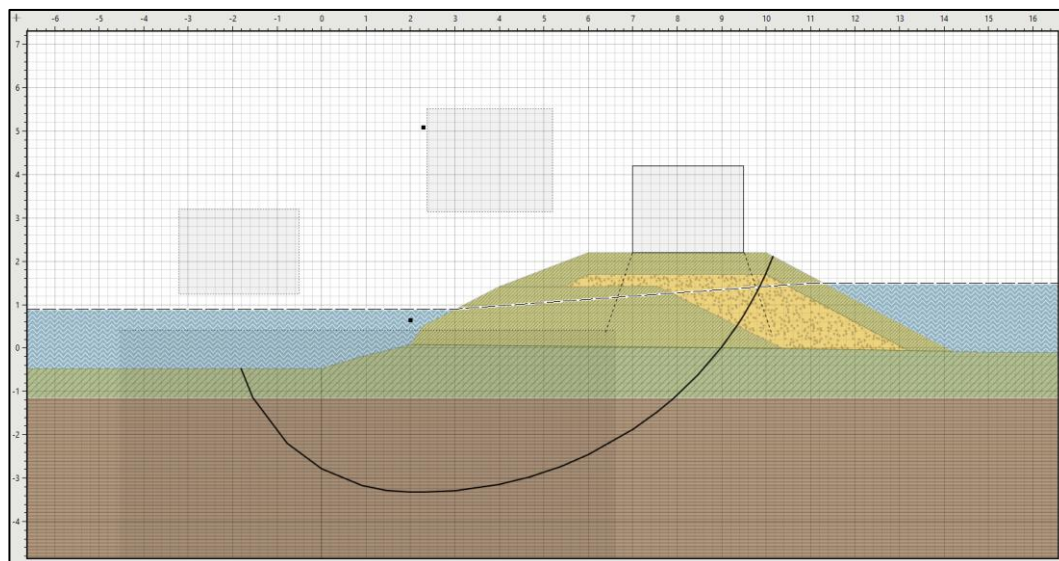
Figuur B2.1.4: Dijkvak 10 VO, STBI, variant met versterking in grond (klei) met een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 . Berekende $SF = 1,01$.



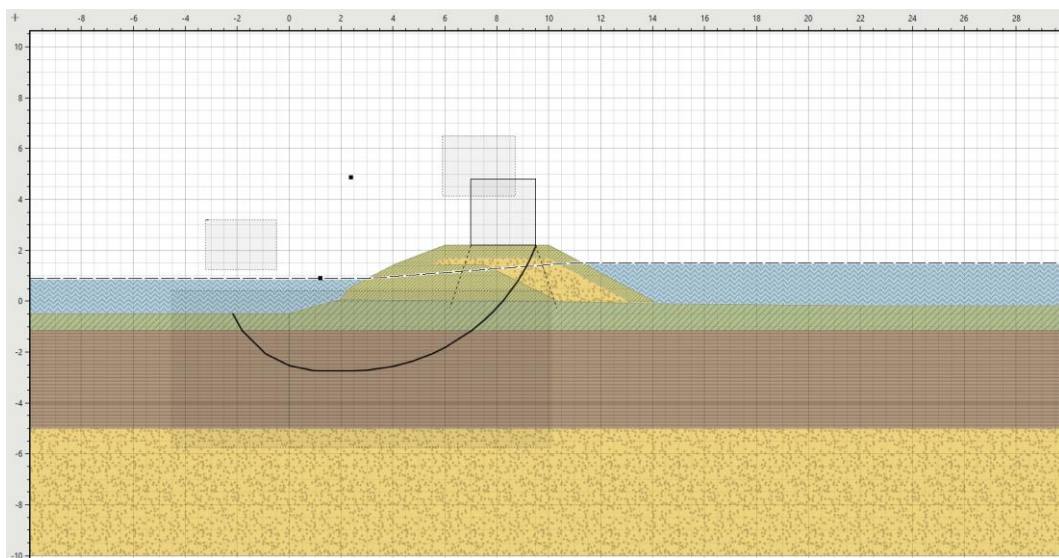
Figuur B2.1.5: Dijkvak 11A SO; opbarsten, STBI, variant met versterking in grond (klei), opbarsten ter plaatse van binnenzijde meegenomen. Berekende SF = 0,90.



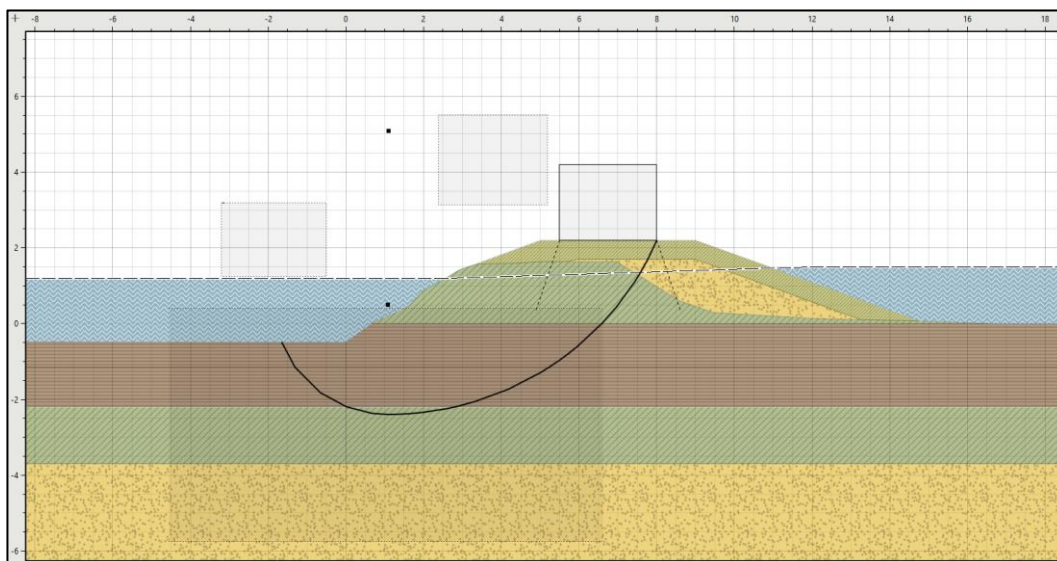
Figuur B2.1.5: Dijkvak 11A SO, STBI, variant met versterking in grond (klei). Zonder opbarsten ter plaatse van binnenzijde. Berekende SF = 1,53.



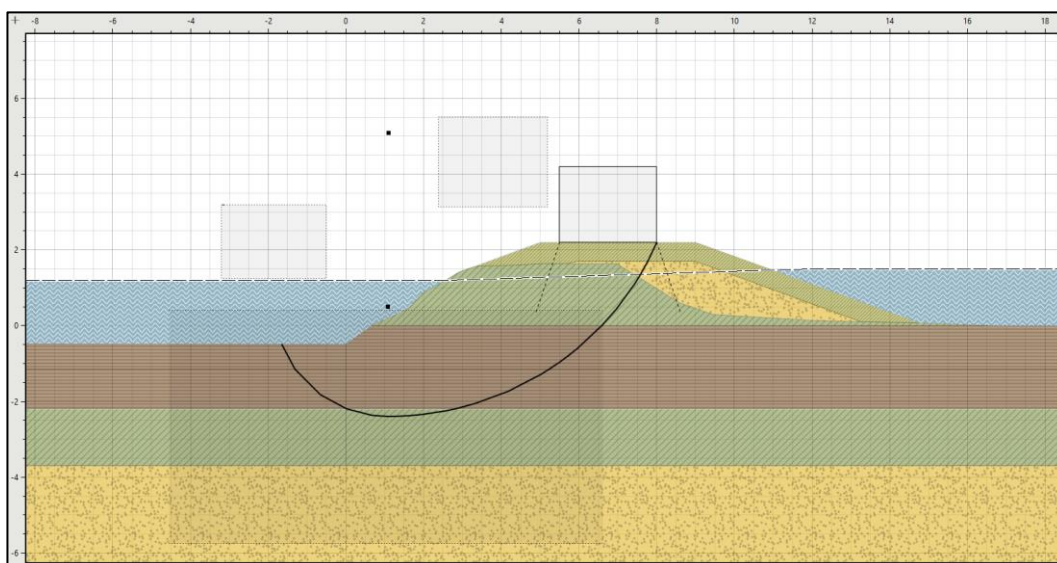
Figuur B2.1.5: Dijkvak 11A VO, STBI, variant met versterking in grond (klei). Zonder opbarsten ter plaatse van binnenzijde. Berekende SF = 1,53.



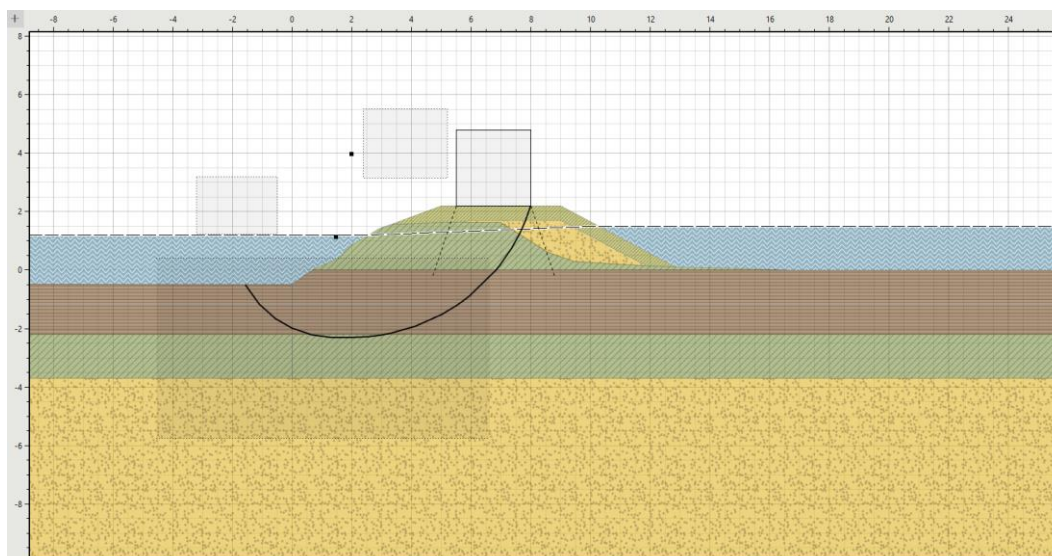
Figuur B2.1.5: Dijkvak 11A VO, STBI, variant met versterking in grond (klei). Zonder opbarsten ter plaatse van binnenzijde met een verkeersbelasting van 13 kN/m². Berekende SF = 1,30.



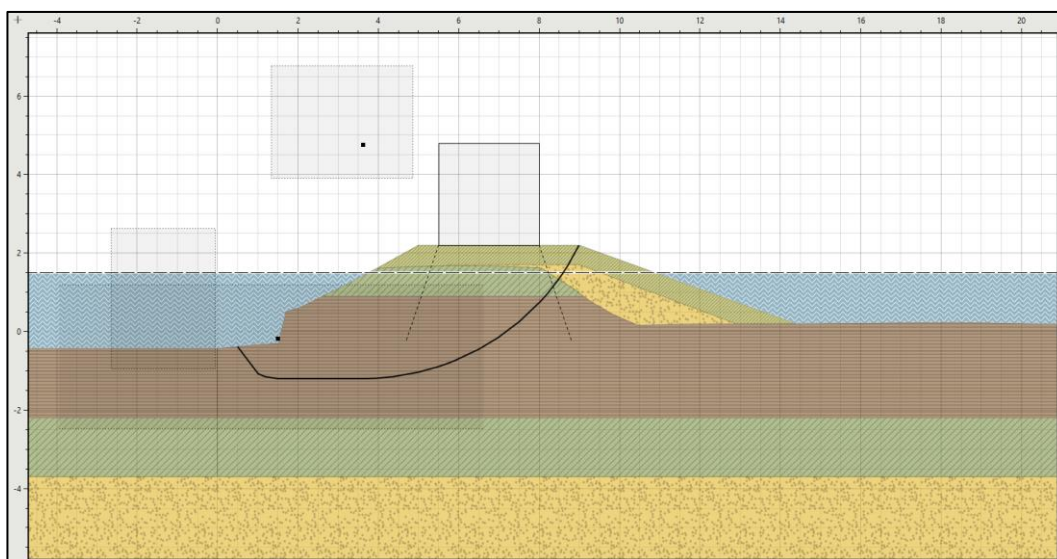
Figuur B2.1.6: Dijkvak 12, STBI, variant met versterking in grond (klei), Zonder opbarsten ter plaatse van binnenzijde meegenomen. Berekende SF = 1,51.



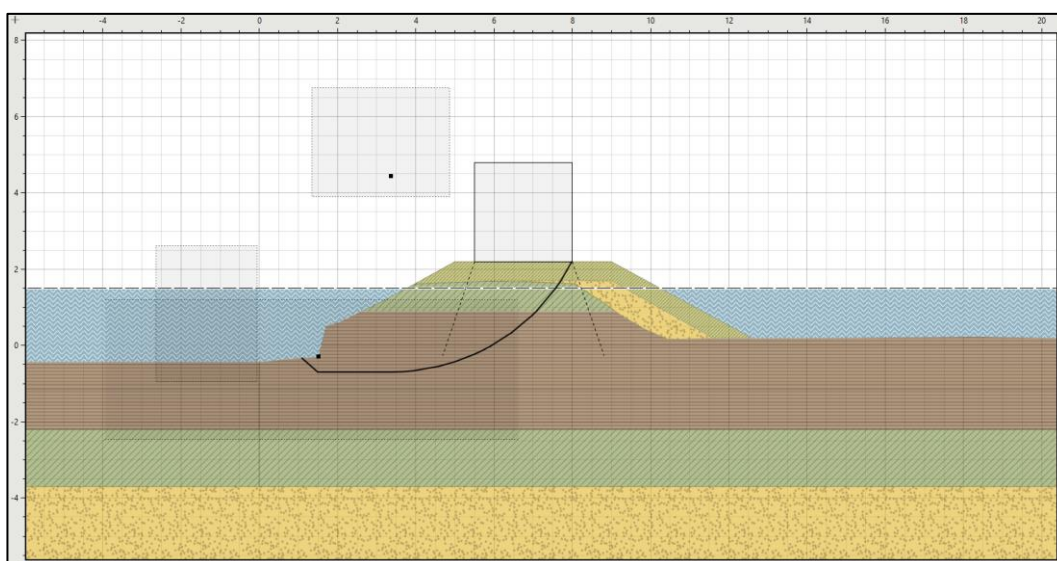
Figuur B2.1.6: Dijkvak 12, STBI, variant met versterking in grond (klei), Zonder opbarsten ter plaatse van binnenzijde meegenomen. Berekende SF = 1,48.



Figuur B2.1.6: Dijkvak 12, STBI, variant met versterking in grond (klei), Zonder opbarsten ter plaatse van binnenzijde meegenomen met een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 . Berekende $SF = 1,15$.

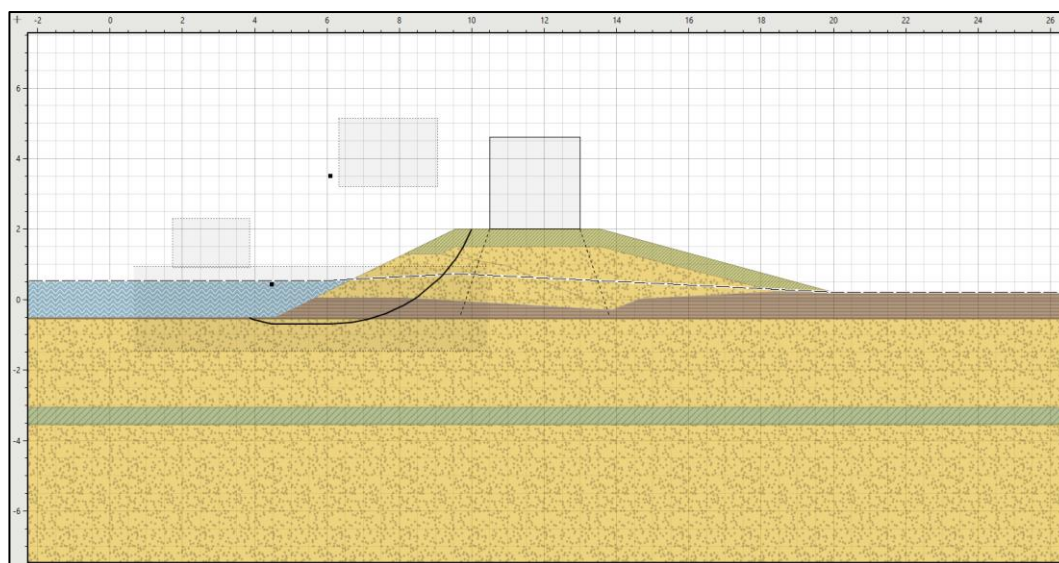


Figuur B2.1.7: Dijkvak 13, STBI, variant met versterking in grond (klei), Zonder opbarsten ter plaatse van binnenzijde meegenomen. Berekende SF = 1,38.

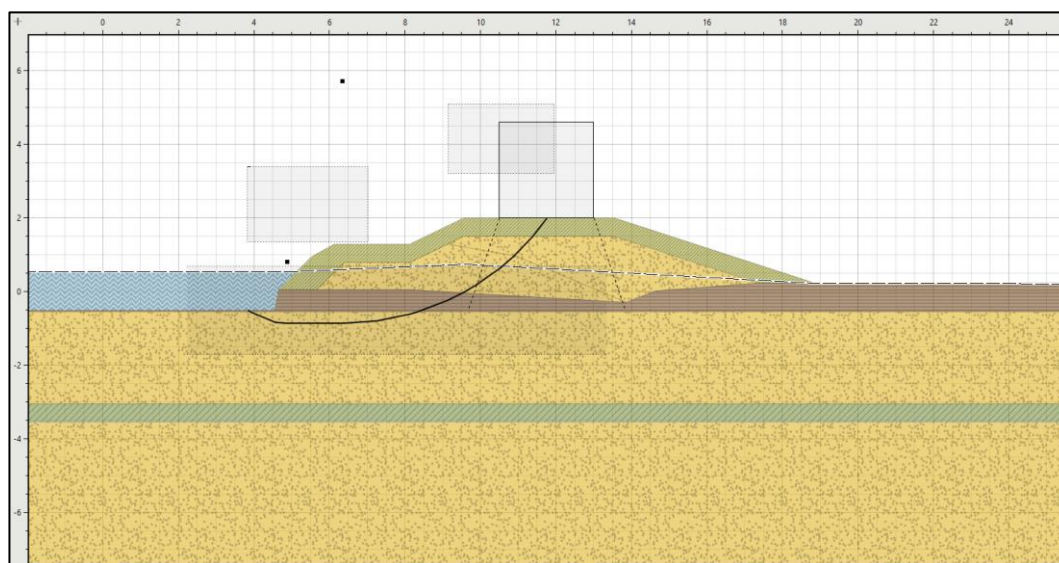


Figuur B2.1.7: Dijkvak 13, STBI, variant met versterking in grond (klei), Zonder opbarsten ter plaatse van binnenzijde meegenomen. Berekende SF = 1,26.

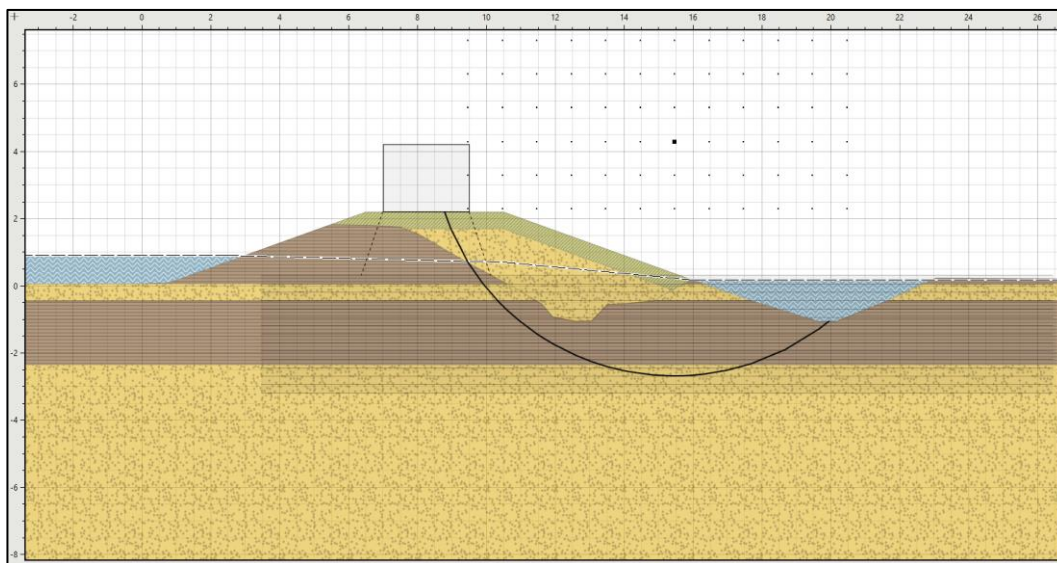
Berekeningen stabiliteit buitenwaarts (STBU)



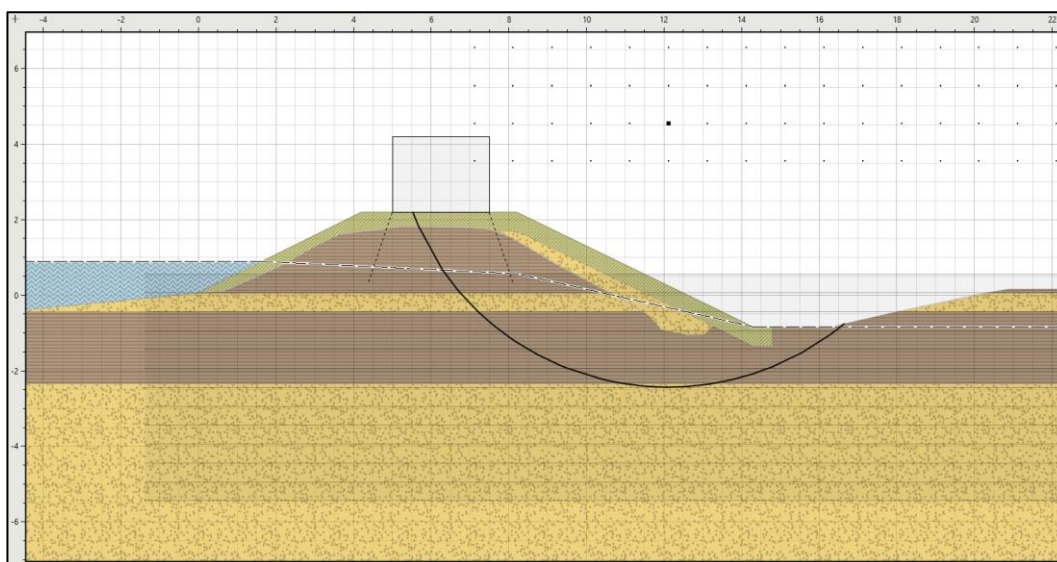
Figuur B2.2.1: Dijkvak 1 SO, STBU variant verlegging kering. Berekende SF = 1,15.



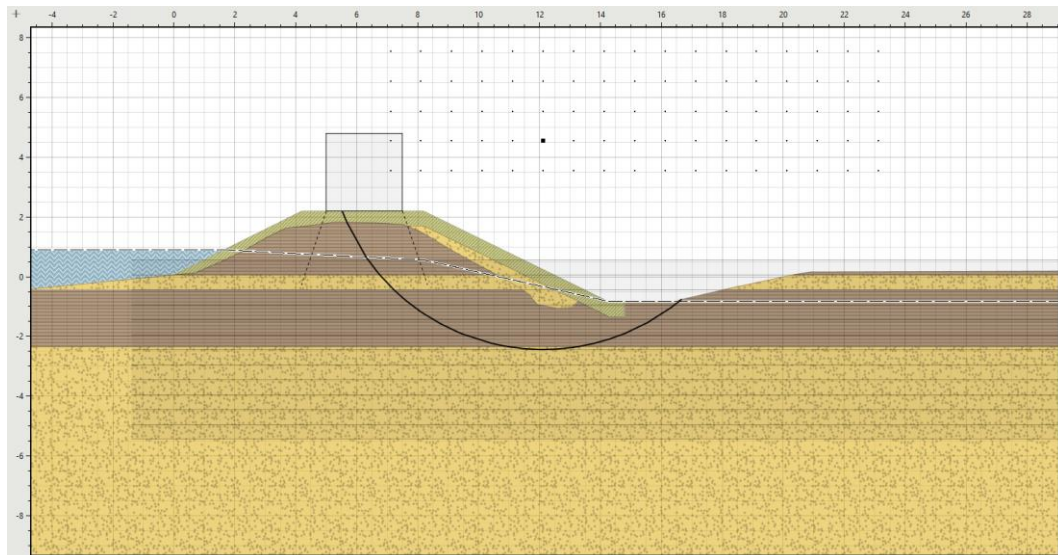
Figuur B2.2.1: Dijkvak 1 VO, STBU variant verlegging kering. Berekende SF = 1,32.



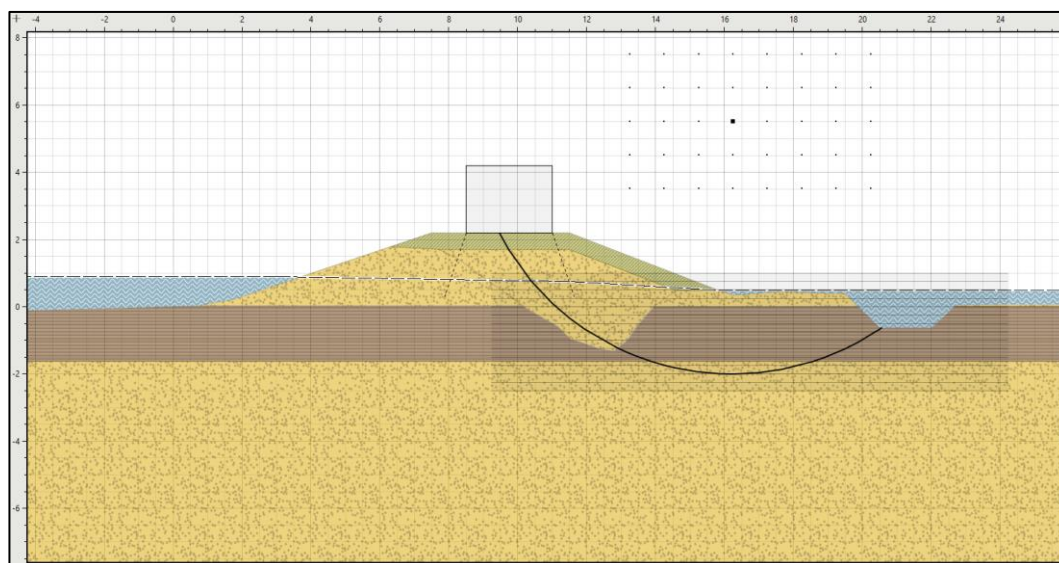
Figuur B2.2.2: Dijkvak 9A SO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,20.



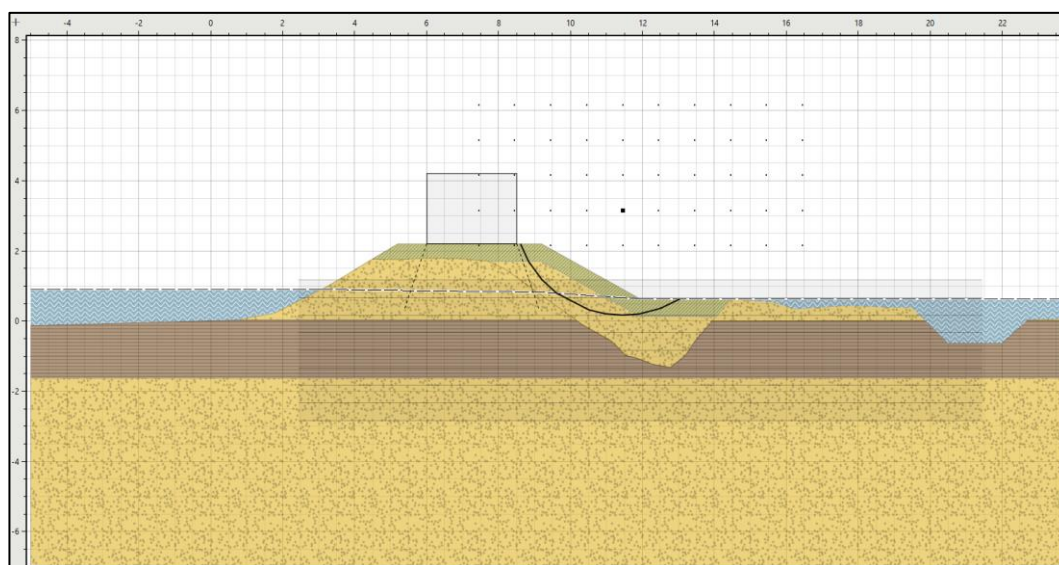
Figuur B2.2.3: Dijkvak 9A VO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,25.



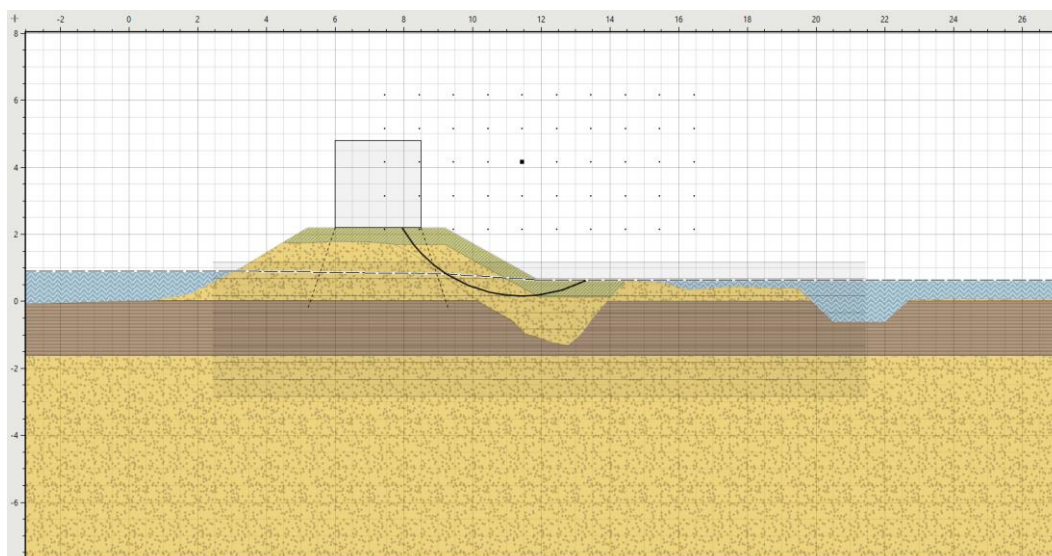
Figuur B2.2.3: Dijkvak 9A VO, STBU variant met versterking in grond (klei) met een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 . Berekende $SF = 1,11$.



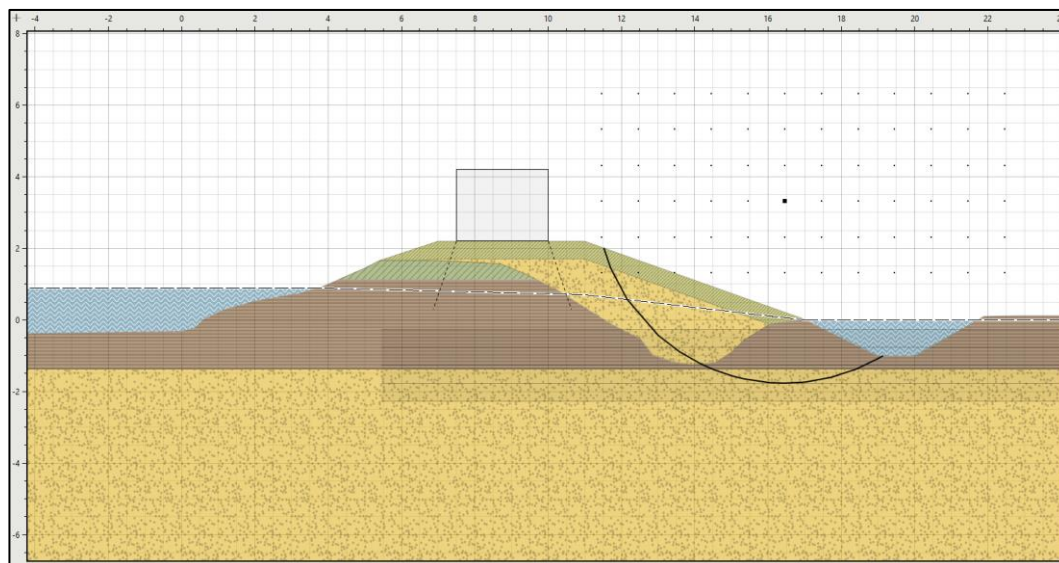
Figuur B2.2.4: Dijkvak 9B SO (optie 2), STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,37.



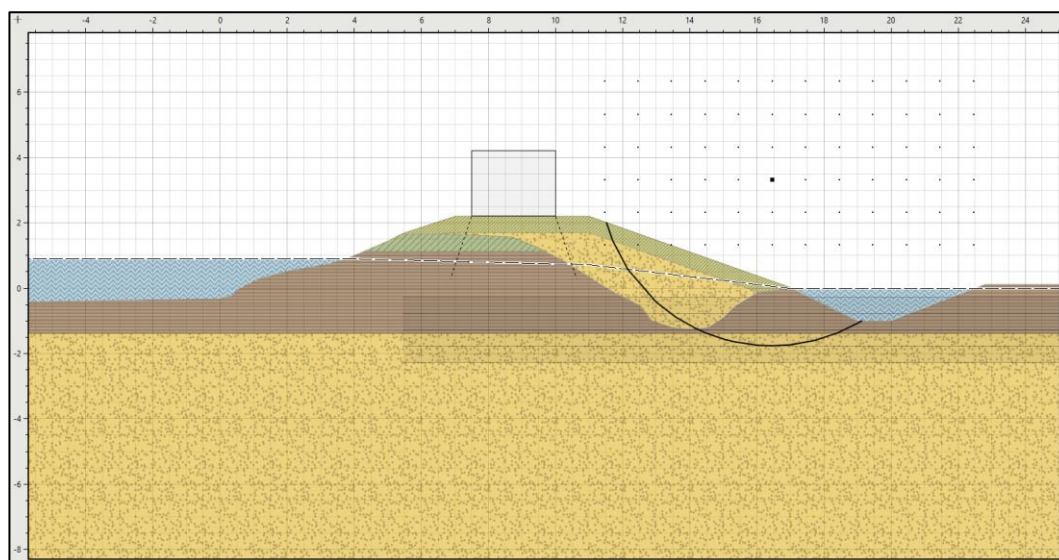
Figuur B2.2.4: Dijkvak 9B VO (optie 2), STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,47.



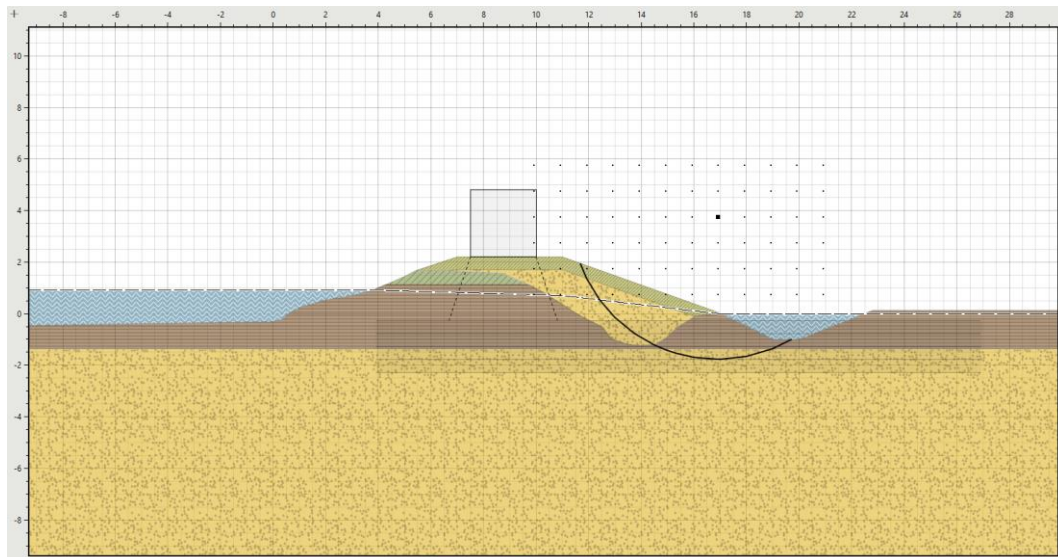
Figuur B2.2.4: Dijkvak 9B VO (optie 2), STBU variant met versterking in grond (klei) met een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 . Berekende $SF = 1,44$.



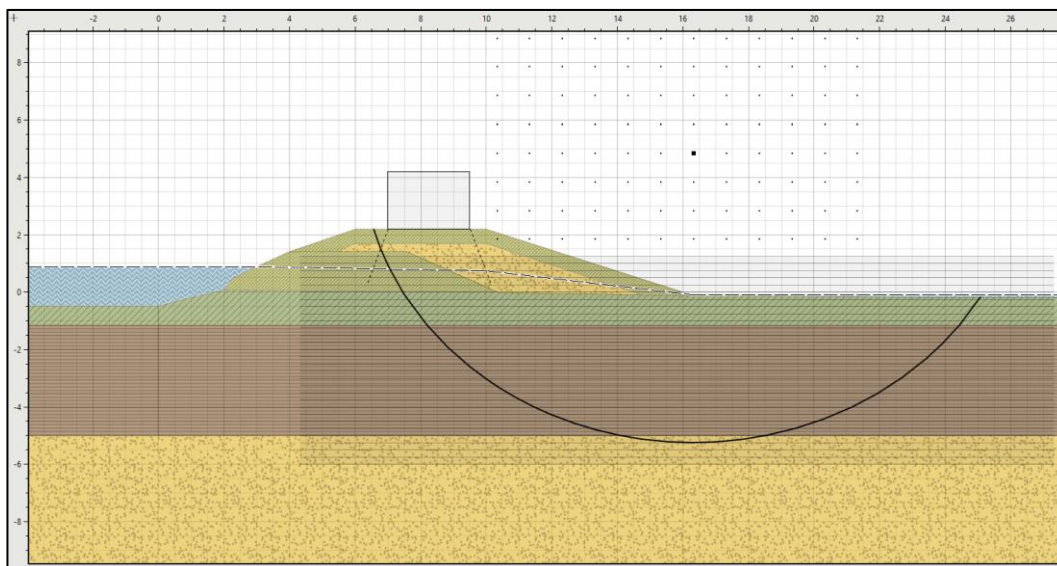
Figuur B2.2.5: Dijkvak 10 SO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,11.



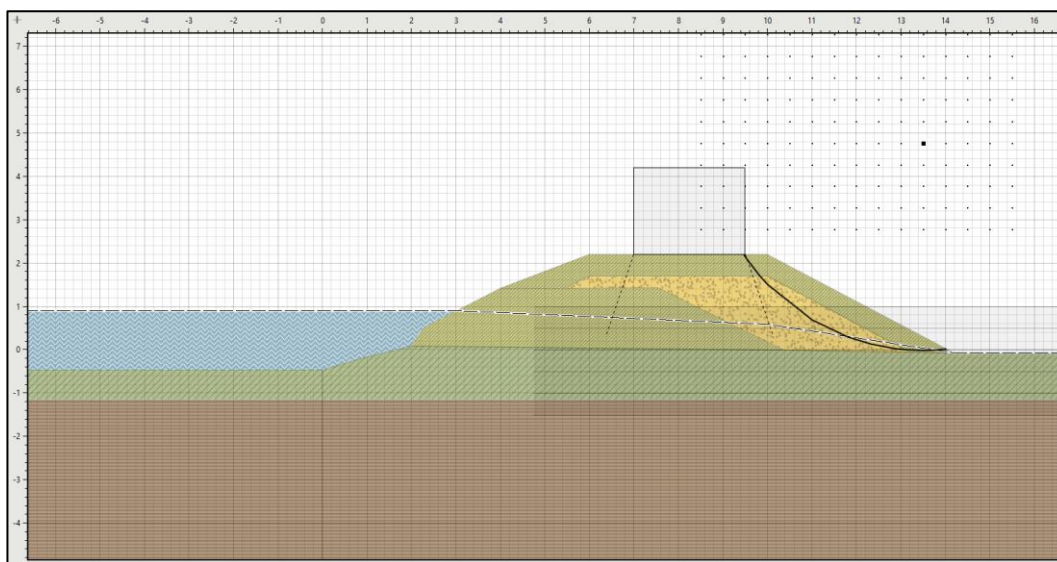
Figuur B2.2.5: Dijkvak 10 VO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,09.



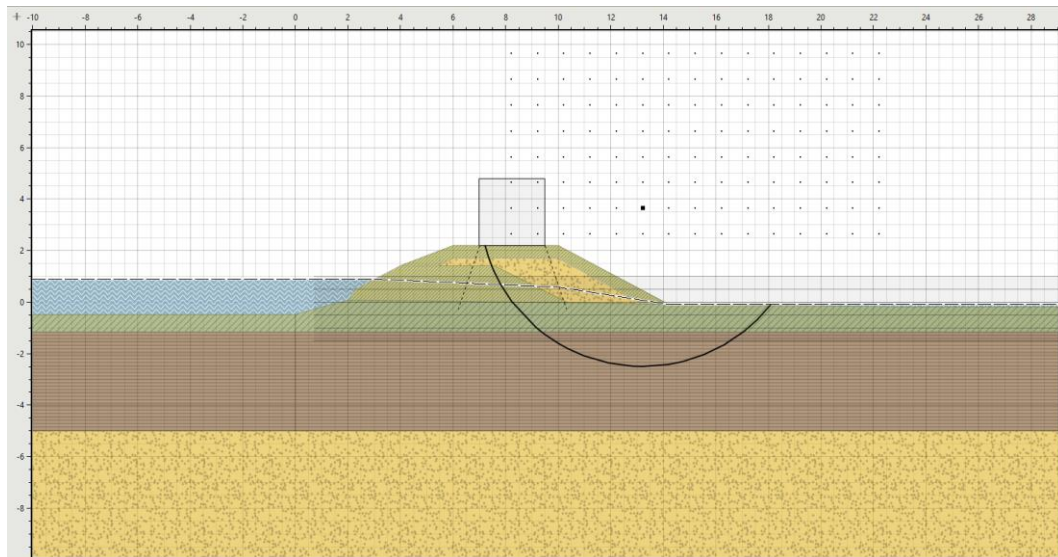
Figuur B2.2.5: Dijkvak 10 VO, STBU variant met versterking in grond (klei) met een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 . Berekende $SF = 1,09$.



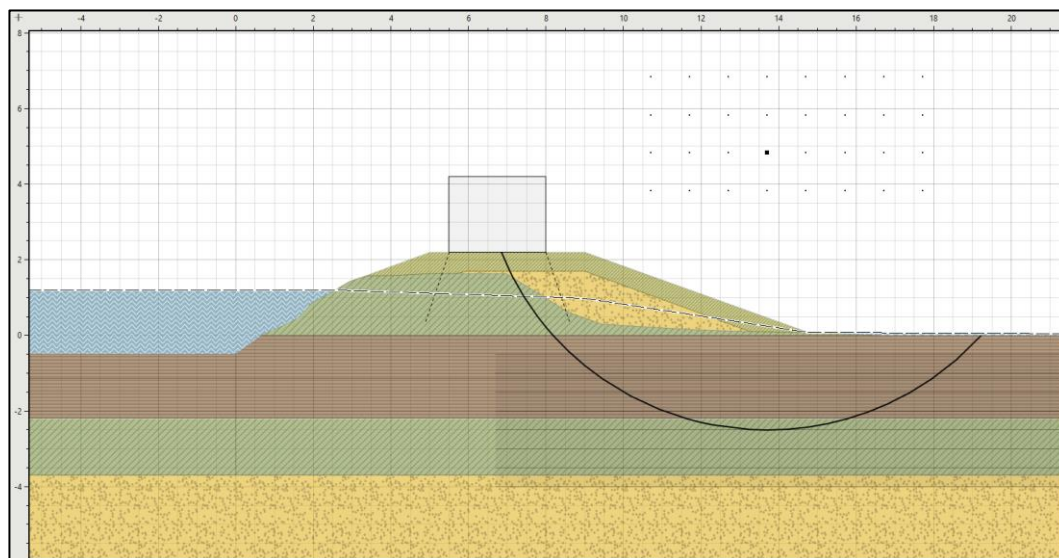
Figuur B2.2.6: Dijkvak 11A SO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,44.



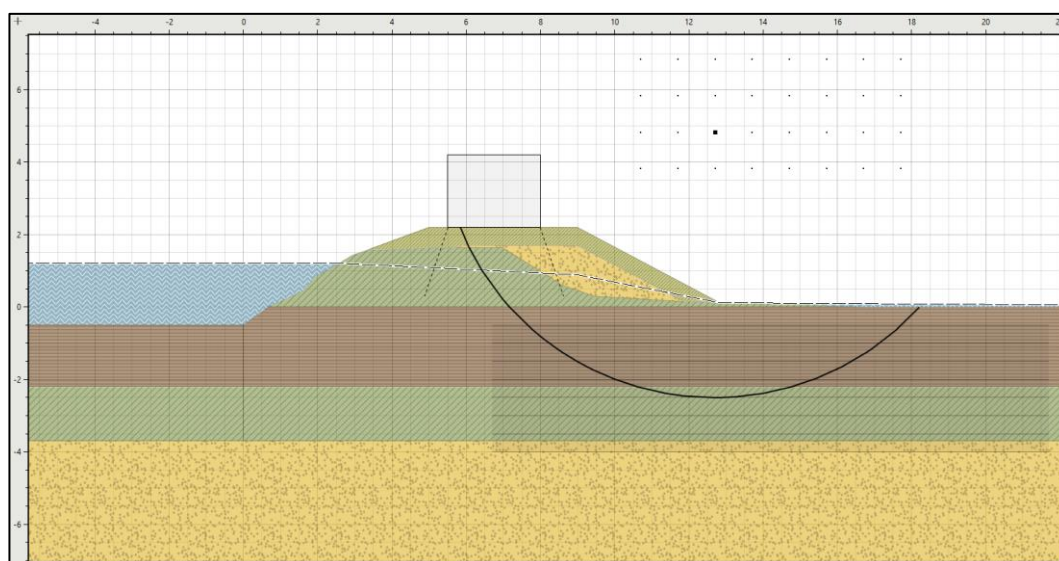
Figuur B2.2.6: Dijkvak 11A VO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,38.



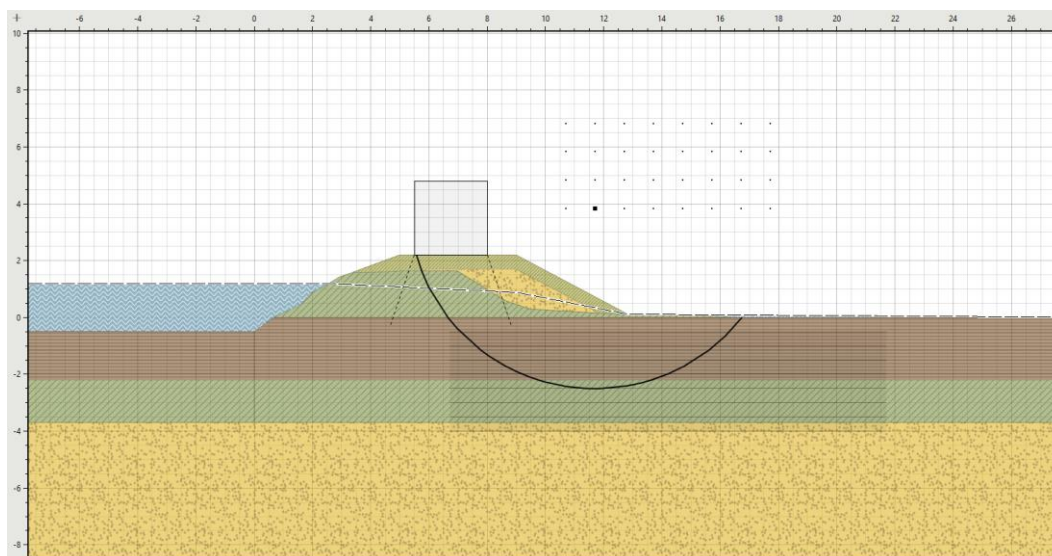
Figuur B2.2.6: Dijkvak 11A VO, STBU variant met versterking in grond (klei) met een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 . Berekende $SF = 1,21$.



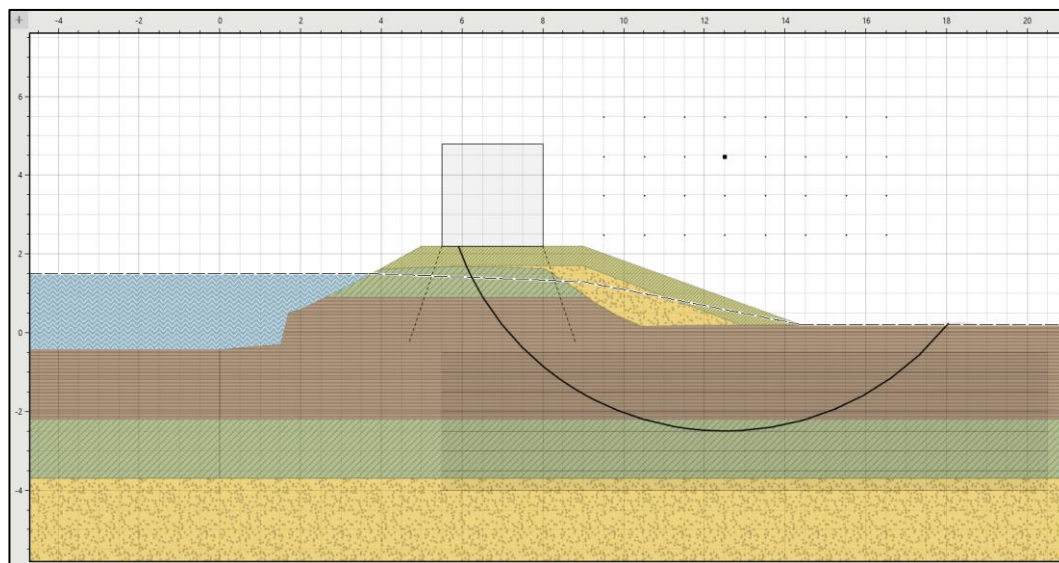
Figuur B2.2.9: Dijkvak 12 SO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,31.



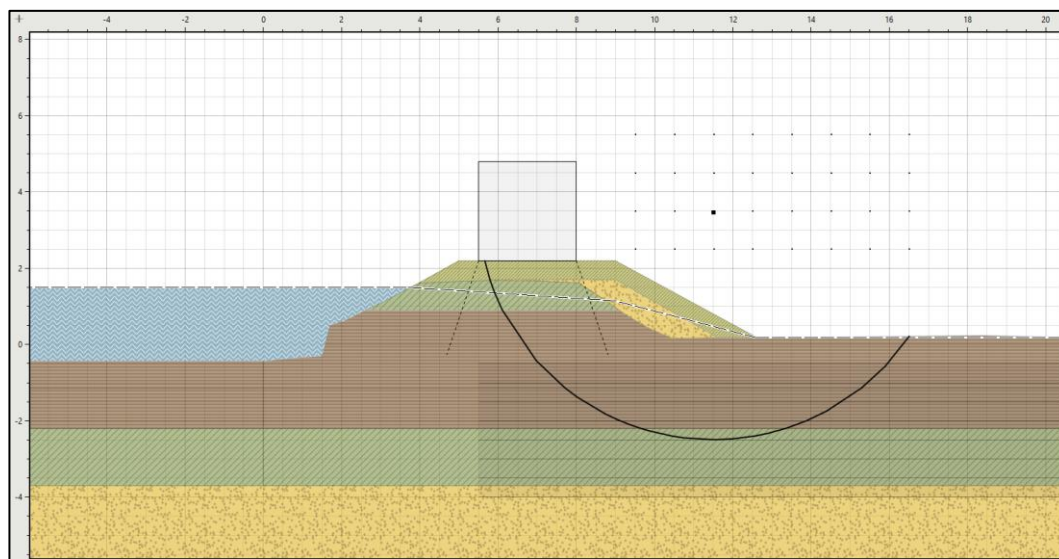
Figuur B2.2.9: Dijkvak 12 VO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,25.



Figuur B2.2.9: Dijkvak 12 VO, STBU variant met versterking in grond (klei) met een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 . Berekende $SF = 1,07$.



Figuur B2.2.10: Dijkvak 13 SO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,21.

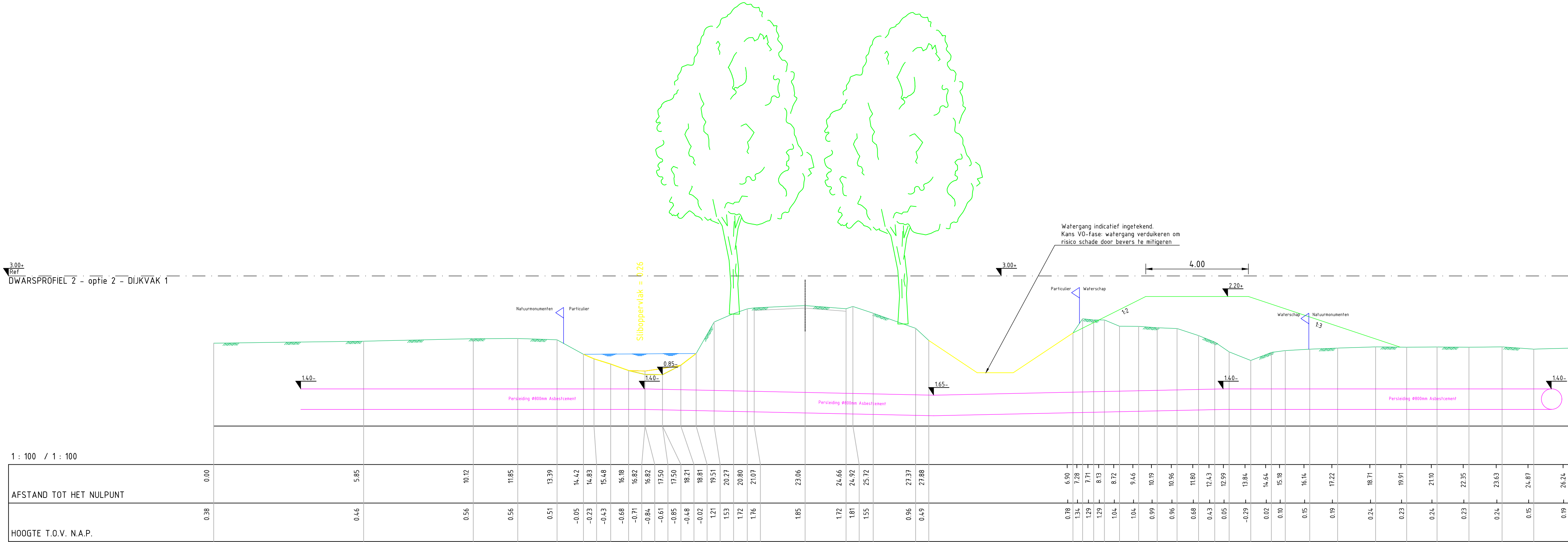


Figuur B2.2.10: Dijkvak 13 VO, STBU variant met versterking in grond (klei). Berekende SF = 1,14.

Bijlage 3 SO en VO tekeningen

Bijlage 3 SO en VO tekeningen

SO tekeningen



Blad 1

Blad 2

- Legenda
- Bestaande situatie
 - Tract kadestogte afgesneden
 - Tract kadestogte goedkeurd
 - Tract kadestogte buiten scope
 - DWP locatie

0 50 100 150 200m

01-02-2022

Definitief SO

JK

22-12-2021

Concept SO

JK

Nr

Datum

Wijziging

Tek

Opdrachtgever

Waterschap Hunze en Aa's

Afdeling Planvorming

Projectleider

J. Krijt (Jordy)

Projectontwikkelaar

H. Rozeboom (Henk)

Projectomschrijving

Kadestogte Lappenvoort Oosterland

Bouwteamfase

Tekeningomschrijving

Overzichtstekening

Tekeningnummer

472575-O-0-0001

Tekenaar

J. Krijt (Jordy)

Schaal

1:5000

Projectontwikkelaar

H. Rozeboom (Henk)

Formaat

A0

Status

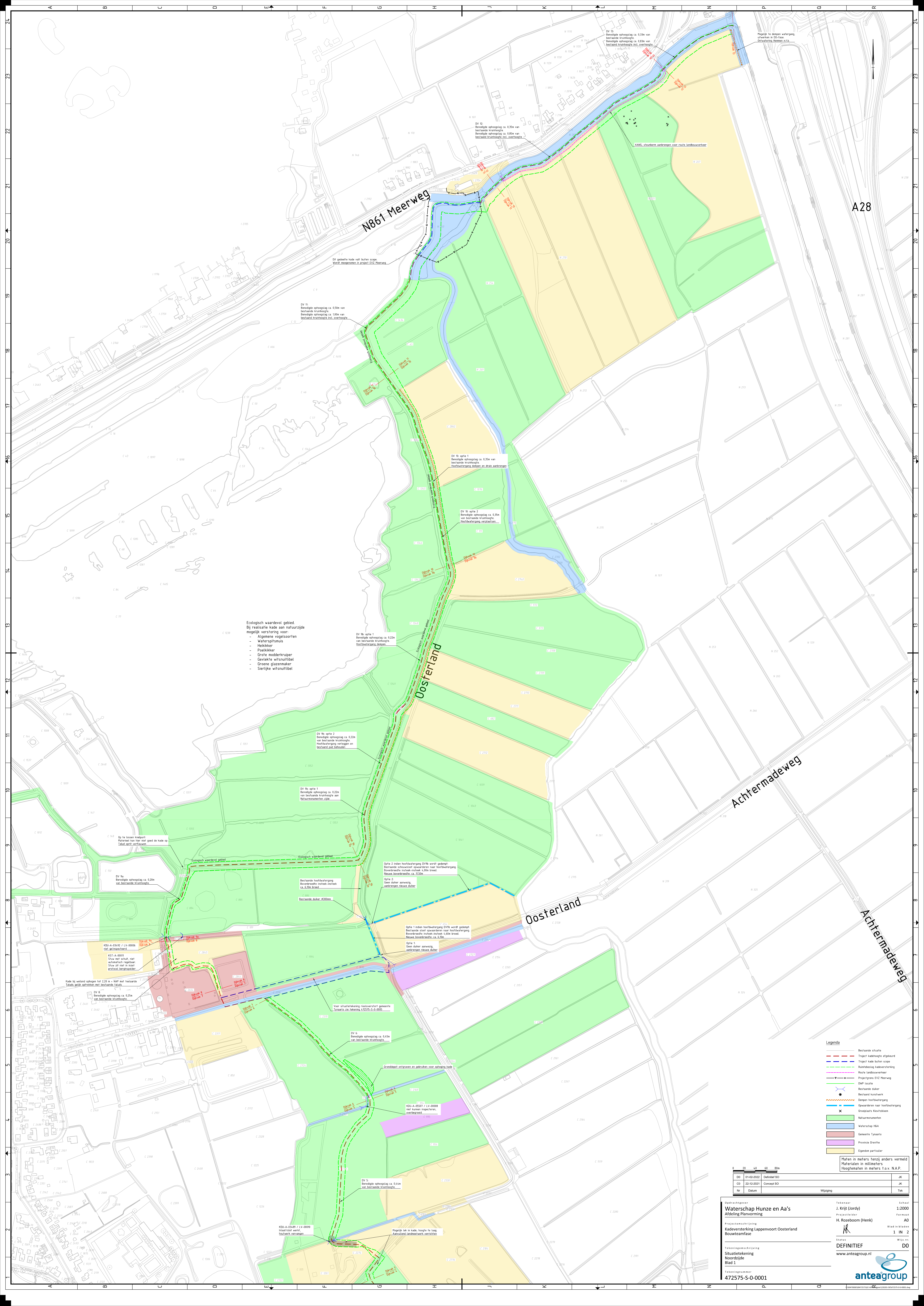
DEFINITIEF

Wijziging

D0

www.anteagroup.nl





Ecologisch waardevol gebied.
Bij realisatie kade aan natuurzijde
mogelijk verstoring voor:
- Algemene vogelsoorten
- Waterspitsmuis
- Heidekikker
- Poelkikker
- Grote modderkruiper
- Gewone witsnuitlibel
- Groene glazenmaker
- Sierlijke witsnuitlibel

Legenda

- Bestaande situatie
- Tracé kadahoogte afgeleid
- Tracé kade buiten scope
- Rechtsomkering kadaversterking
- Ruimte landbouwverkeer
- Projectgrens EVZ Meerweg
- DWP locatie
- Bestaande duiker
- Bestaand houtscherm
- Diepen hoofdwaterring
- Opwaarderen naar hoofdwaterring
- Groepplaats Kachthoorn
- Natuurmonumenten
- Waterschap H&A
- Gemeente Typharis
- Provincie Drenthe
- Egdonen particulier

Haken in meters, tenzij anders vermeld
Maten in millimeters

Nr	Datum	Wijziging	Tek
01	01-02-2022	Definitief SO	JK
02	22-12-2021	Concept SO	JK

Opdrachtgever: **Waterschap Hunze en Aa's**
Afdeling: Planvorming

Projectleider: **J. Krijt (Jordy)**
Projectmanager: **H. Rozeboom (Henk)**

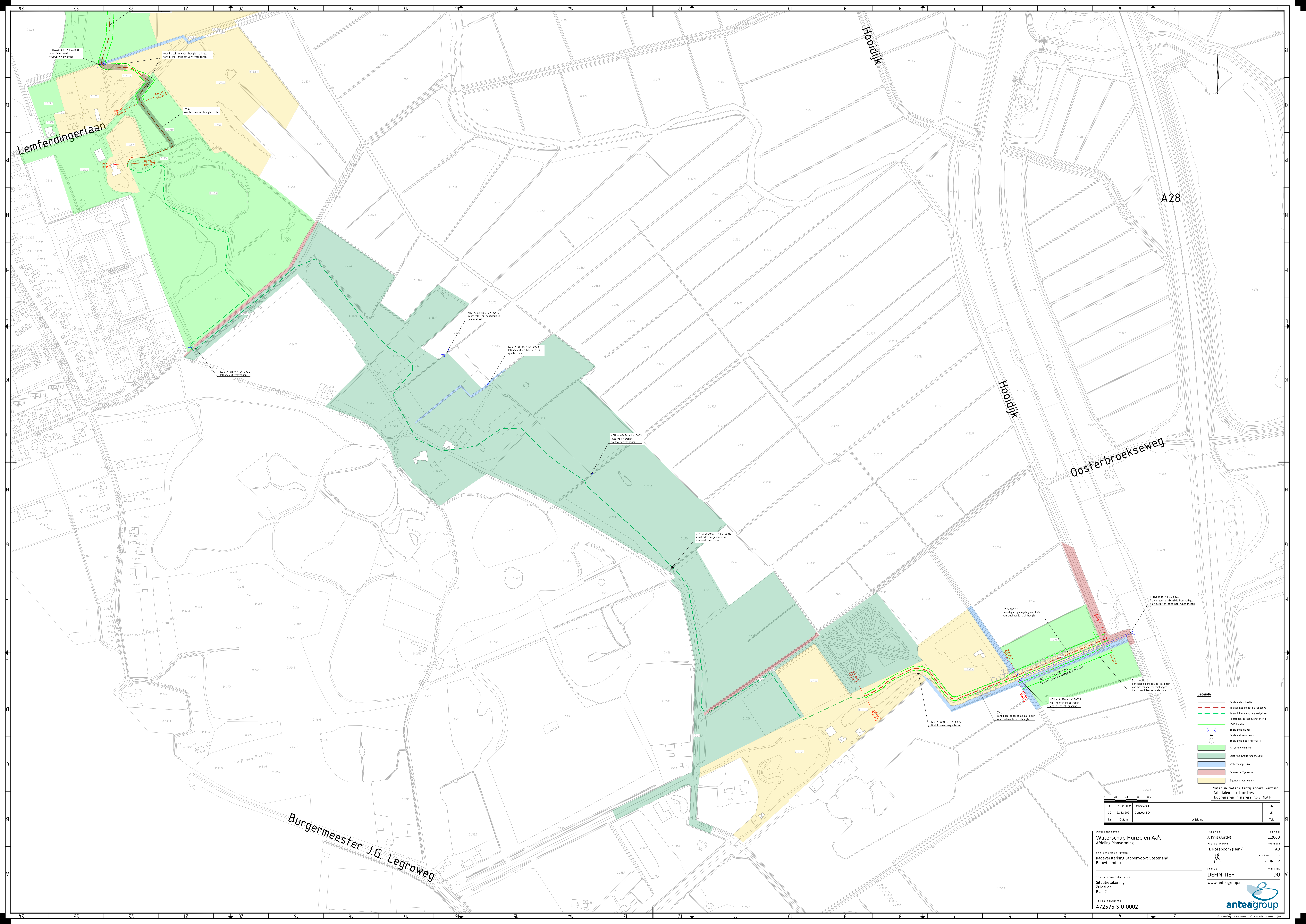
Projectomschrijving: **Kadaversterking Lappenvoort Oosterland**
Bouwteamfase

Situatietekening: **Noordzijde**
Blad 3

Tekeningnummer: **472575-S-0-0001**

Status: **DEFINITIEF**
www.anteagroup.nl

antegroup

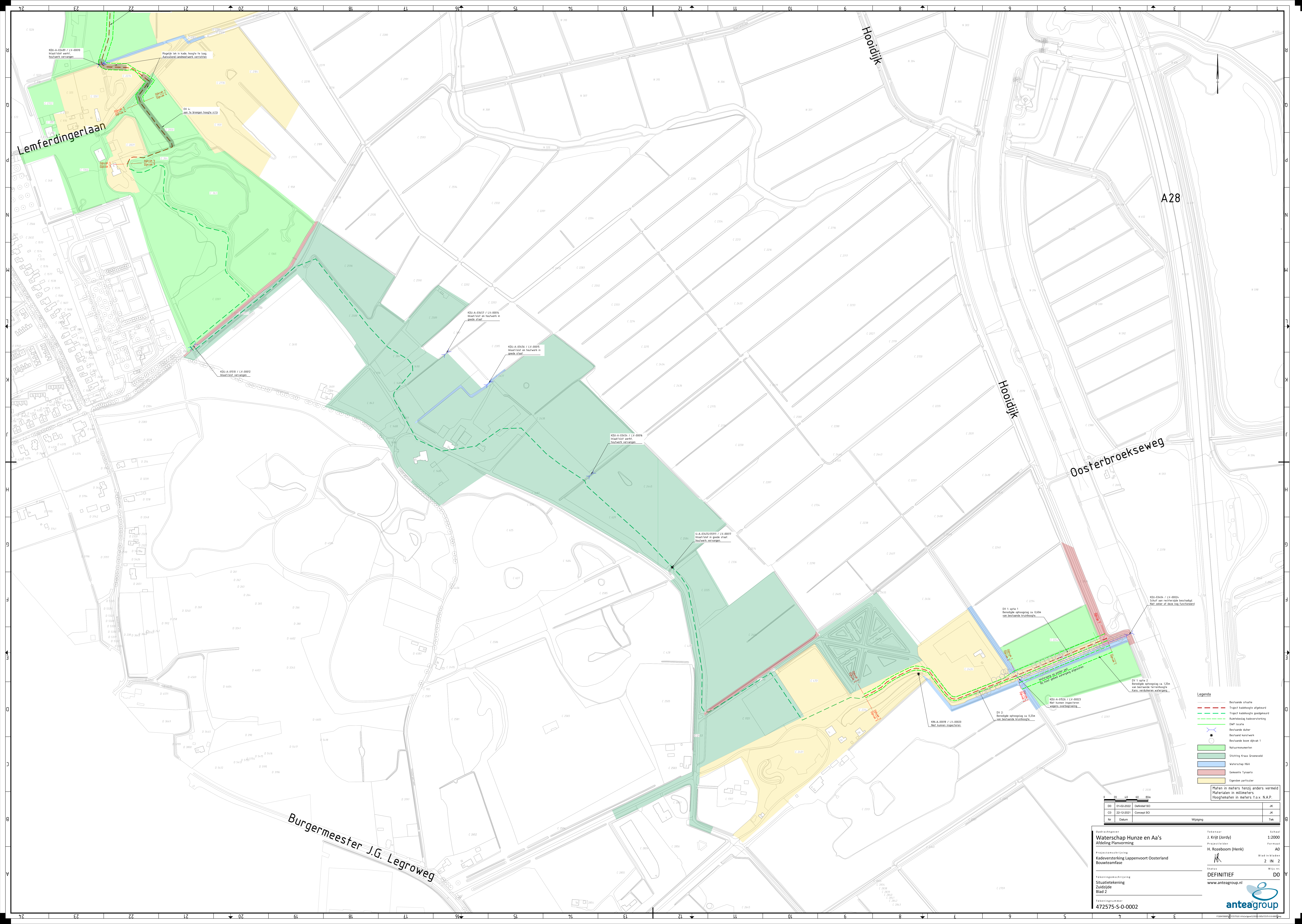


- Legenda**
- Bestaande situatie
 - Tracé kadasteropgave
 - Tracé kadasteropgave
 - Ruimtebeslag kadasteropgave
 - DWP locatie
 - Bestaande duiker
 - Bestaand bouwwerk
 - Bestaande boom gebied 1
 - Natuurmonumenten
 - Schikking Kraus Groenland
 - Waterschap H&A
 - Gemeente Tynaarlo
 - Eigendom particulier

Maten in meters tenzij anders vermeld	
Materialen in millimeters	
Houtmaten in meters t.o.v. N.A.P.	
DO	01-10-2022
CO	22-12-2021
Nr	Datum
Wijziging	
JK	
JK	
JK	

Opdrachtgever		Tekenaar	Schaal
Waterschap Hunze en Aa's		J. Krijt (Jordy)	1:2000
Afdeling Planvorming		Projectleider	Formaat
		H. Rozeboom (Henk)	A0
Projectomschrijving			Blad in tekening
Kadeversterking Lappenvoort Oosterland			2 IV 2
Bouwteamfase			DO
Tekeningnummer		DEFINITIEF	
Situatietekening		www.anteagroup.nl	
Bladzijde			
Tekeningnummer			
472575-S-0-0002			





Berekeningsrapportage

Voorlopig geotechnisch ontwerp Lappenvoort

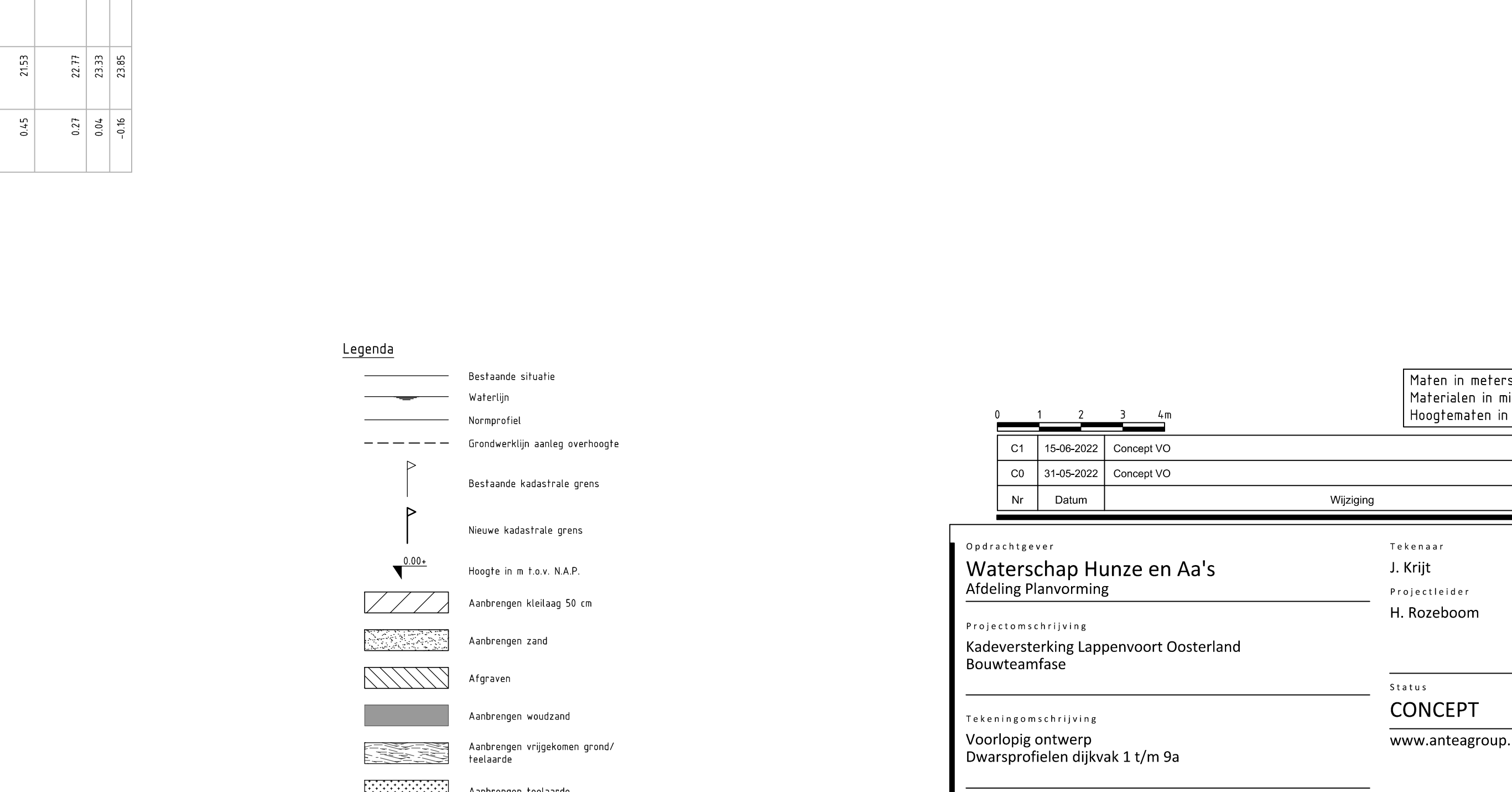
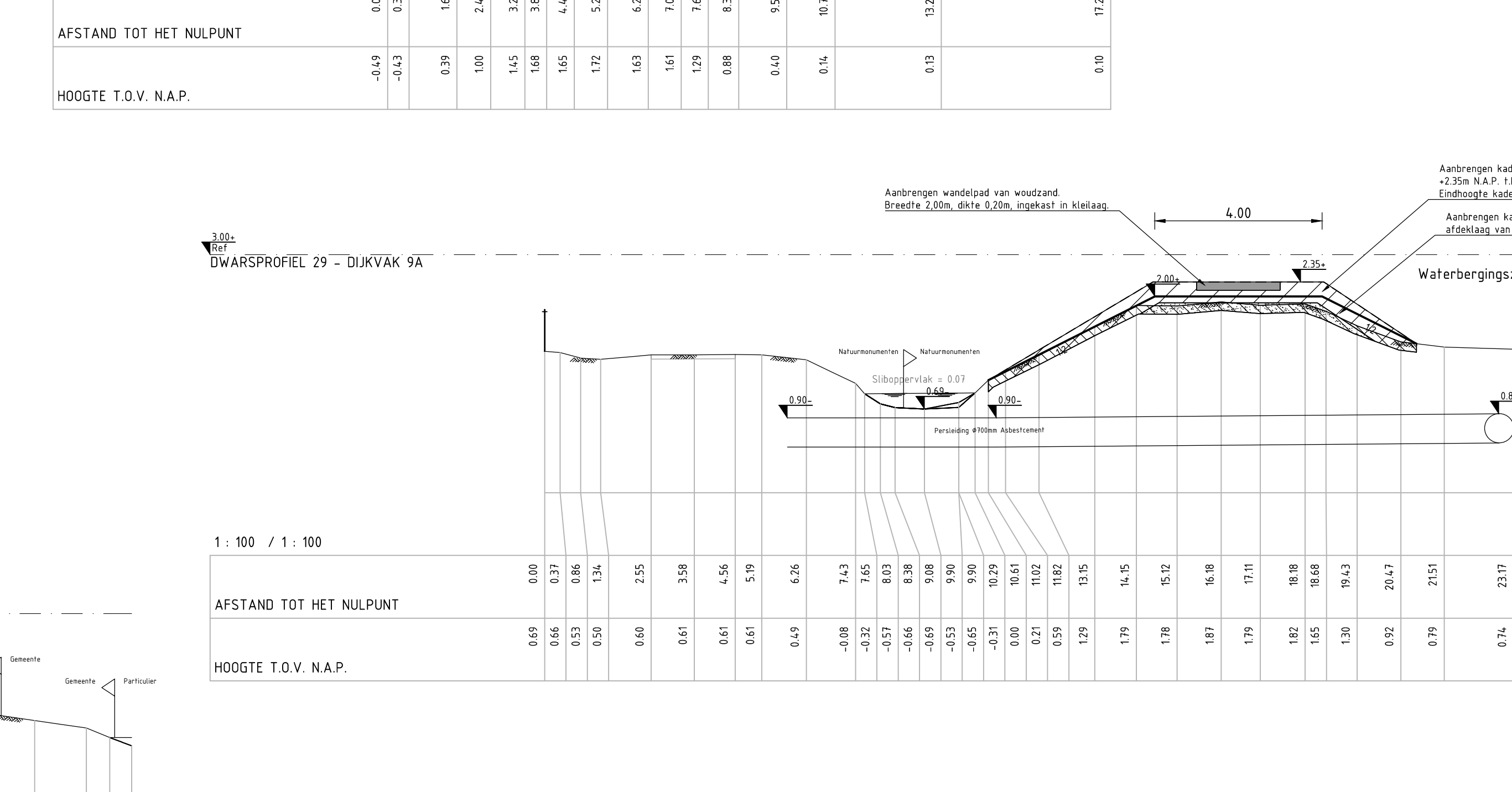
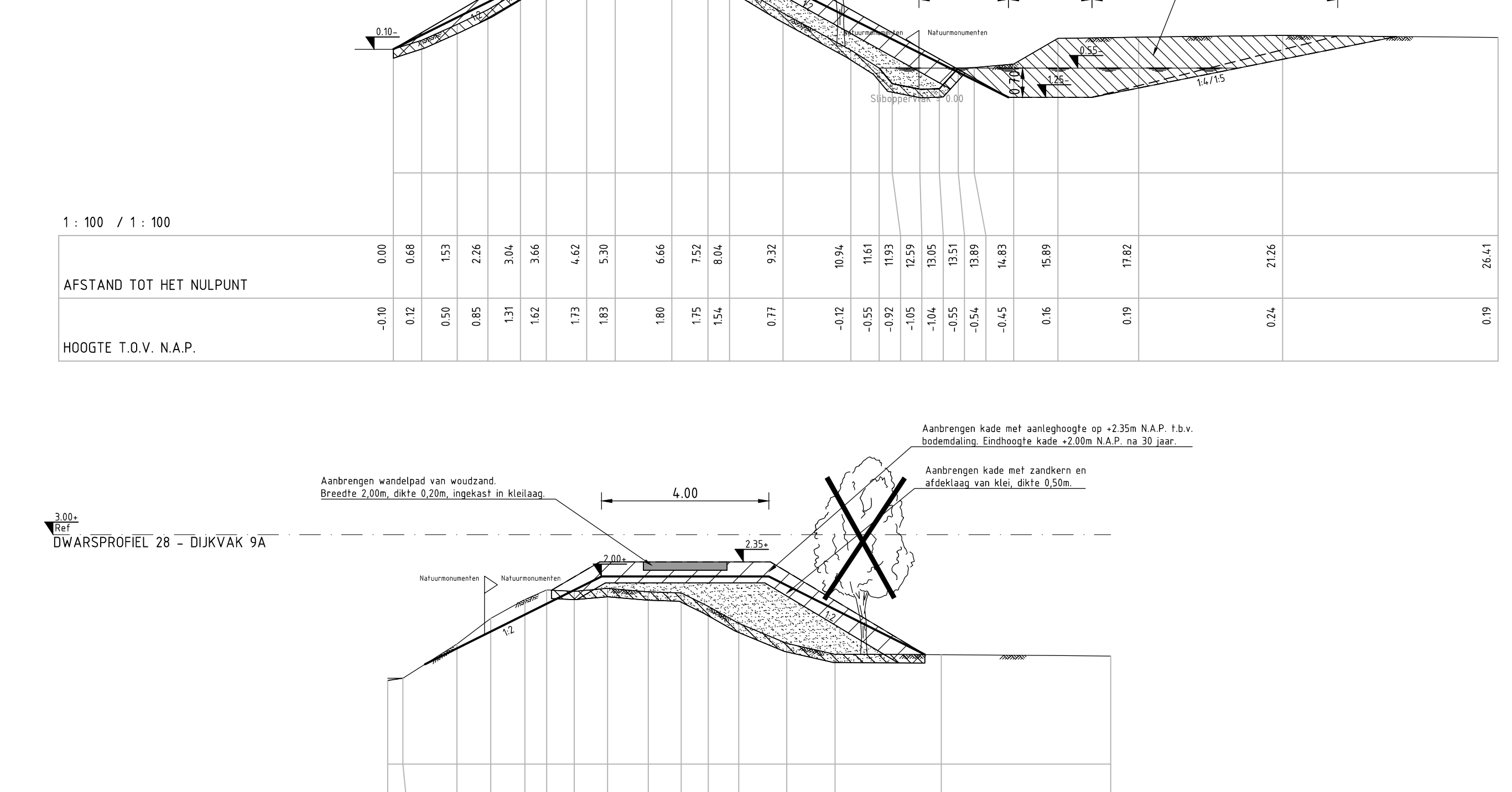
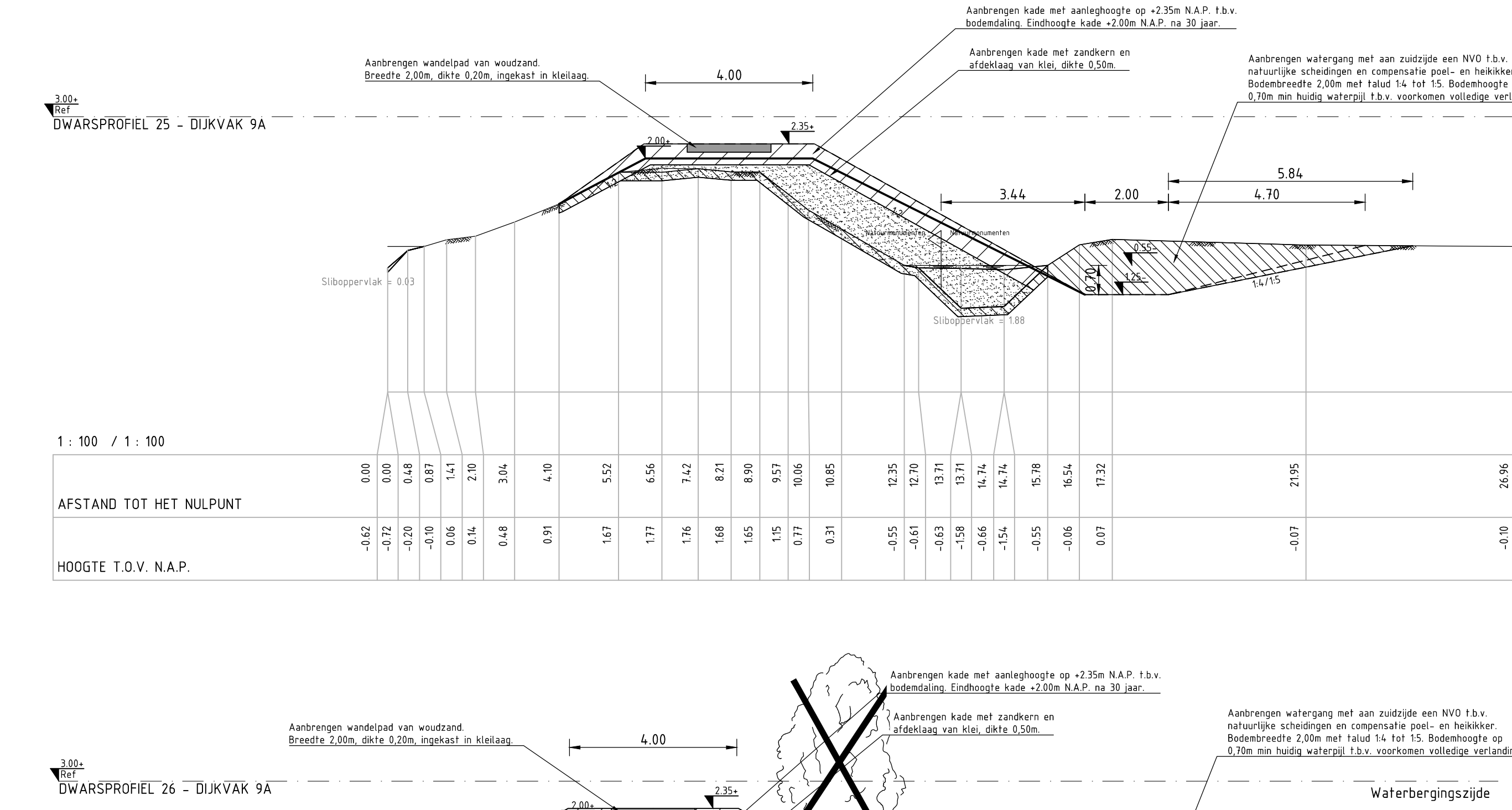
projectnummer 0472575.101

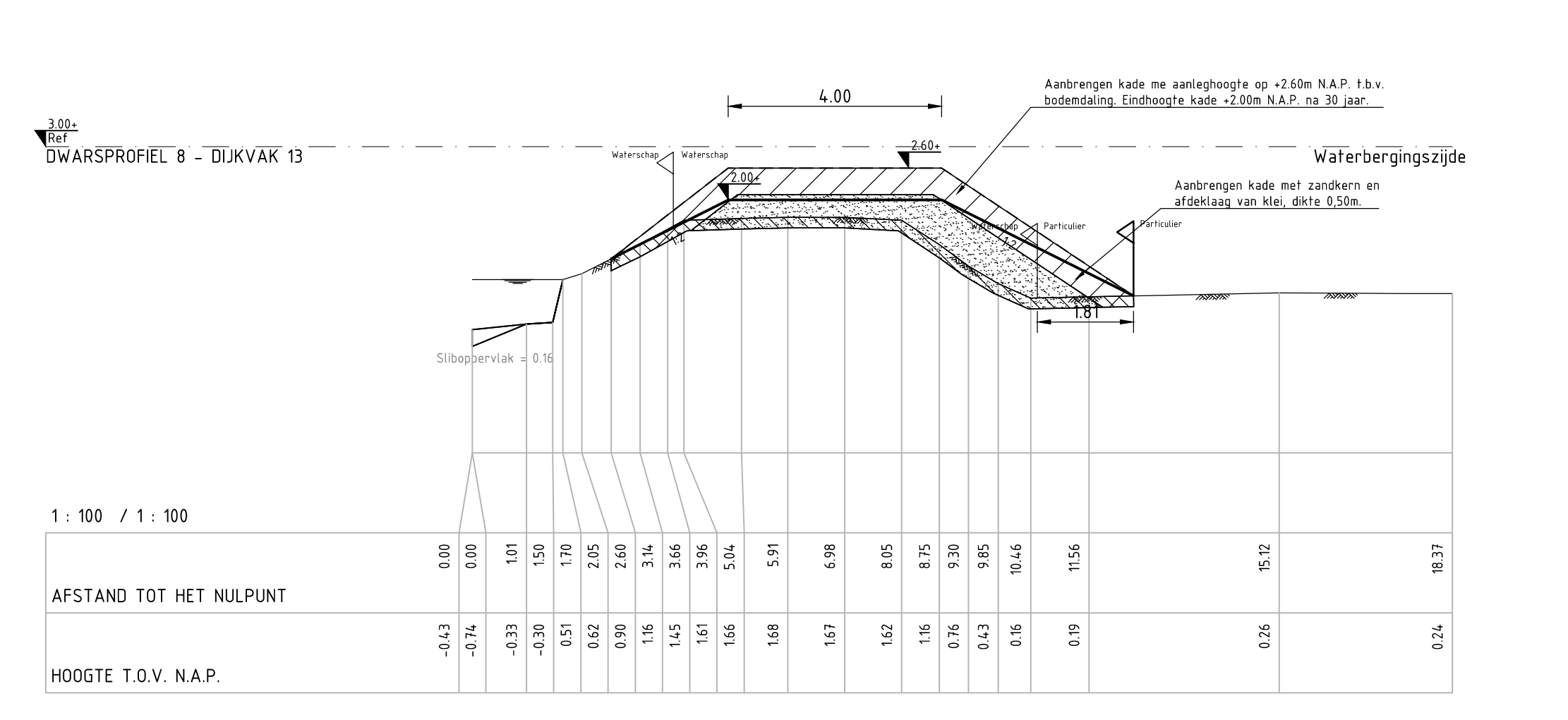
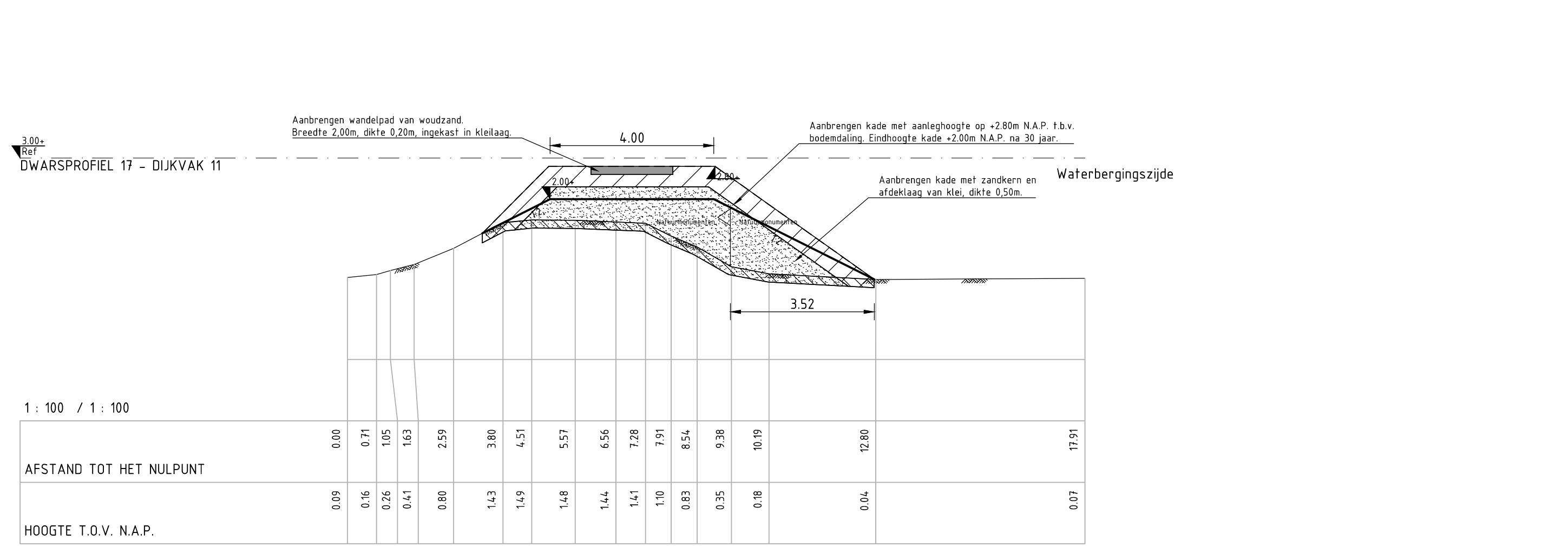
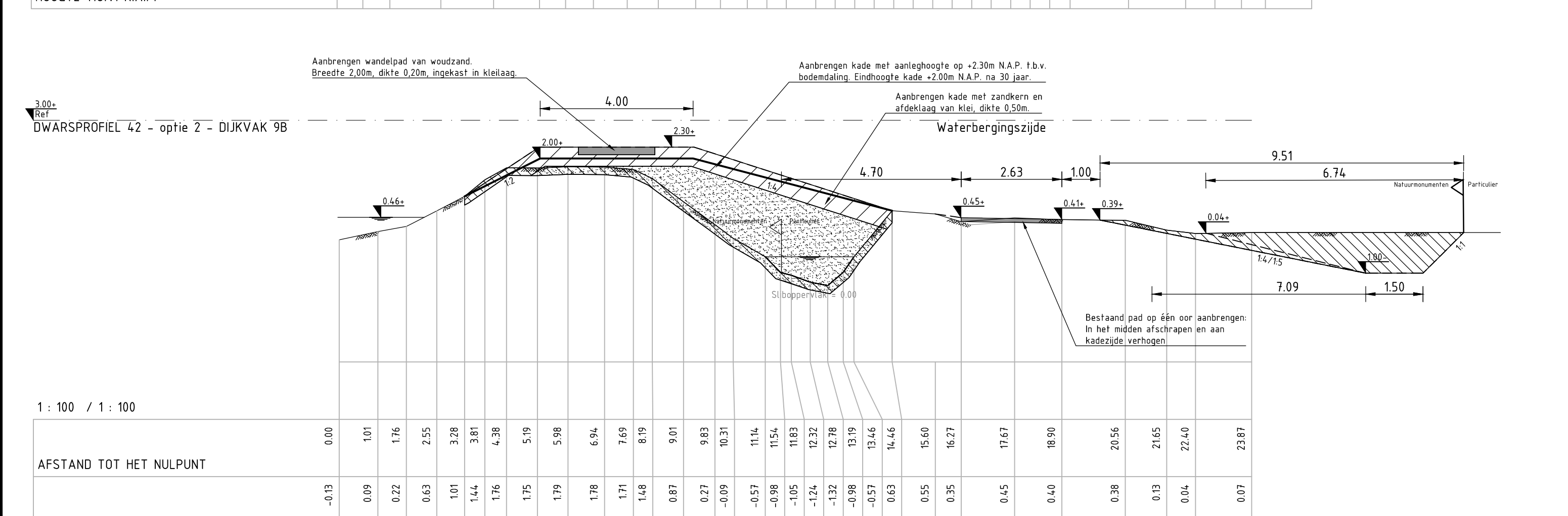
9 december 2022 revisie 2

Waterschap Hunze en Aa's



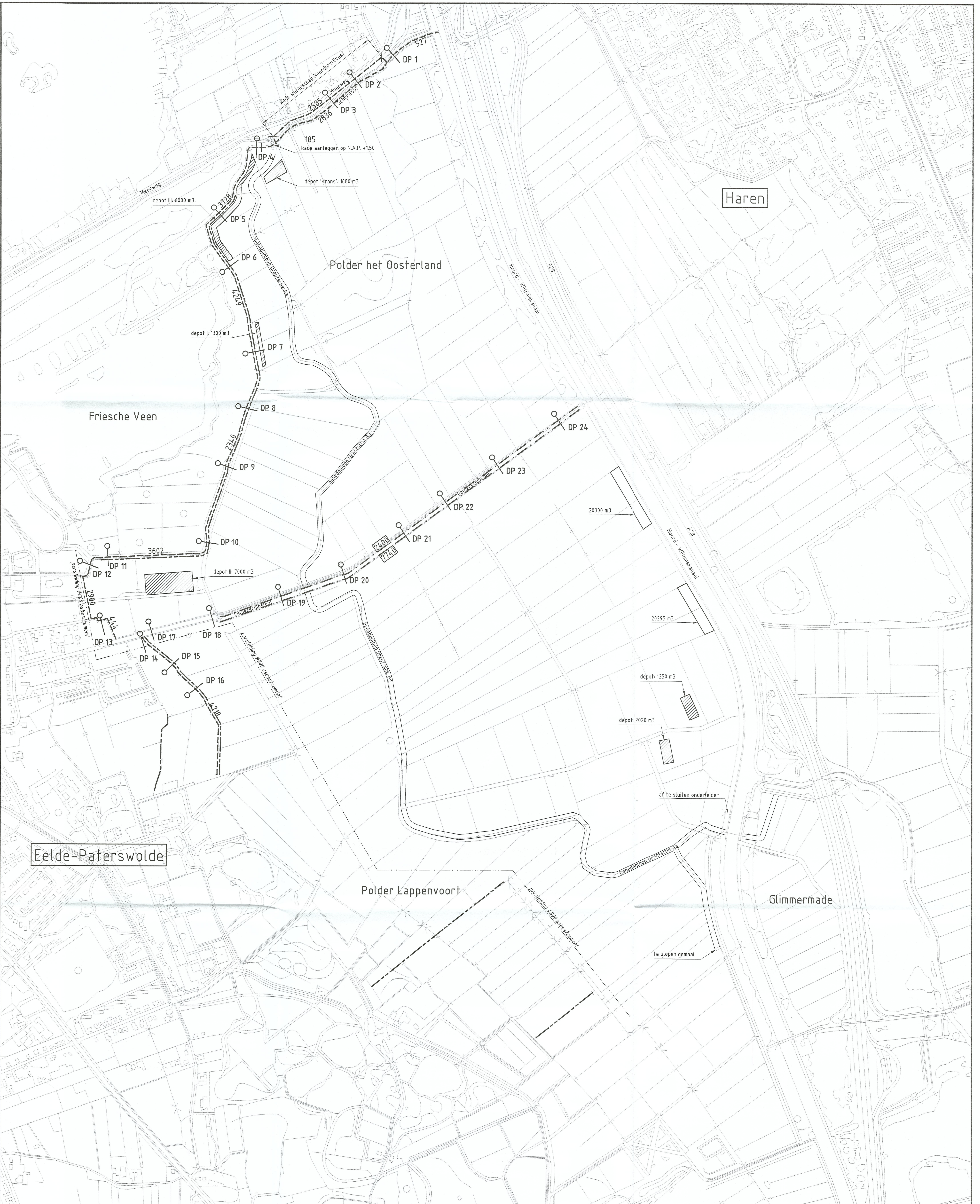
VO tekeningen





Bijlage 4 Tekeningen aanleg 2004

Bijlage 4 Tekeningen aanleg 2004



VERKLARING

- 234.0 op te hogen en te verbreden kaden met aan te brengen hoeveelheid grond in m3
- 313.0 af te graven kaden met vrijkomende hoeveelheid grond in m3
- herstel singels, houtwallen en bomenrij
- DP 1 plaats en nummer dwarsprofiel

Waterschap Hunze en Aa's
Architectenbureau
2004/3460

maten in m, tenzij anders aangegeven
hoogtematen in m t.o.v. N.A.P.

Grontmij
Project

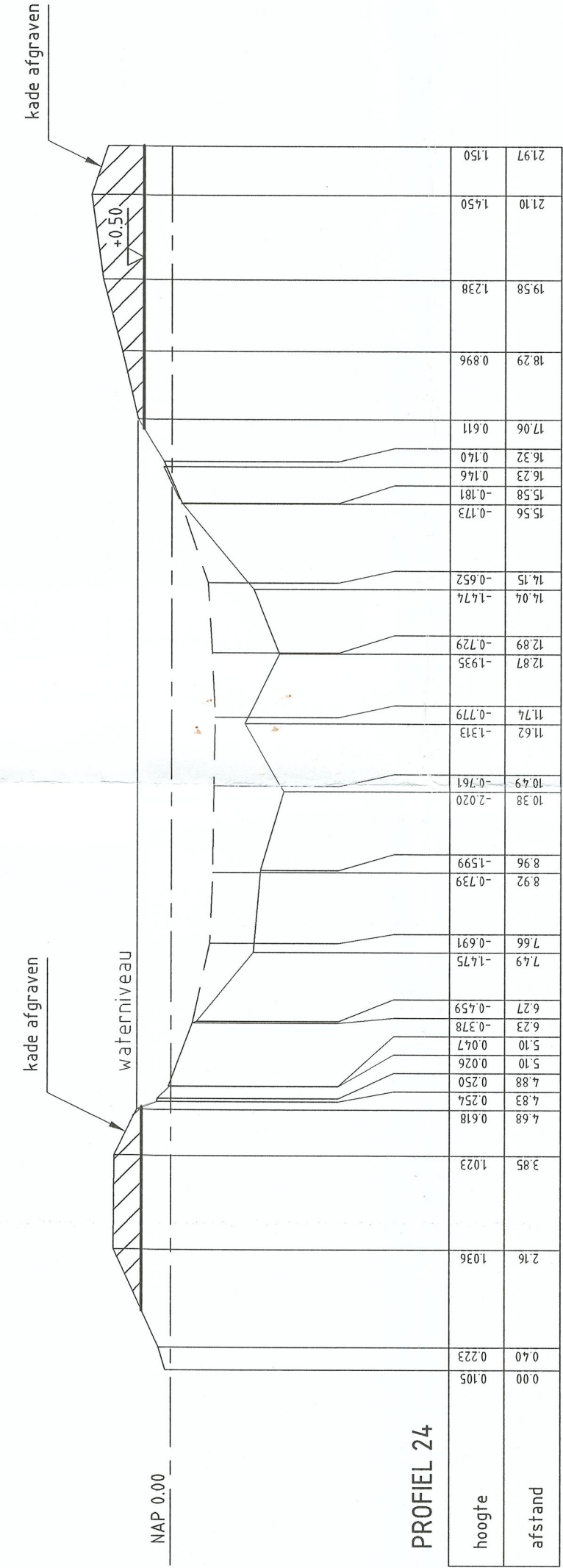
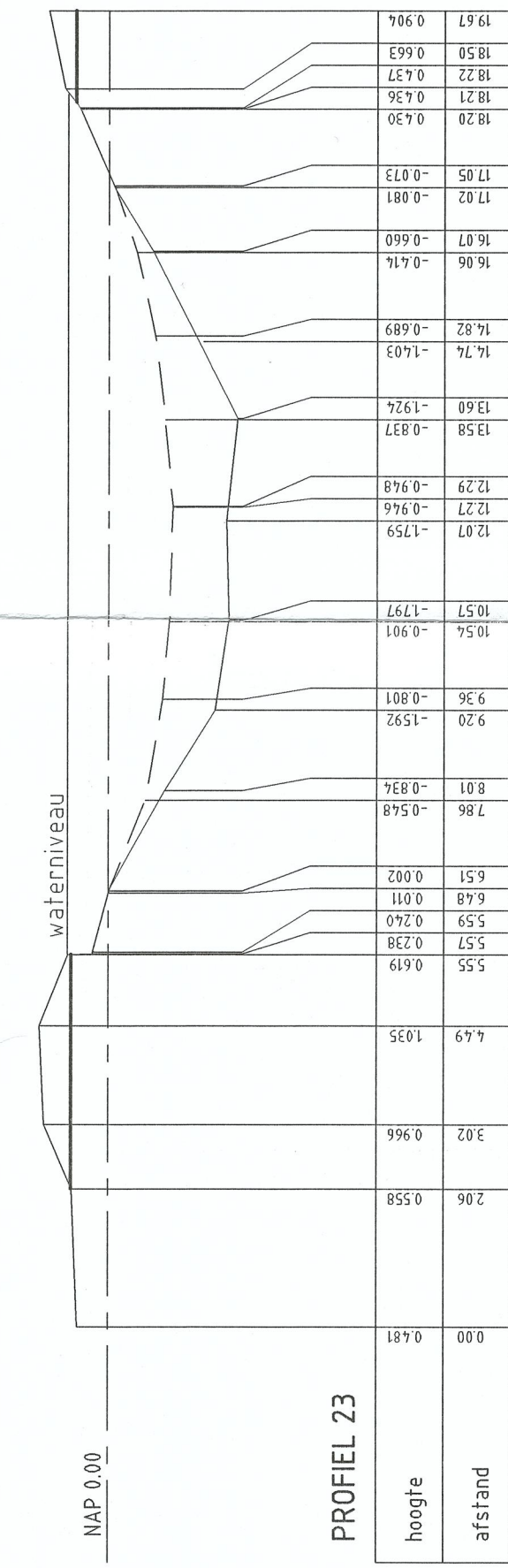
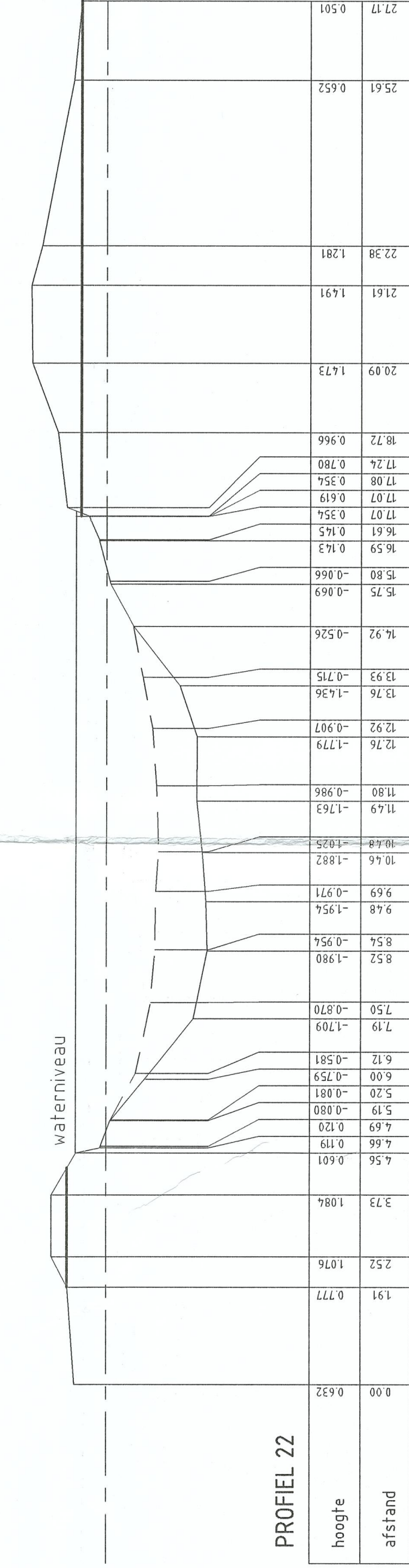
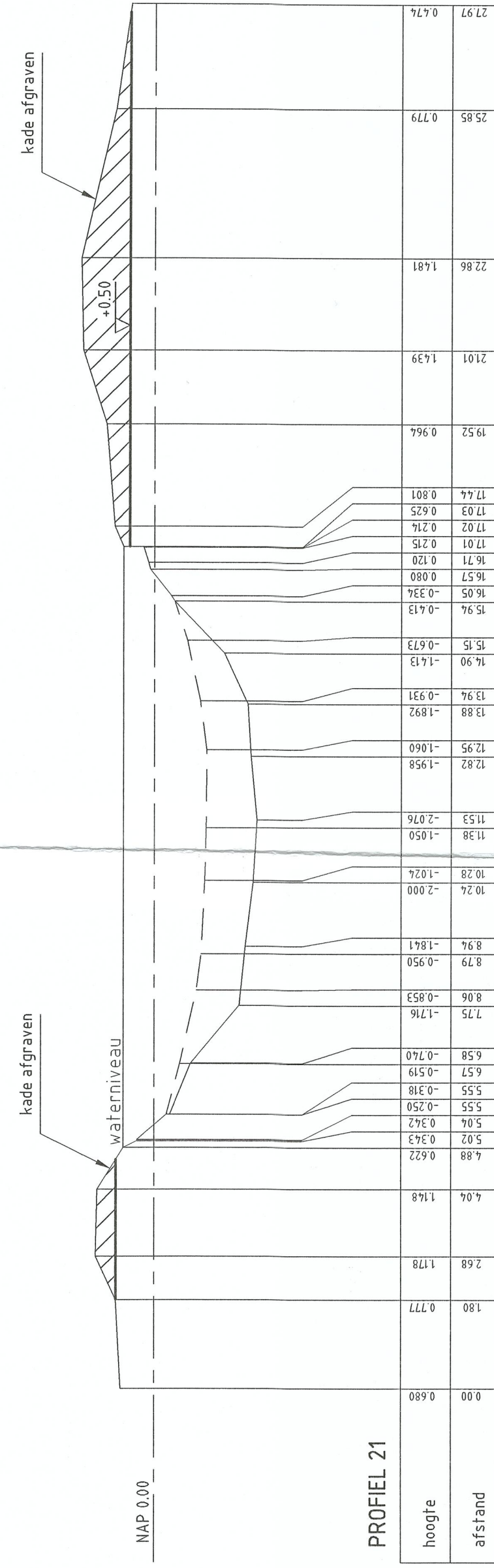
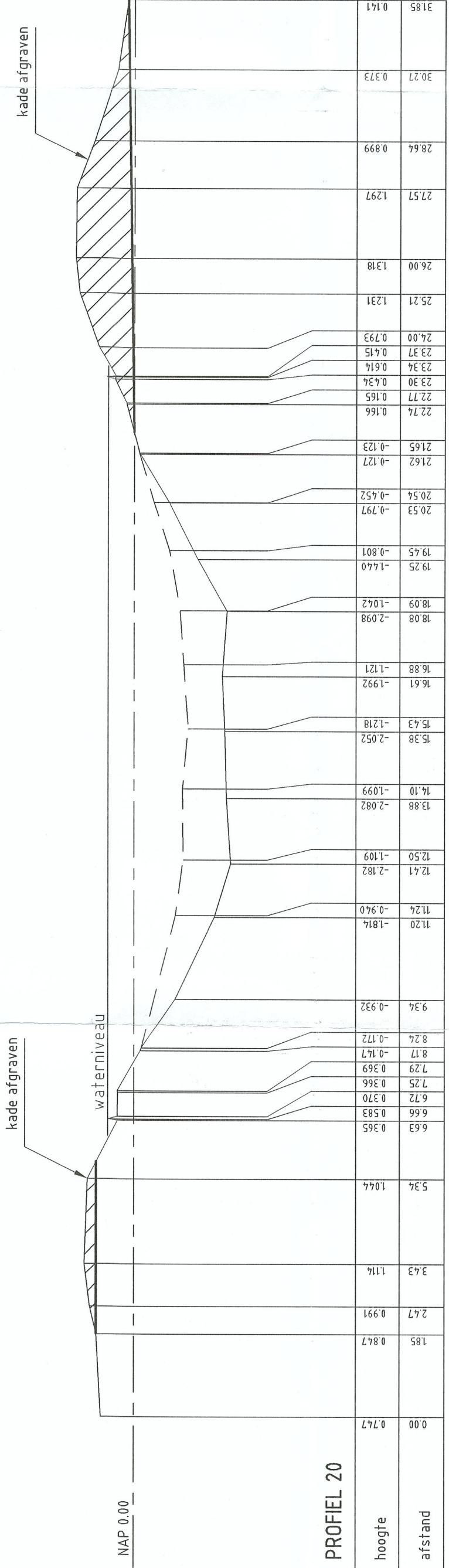
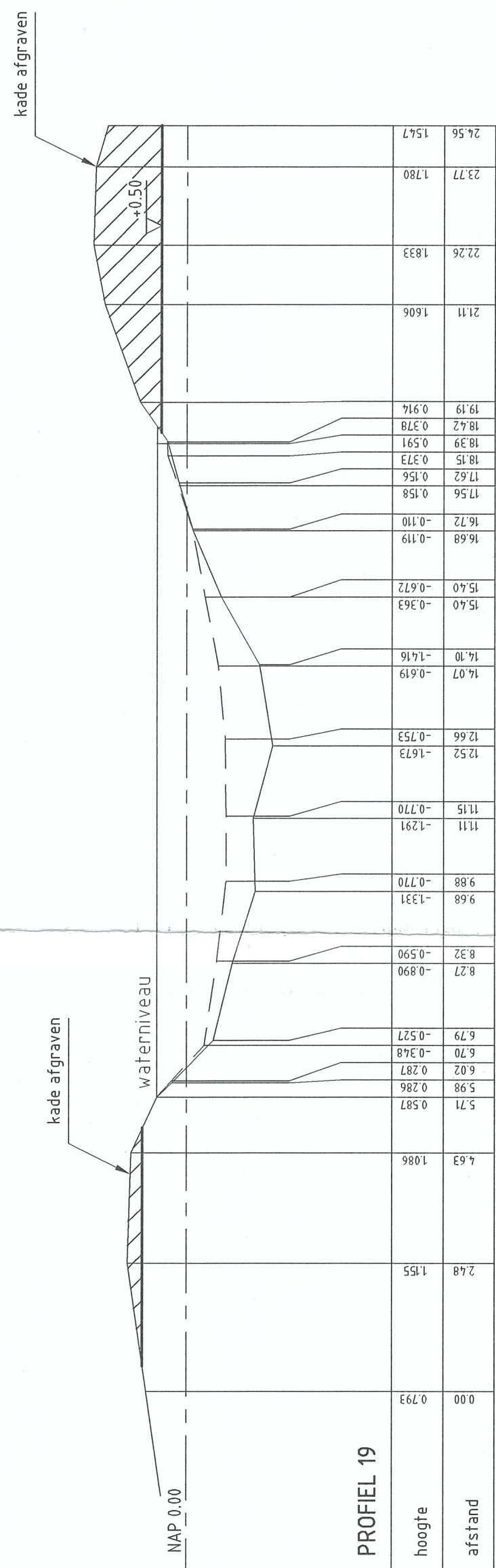
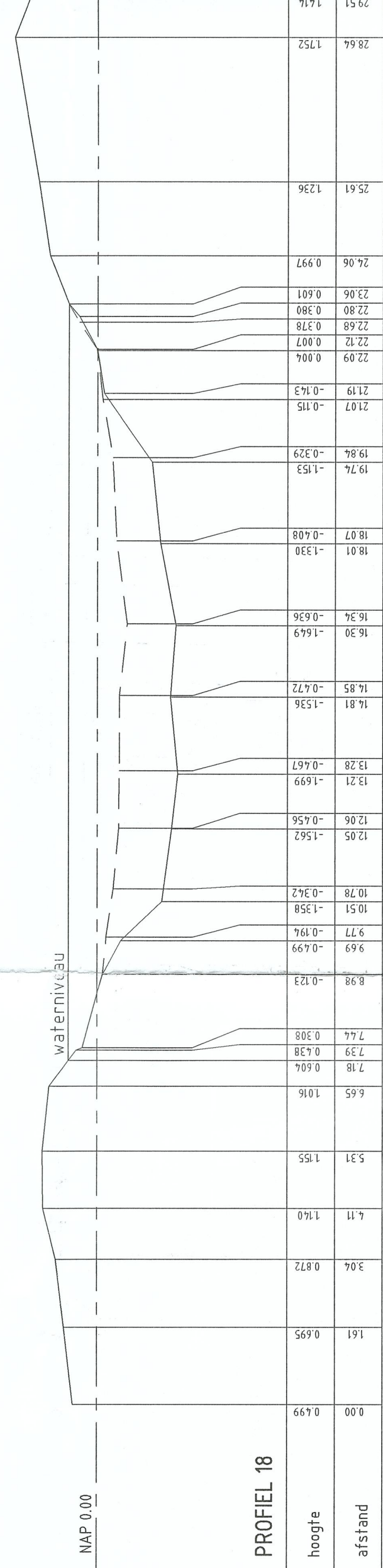
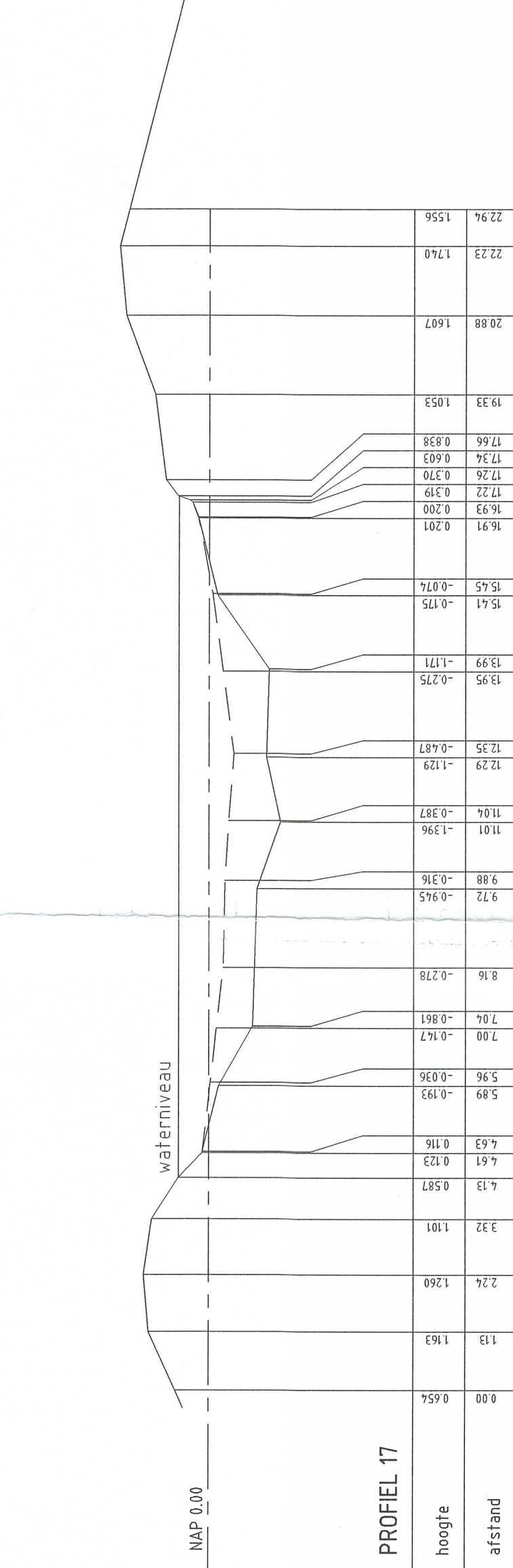
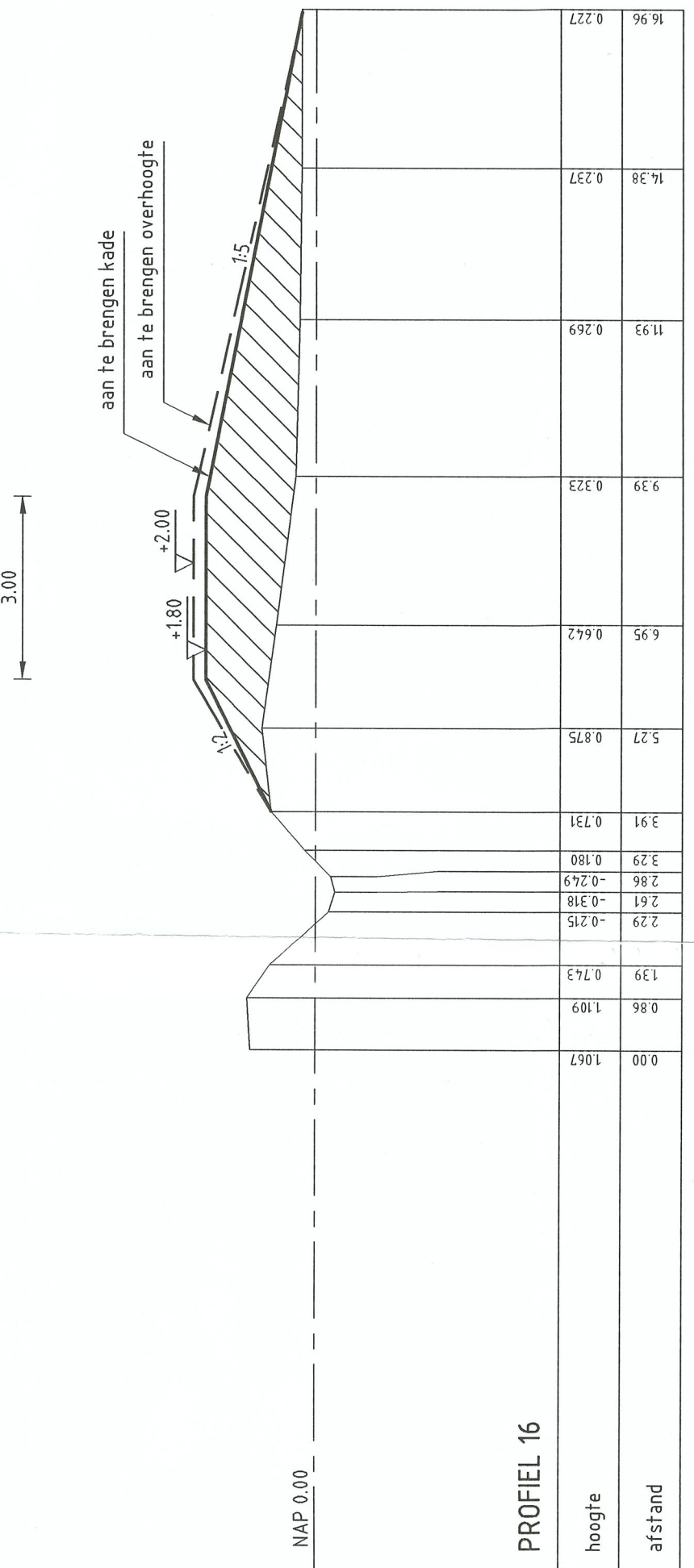
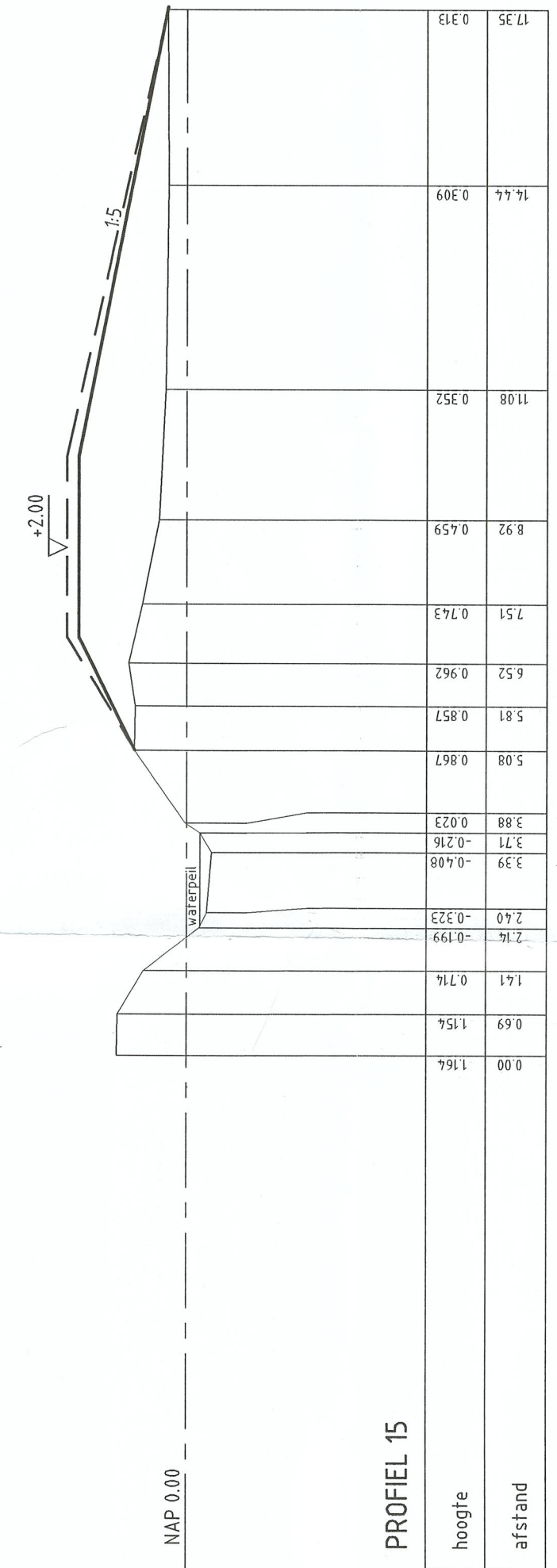
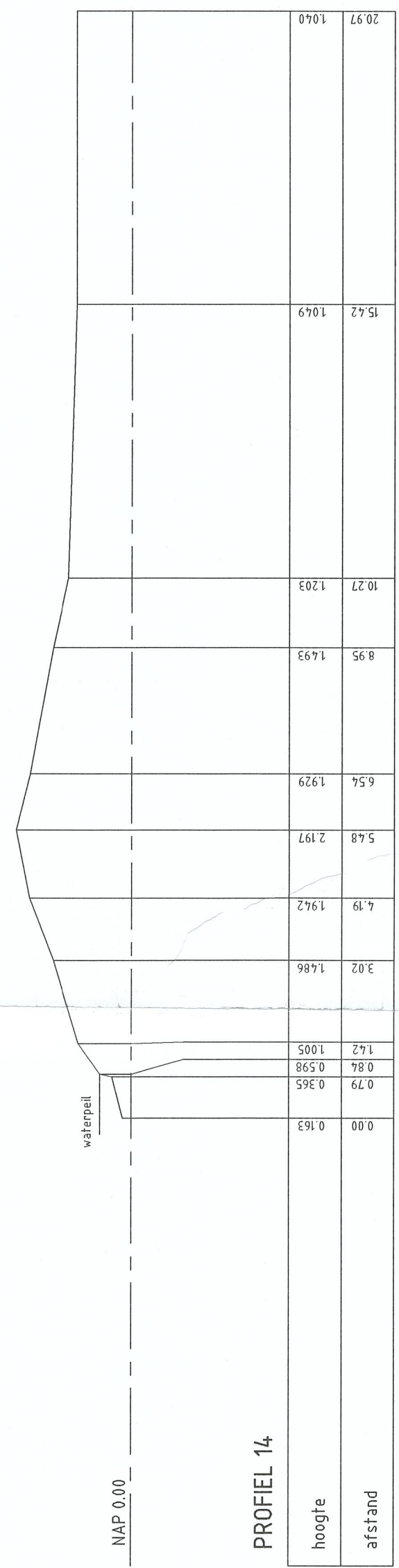
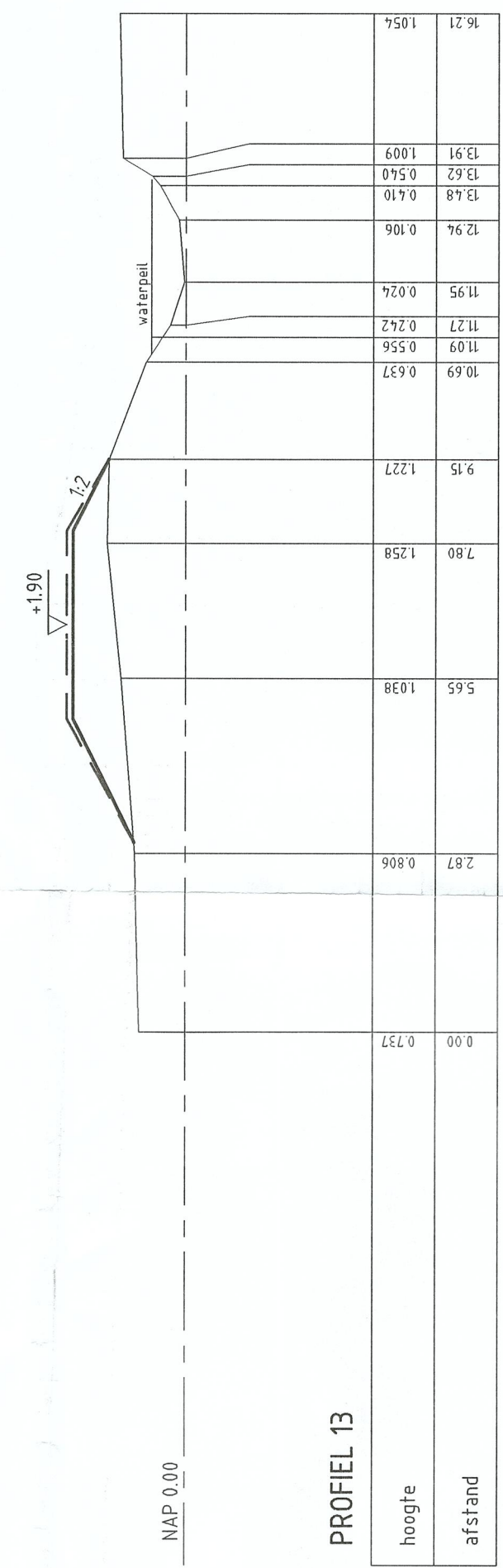
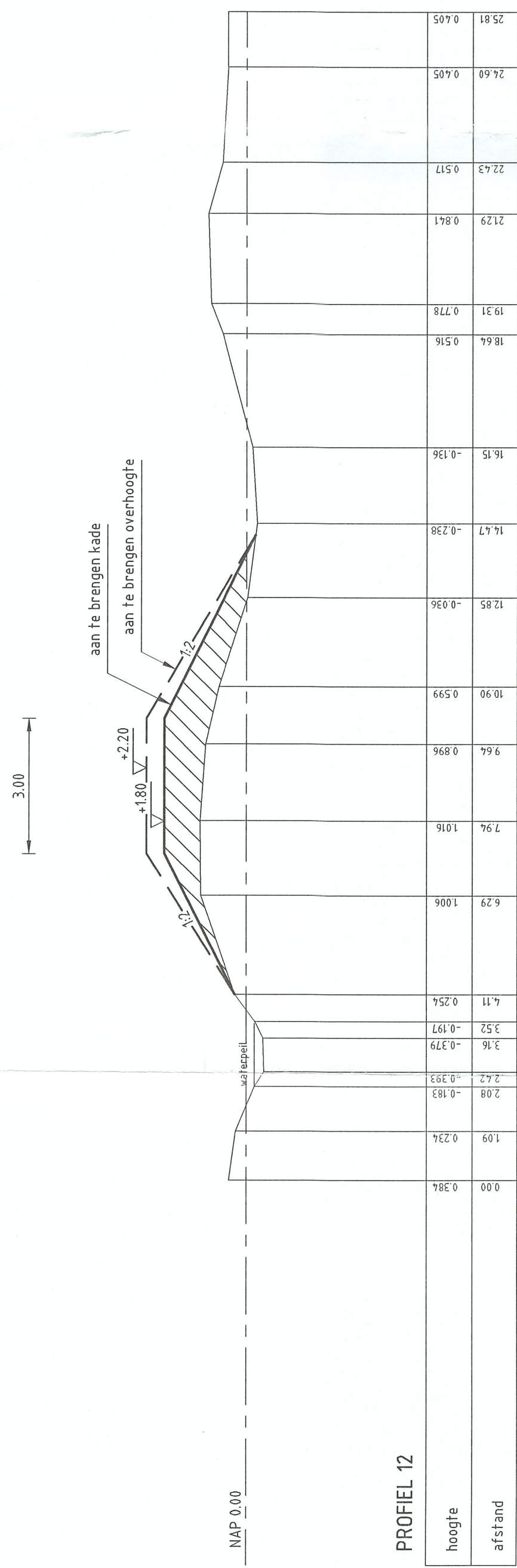
INRICHTING POLDERS LAPPENVOORT

Opdrachtgever: **WATERSCHAP HUNZE EN AA'S**

Onderdeel: **situatie kaden**

Code	Wijziging	Datum	Gel.	Contr.	Acc.	Projectnummer	Tekeningnummer	Bijlage	in bladen, blad
						165516	02-04-131	3	1
						Besteknummer	Formaat	School	
						07-2004	A1	15000	
						Get.	Contr.	Accoord	Datum
						Fk	Reba	19-05-04	0204131

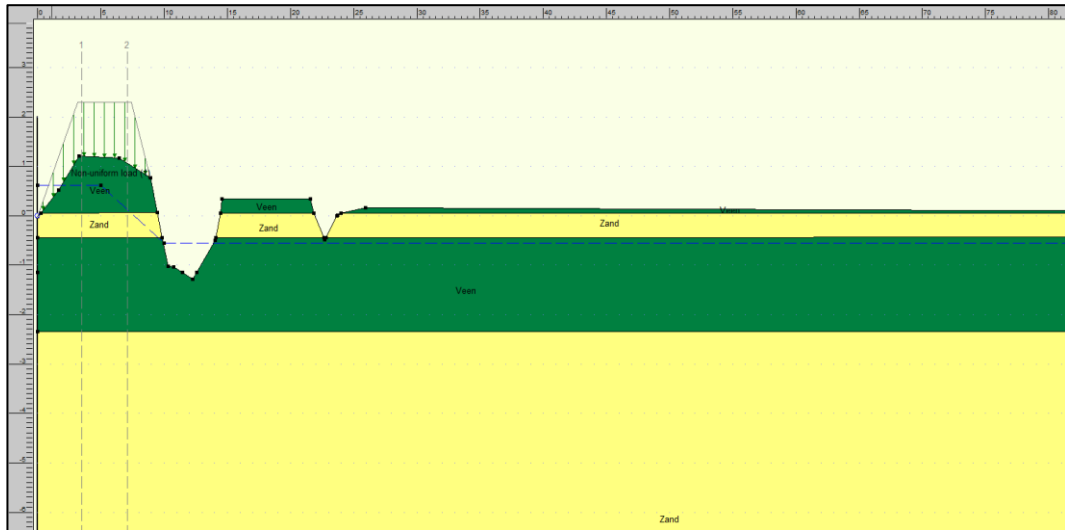
© Grontmij Groep Alle rechten voorbehouden



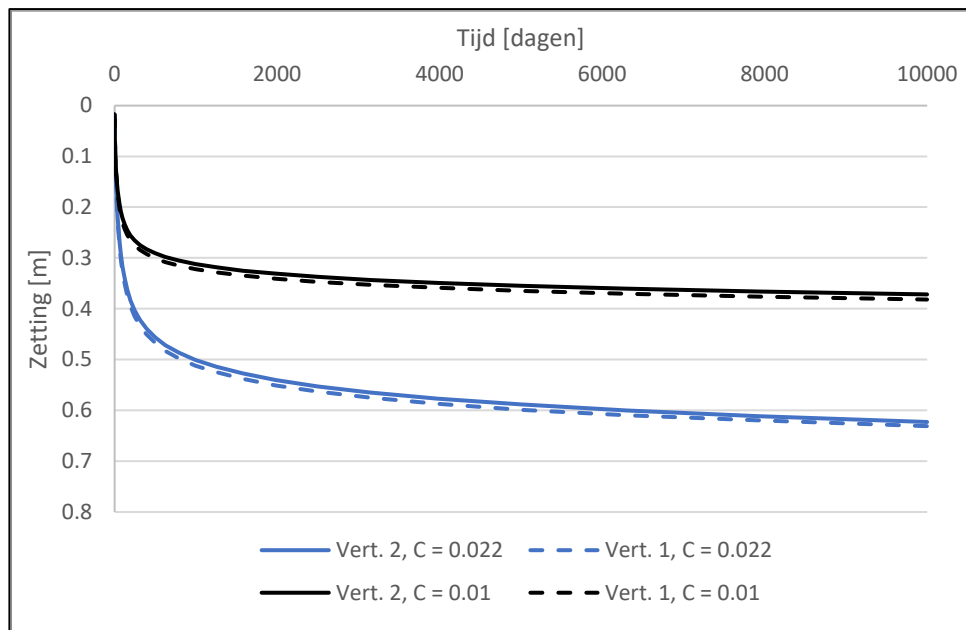
Bijlage 5 D-settlement berekeningen

Bijlage 5 D-settlement berekeningen

Berekeningen in het kader van kalibraties - Dijkvak 9A

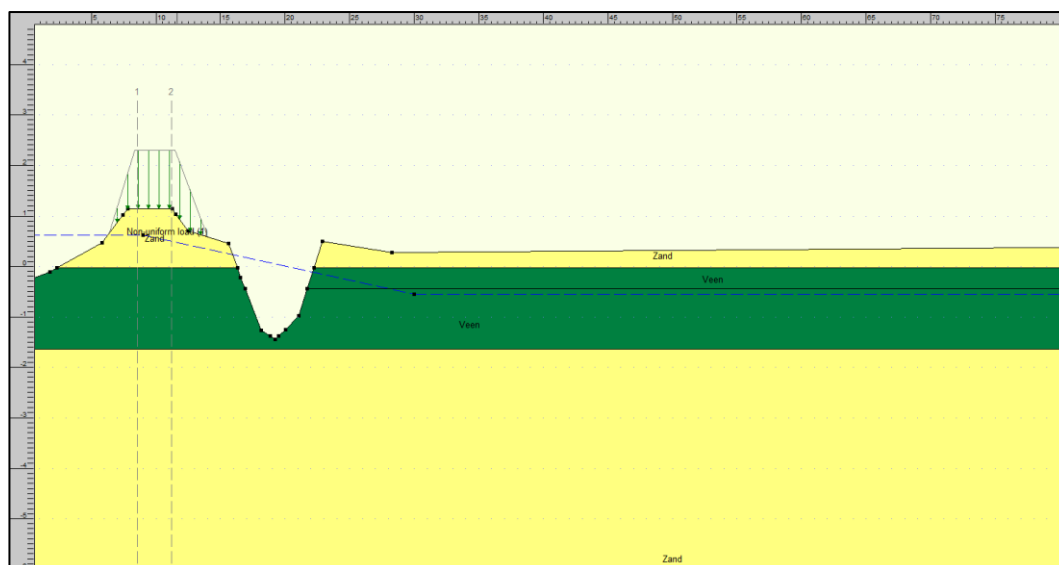


Figuur 9AA.1: Dijkvak 9A, schematisatie zettingsberekening situatie 2004, bodemopbouw conform HA_8.

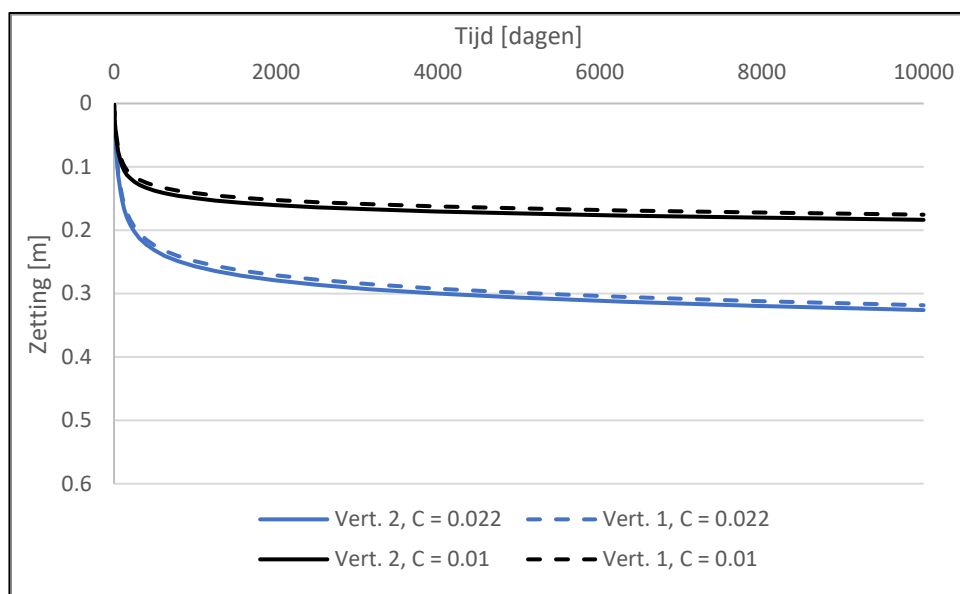


Figuur 9AA.2: Dijkvak 9A, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Berekeningen in het kader van kalibraties - Dijkvak 9B

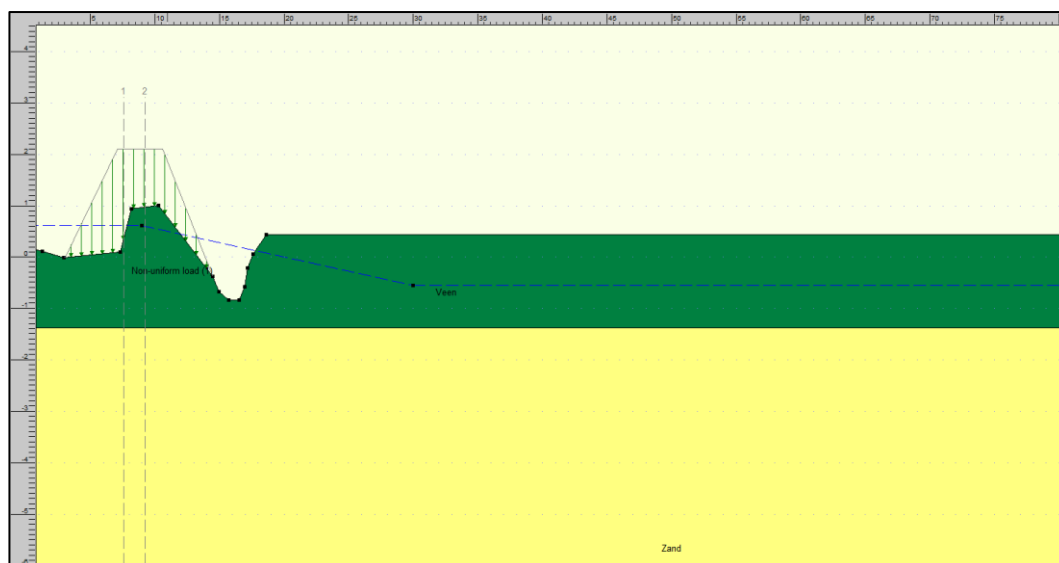


Figuur 9AB.1: Dijkvak 9B, schematisatie zettingsberekening situatie 2004, bodemopbouw conform HA_7.

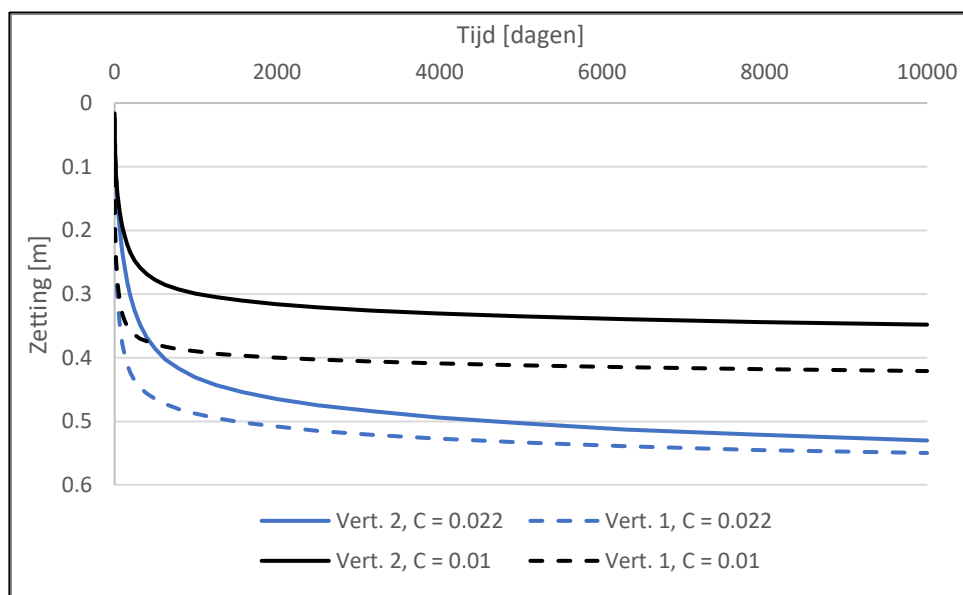


Figuur 9AB.2: Dijkvak 9B, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Berekeningen in het kader van kalibraties - Dijkvak 10

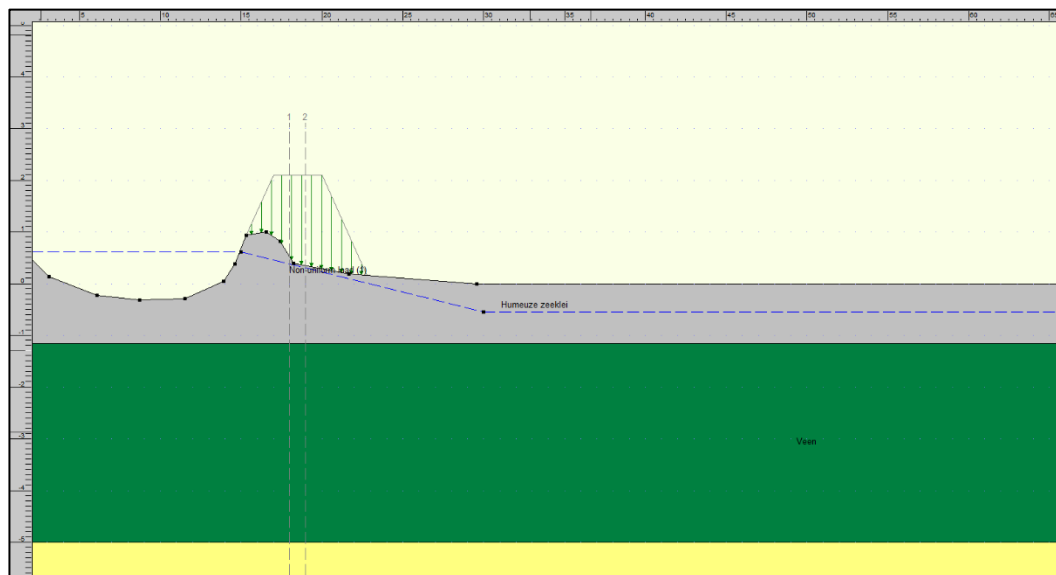


Figuur 10A.1: Dijkvak 10, schematisatie zettingsberekening situatie 2004, bodemopbouw conform HA_5.

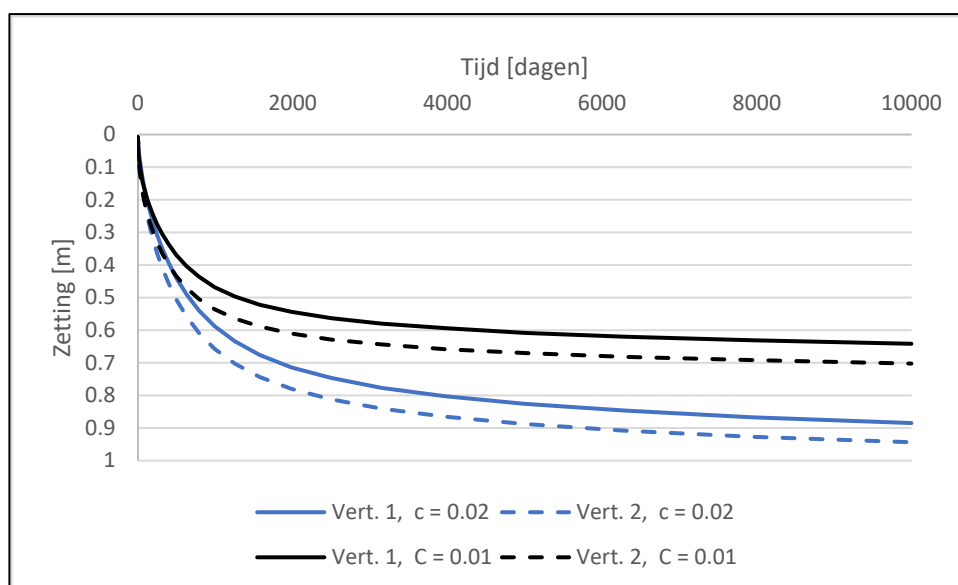


Figuur 10A.2: Dijkvak 10, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Berekeningen in het kader van kalibraties - Dijkvak 11A

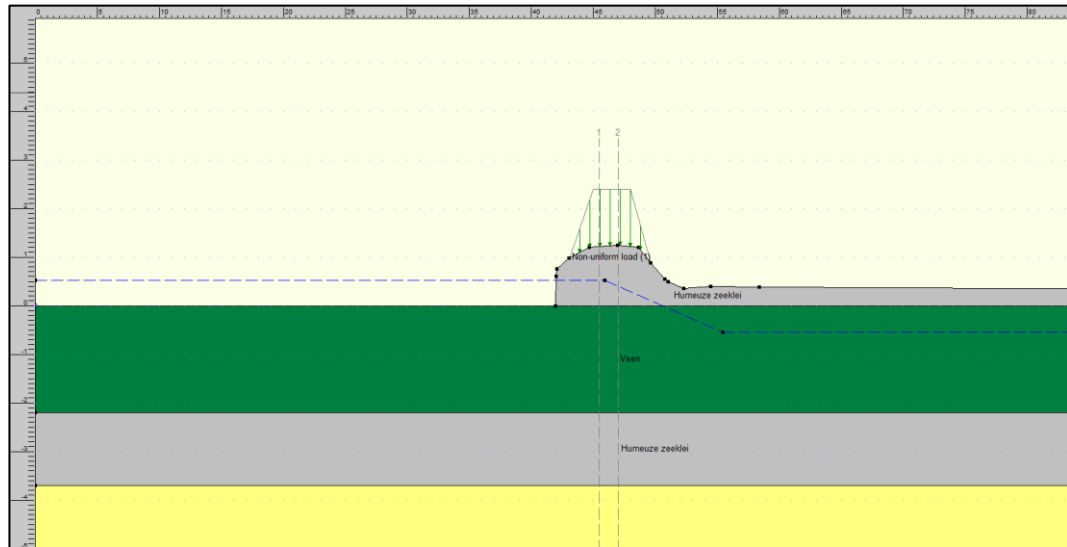


Figuur 11A.1: Dijkvak 11A, schematisatie zettingsberekening situatie 2004, bodemopbouw conform HB004.

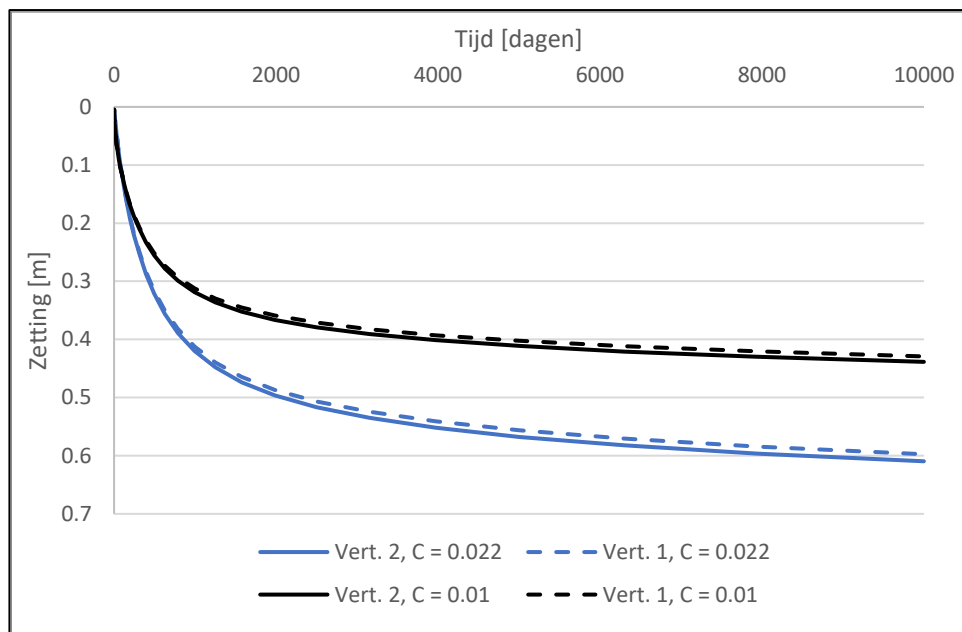


Figuur 11A.2: Dijkvak 11A, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Berekeningen in het kader van kalibraties - Dijkvak 12

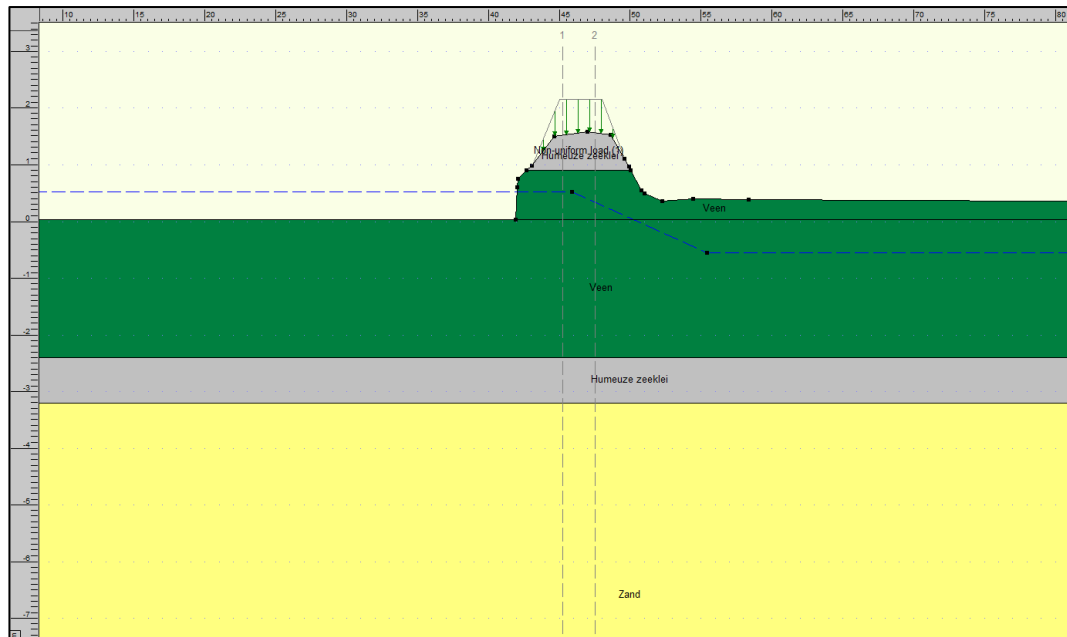


Figuur 12A.1: Dijkvak 12, schematisatie zettingsberekening situatie 2004, bodemopbouw conform S2.

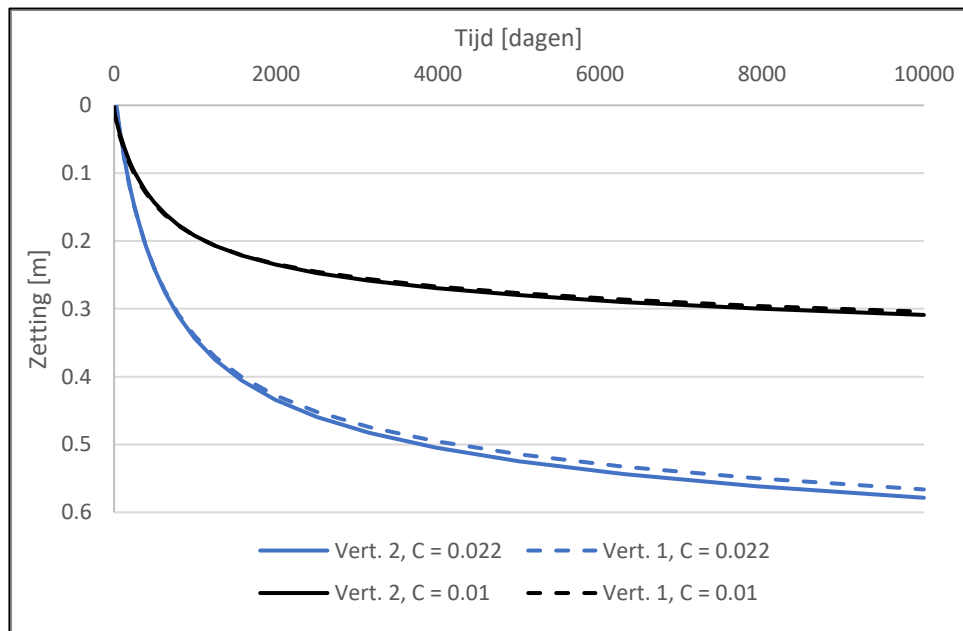


Figuur 12A.2: Dijkvak 12, berekende zettingen dijkversterking situatie 2004.

Berekeningen in het kader van kalibraties - Dijkvak 13

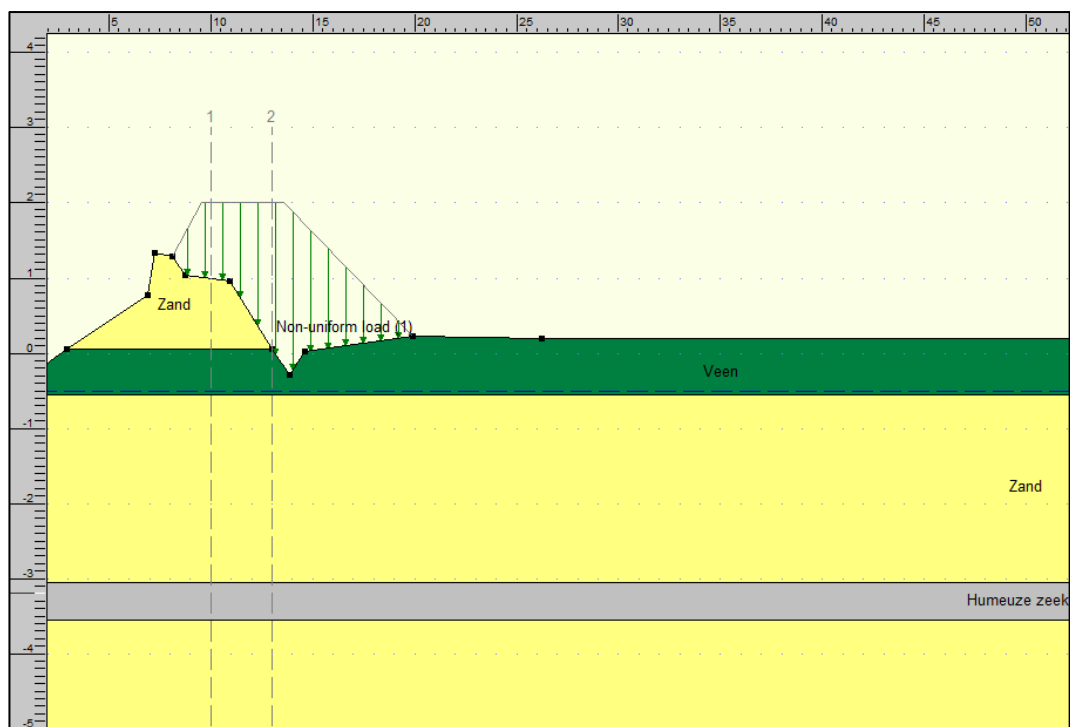


Figuur 13A.1: Dijkvak 13, schematisatie zettingsberekening situatie 2013, bodemopbouw conform S1.

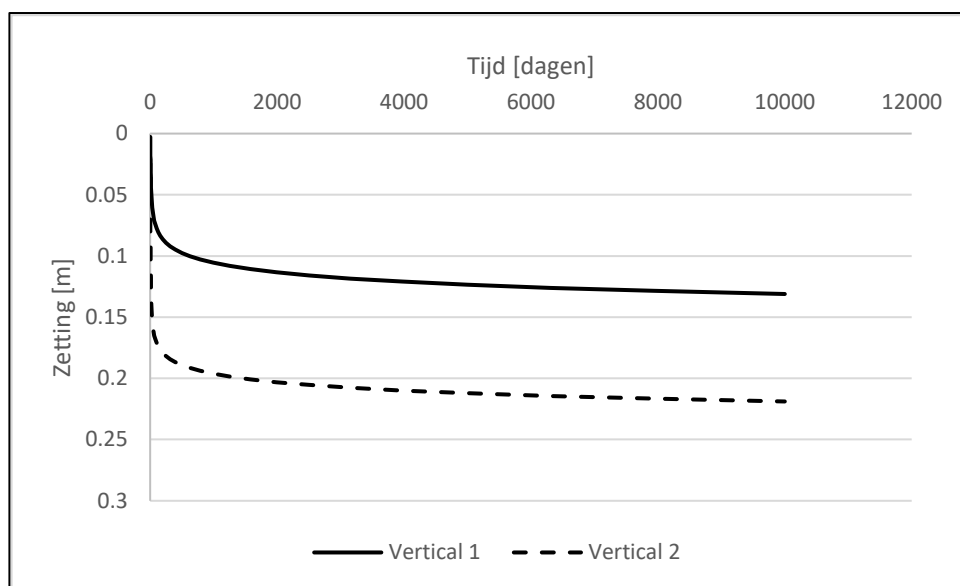


Figuur 13A.2: Dijkvak 13, berekende zettingen dijkversterking situatie 2013.

Zettingsanalyse – prognose VO – Dijkvak 1

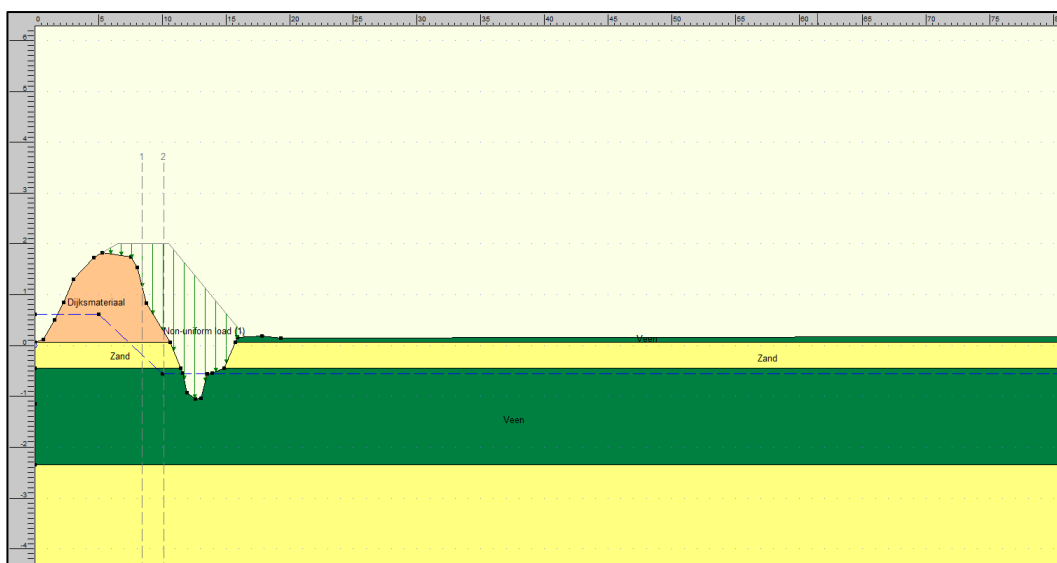


Figuur 10.1: dijkvak 1, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform HA_16L.

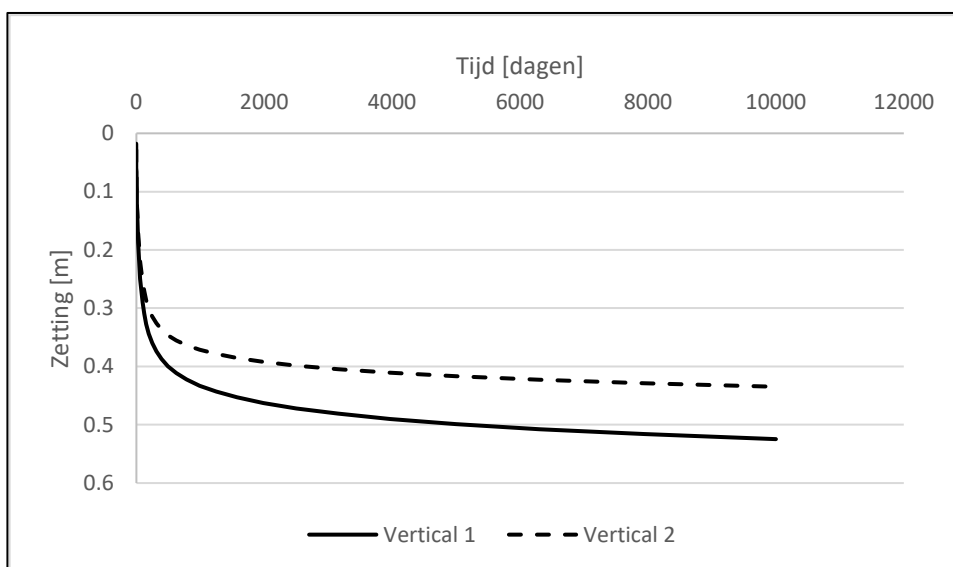


Figuur 10.2: dijkvak 1, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose SO – Dijkvak 9A

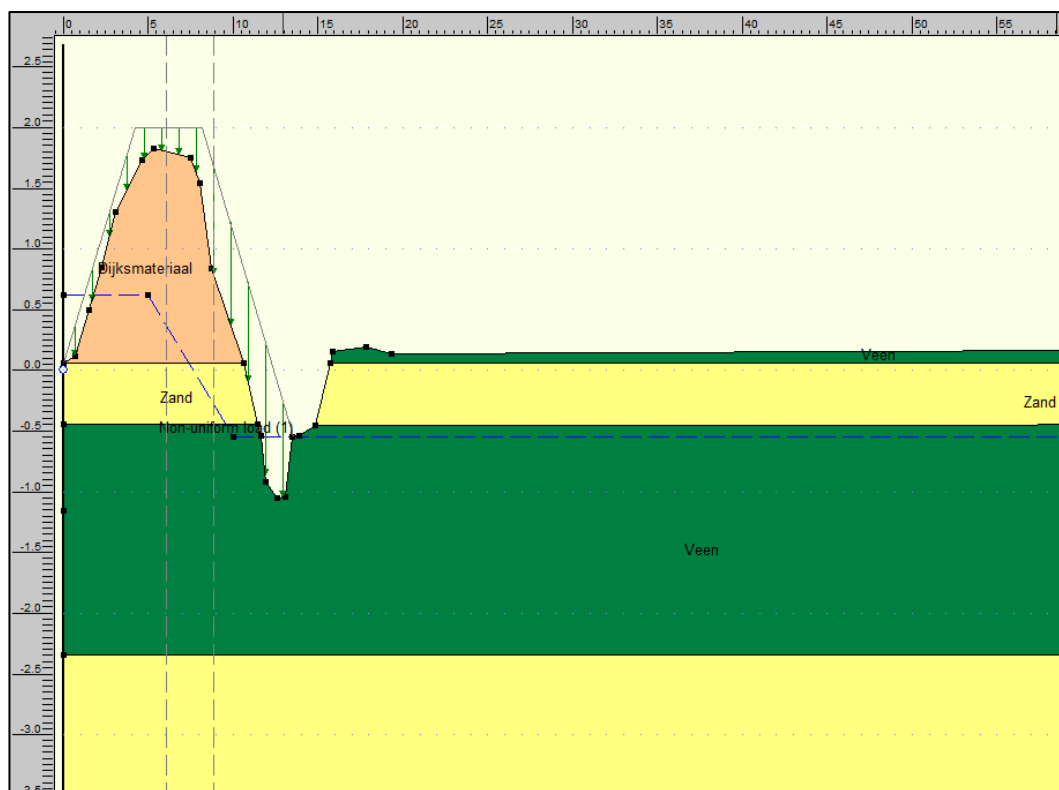


Figuur 9A.1: dijkvak 9A, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform HA_8.

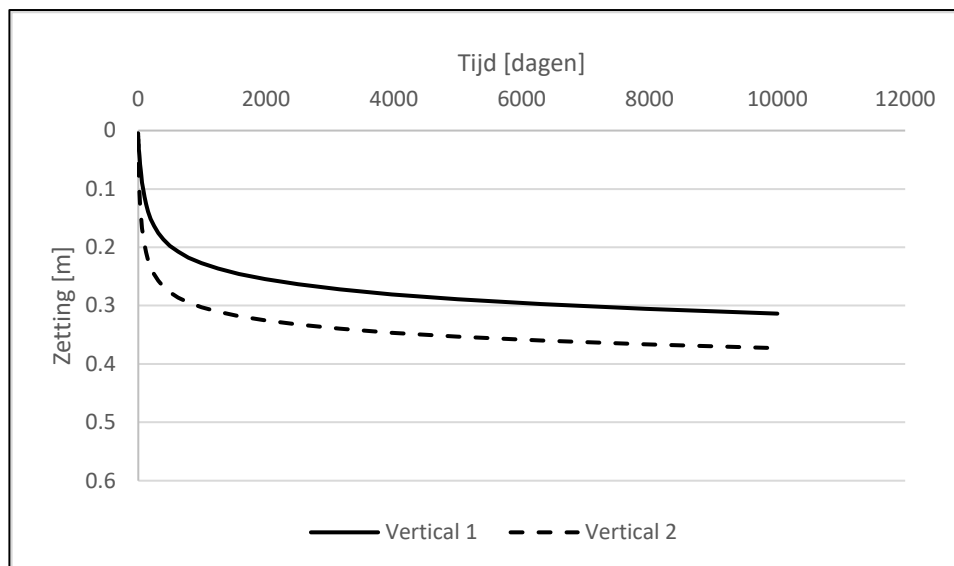


Figuur 9A.2: dijkvak 9A, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose VO – Dijkvak 9A

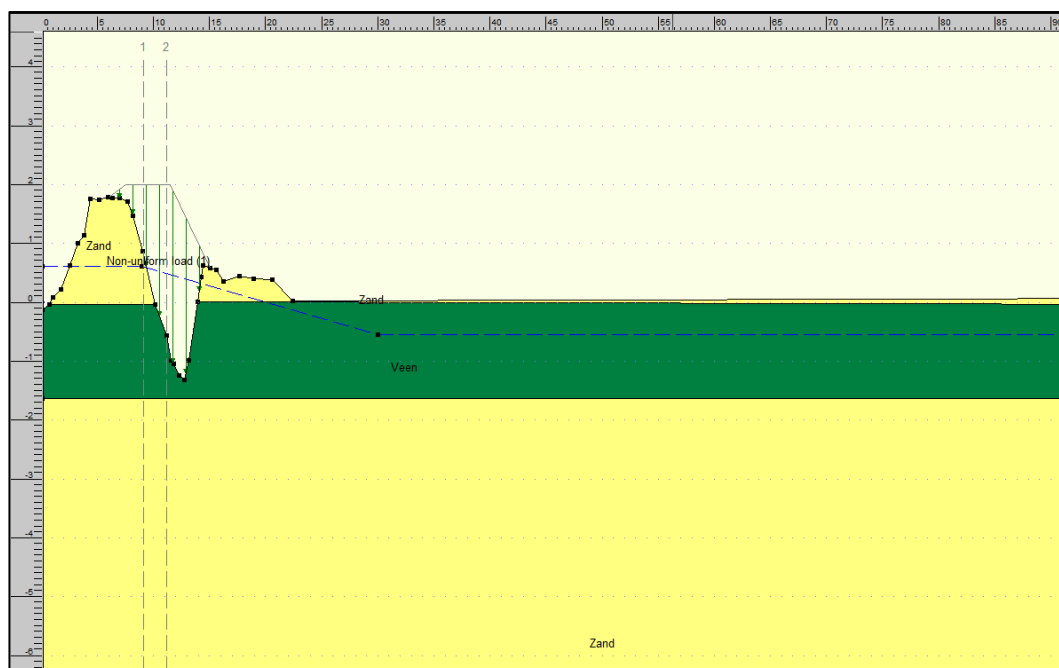


Figuur 9A.3: dijkvak 9A, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform HA_8.

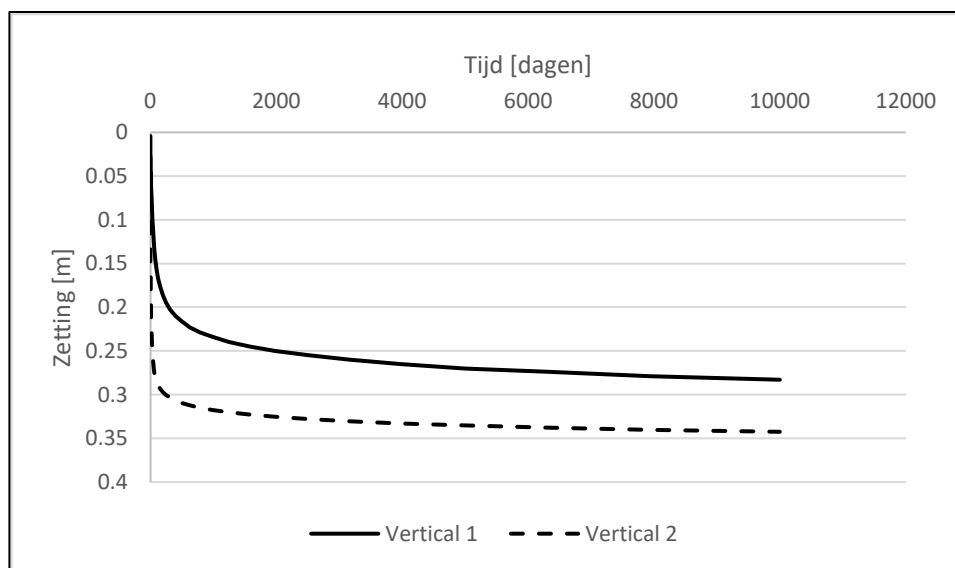


Figuur 9A.4: dijkvak 9A, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose SO – Dijkvak 9B

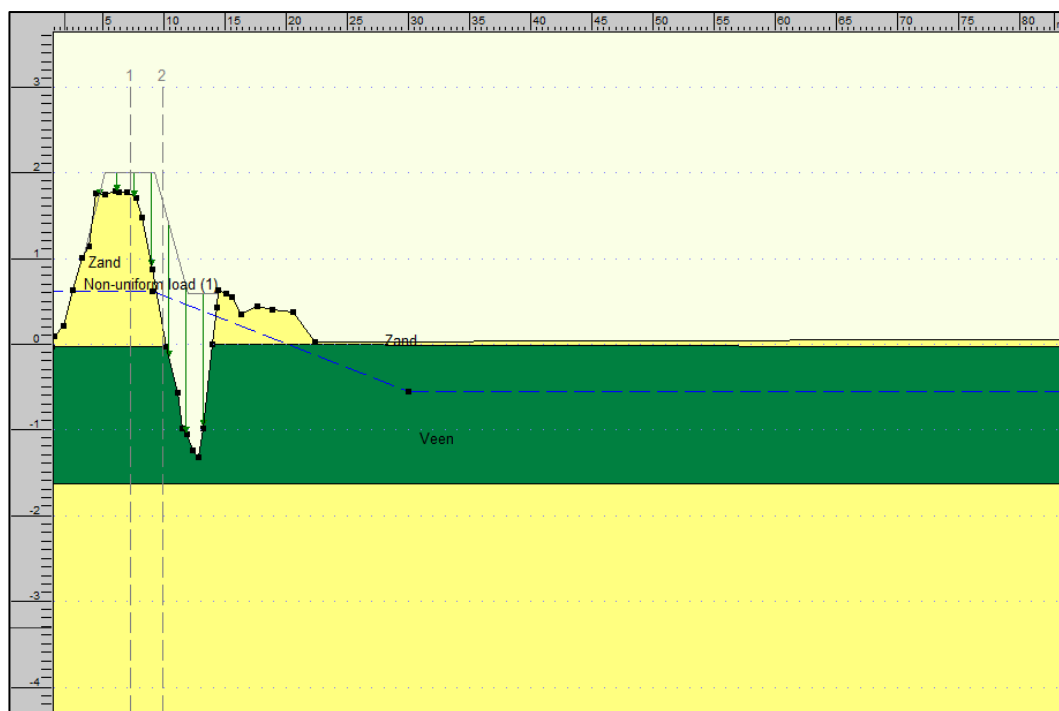


Figuur 9B.1: dijkvak 9B, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform HA_7.

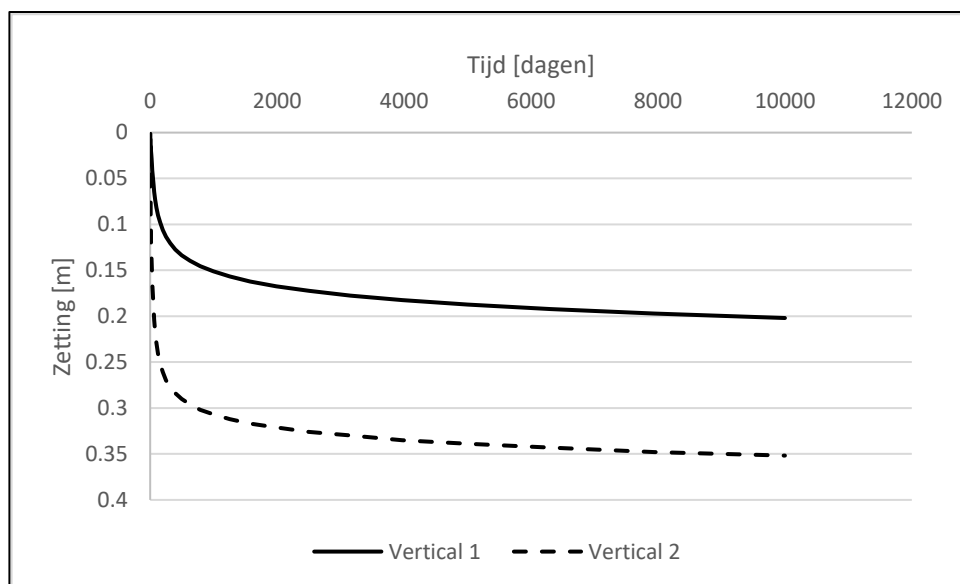


Figuur 9B.2: dijkvak 9B, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose VO – Dijkvak 9A

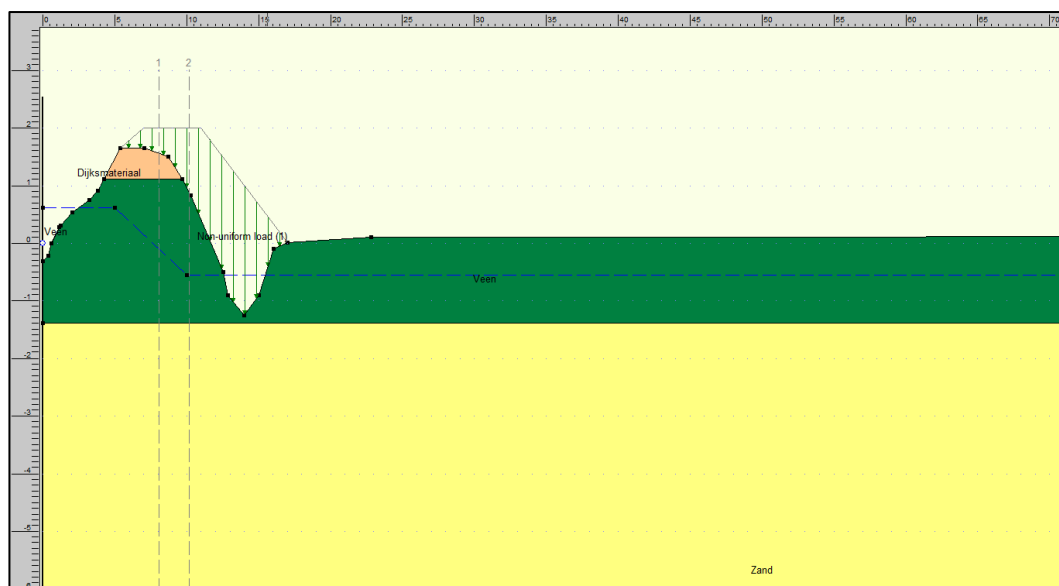


Figuur 9B.3: dijkvak 9B, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform HA_7.

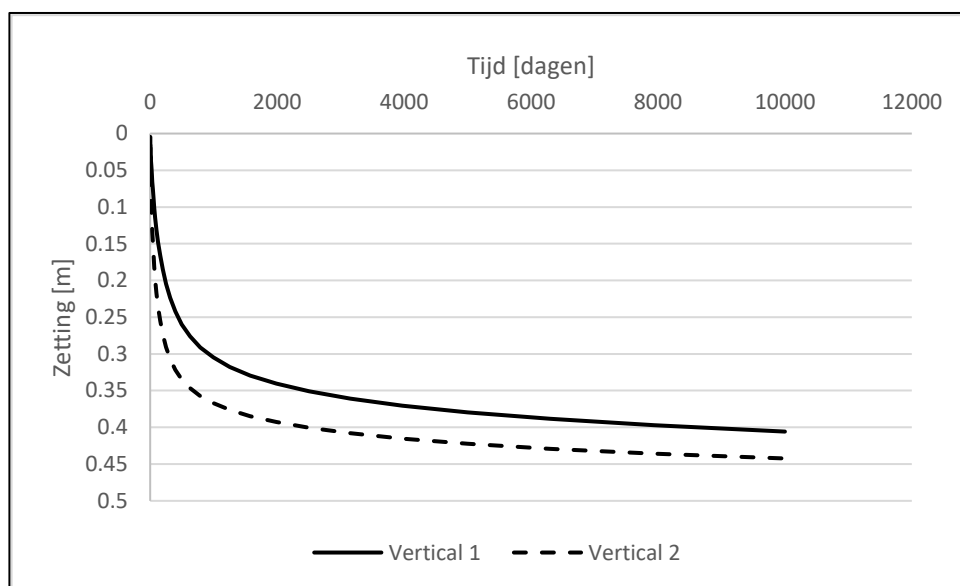


Figuur 9B.4: dijkvak 9B, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose VO – Dijkvak 10

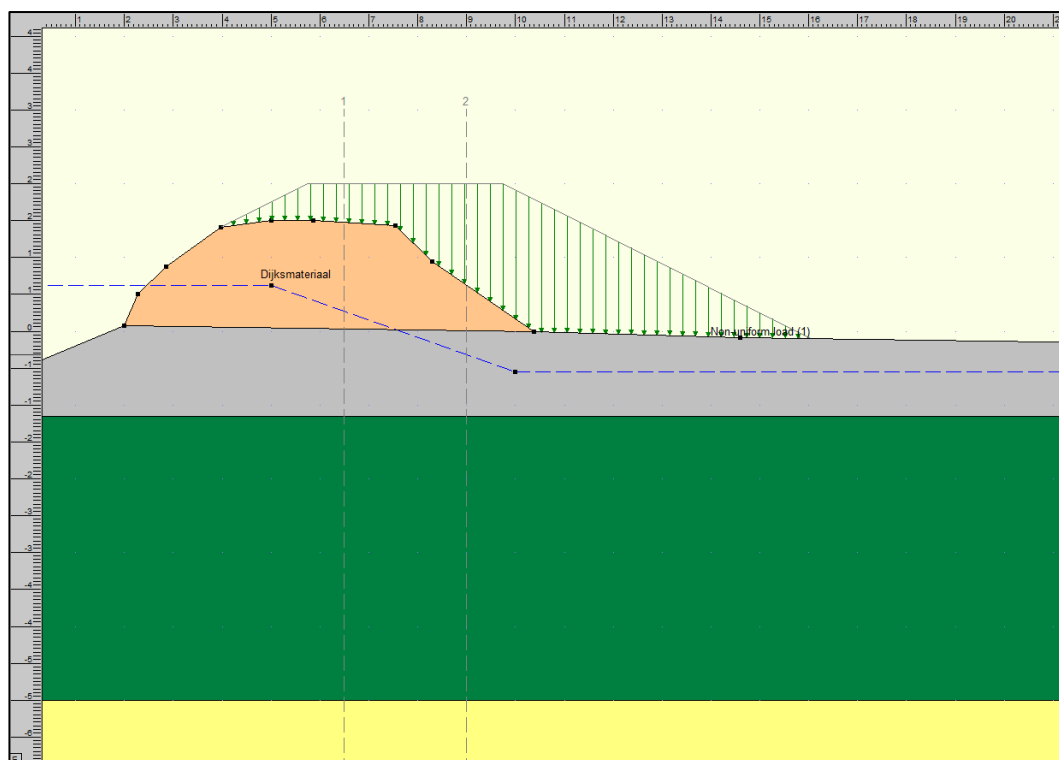


Figuur 10.1: dijkvak 10, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform HA_5.

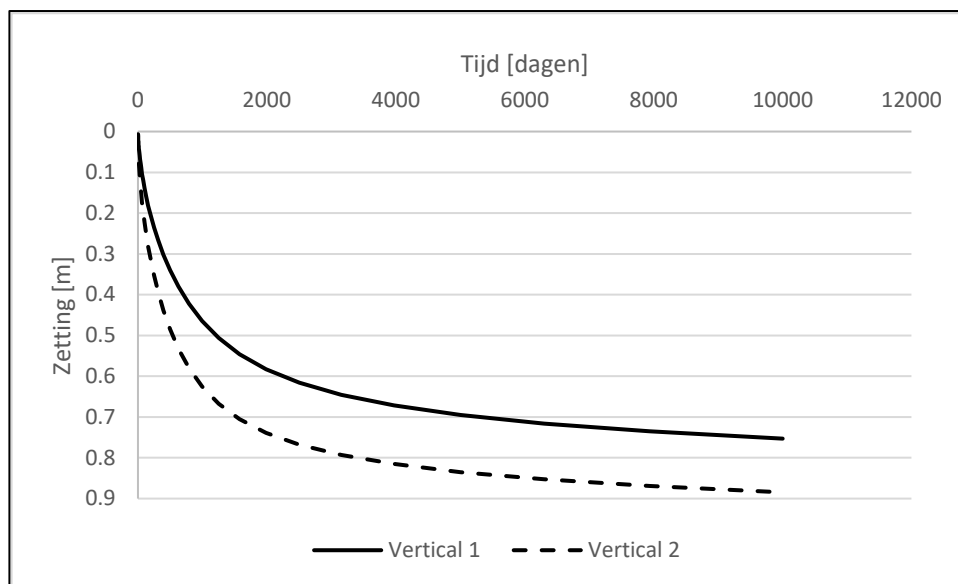


Figuur 10.2: dijkvak 10, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose SO – Dijkvak 11A

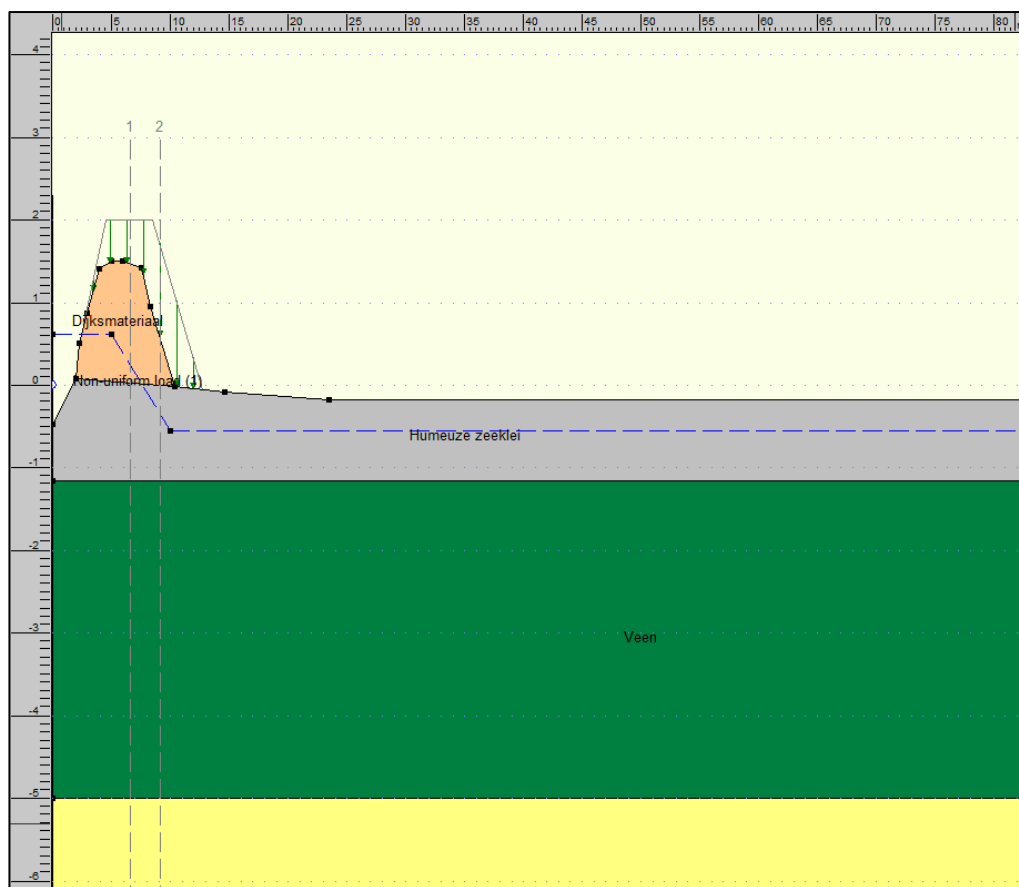


Figuur 11A.1: dijkvak 11A, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform HB004.

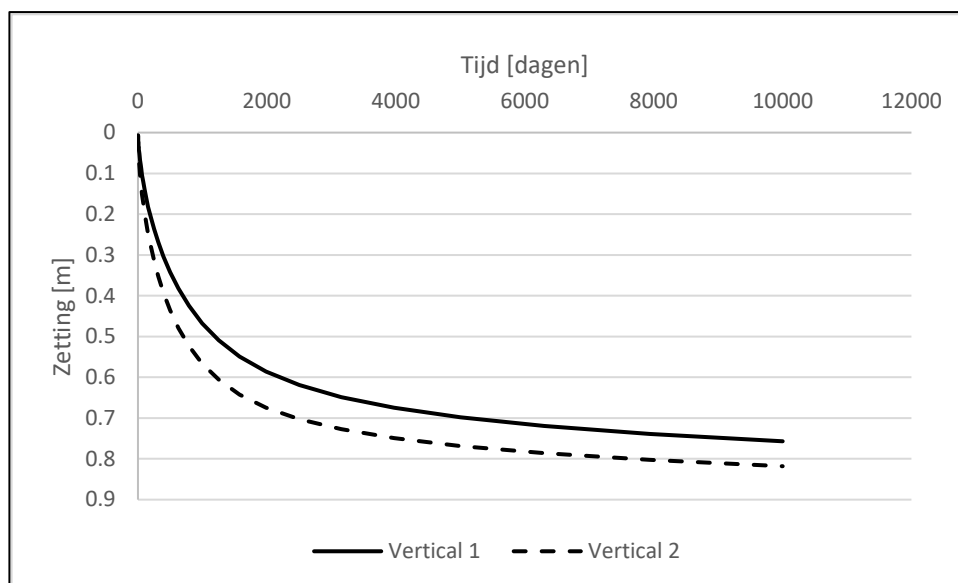


Figuur 11A.2: dijkvak 11A, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose VO – Dijkvak 11A

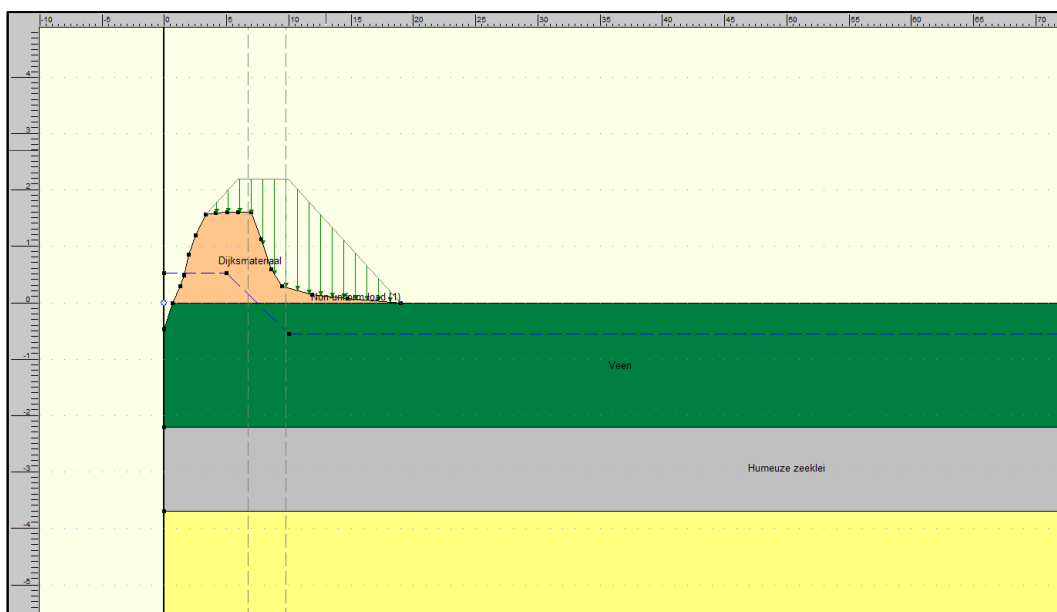


Figuur 11A.3: dijkvak 11A, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform HB004.

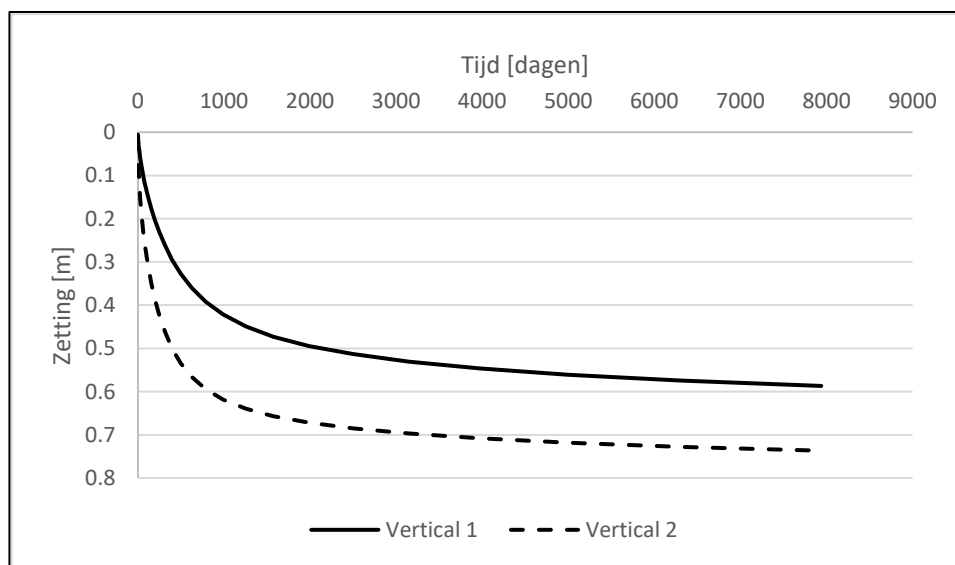


Figuur 11A.4: dijkvak 11A, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose SO – Dijkvak 12

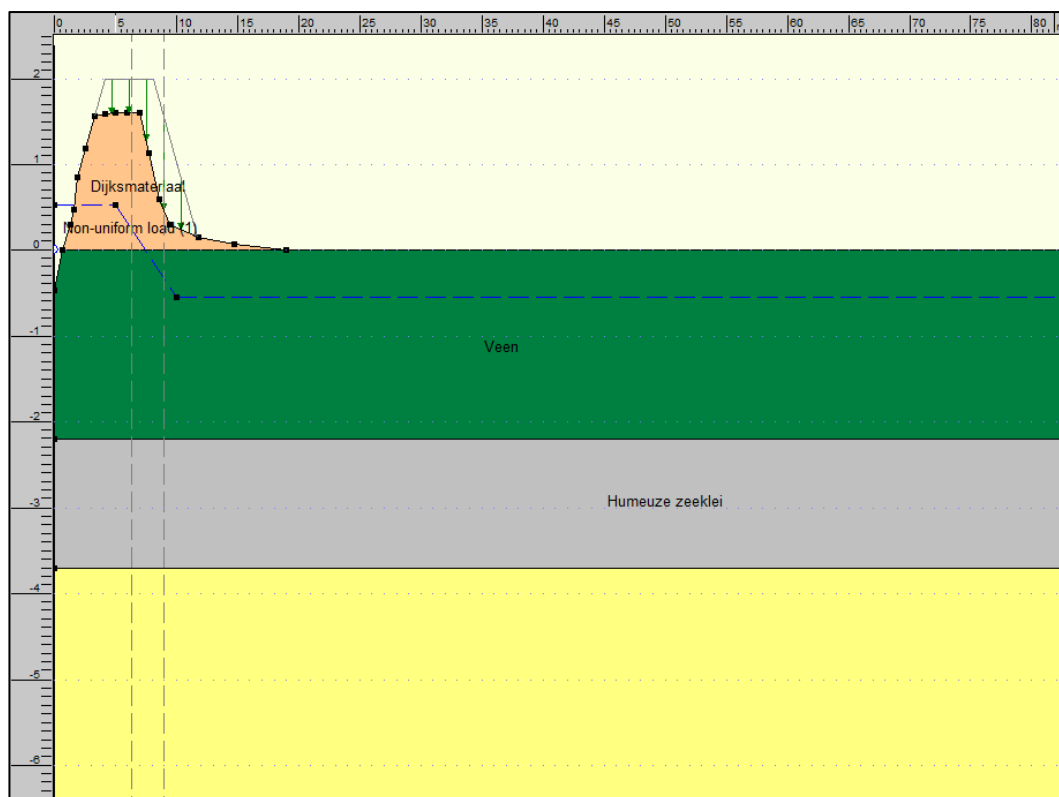


Figuur 12.1: dijkvak 12, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform S2.

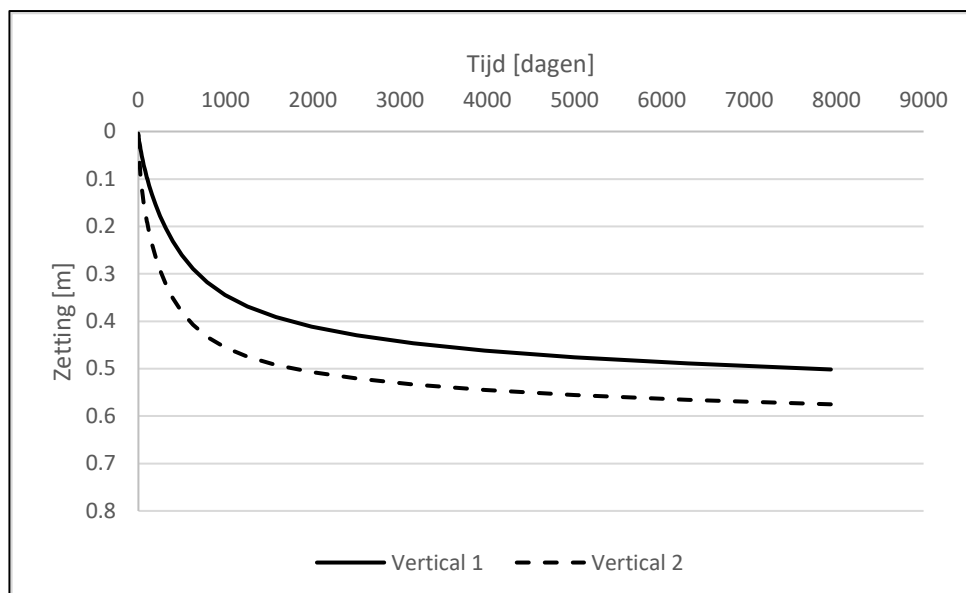


Figuur 12.2: dijkvak 12, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose SO – Dijkvak 12

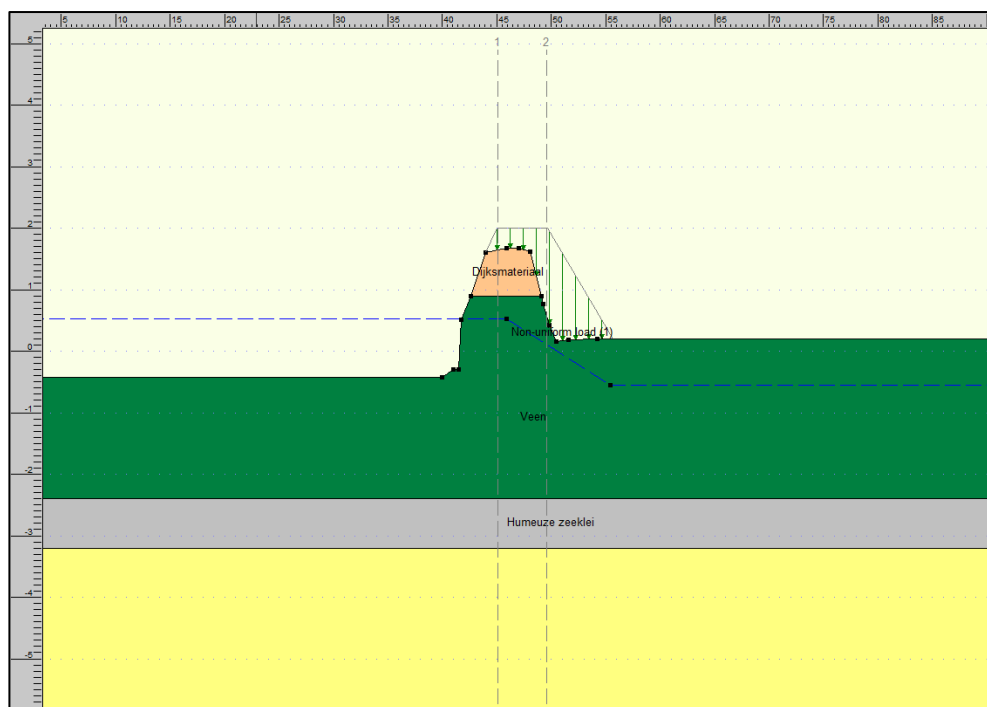


Figuur 12.3: dijkvak 12, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform S2.

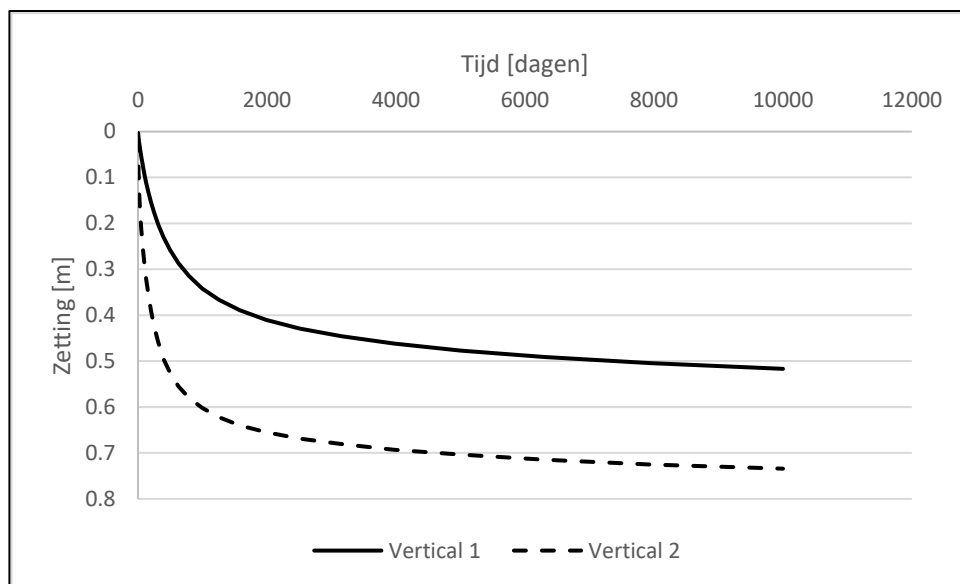


Figuur 12.4: dijkvak 12, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose SO – Dijkvak 13

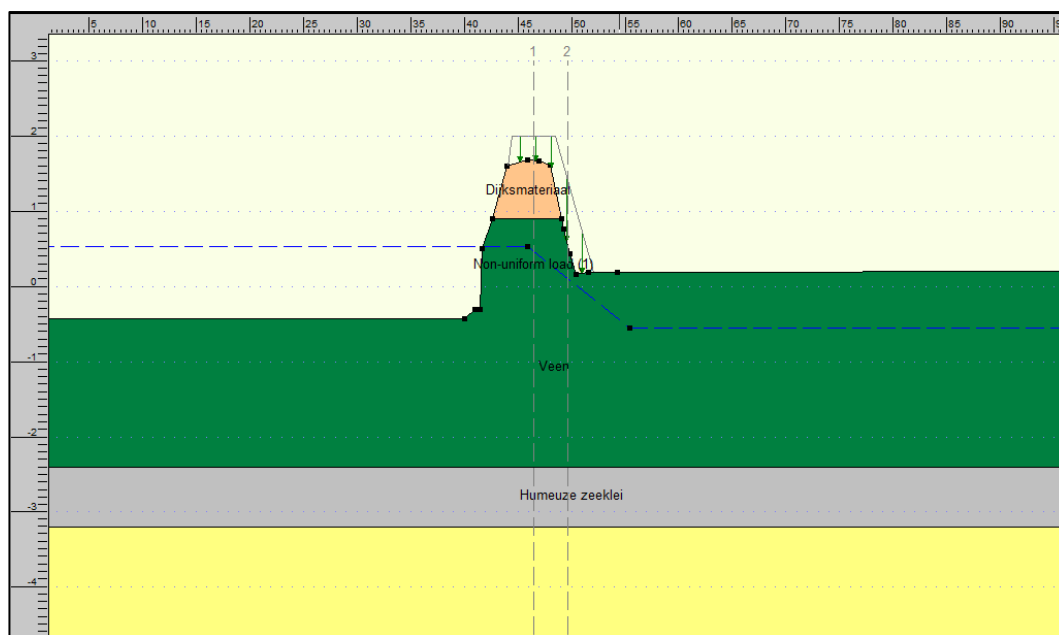


Figuur 13.1: dijkvak 13, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform S1.

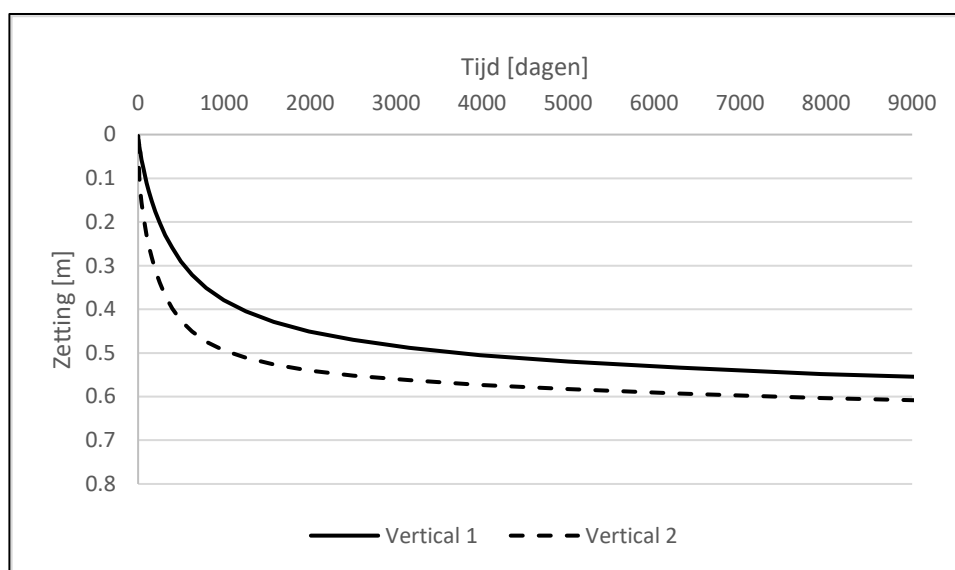


Figuur 13.2: dijkvak 13, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Zettingsanalyse – prognose VO – Dijkvak 13



Figuur 13.3: dijkvak 13, schematisatie zettingsberekening, bodemopbouw conform S1.



Figuur 13.4: dijkvak 13, berekend zettingsverloop op twee locaties van de kruin.

Bijlage 6 Geohydrologische schematisatie

Bijlage 6 Geohydrologische schematisatie

Aangehouden parameters in geohydrologische modellering

De modelopzet is weergegeven in de onderstaande figuur. Het model heeft de volgende kenmerken:

- Software: MicroFem v4.10.
- Type berekening: transsect, stationair.
- Lengte model: ca. 2000 m.
- Breedte model: gering.
- Onderzijde model: NAP -117 m.

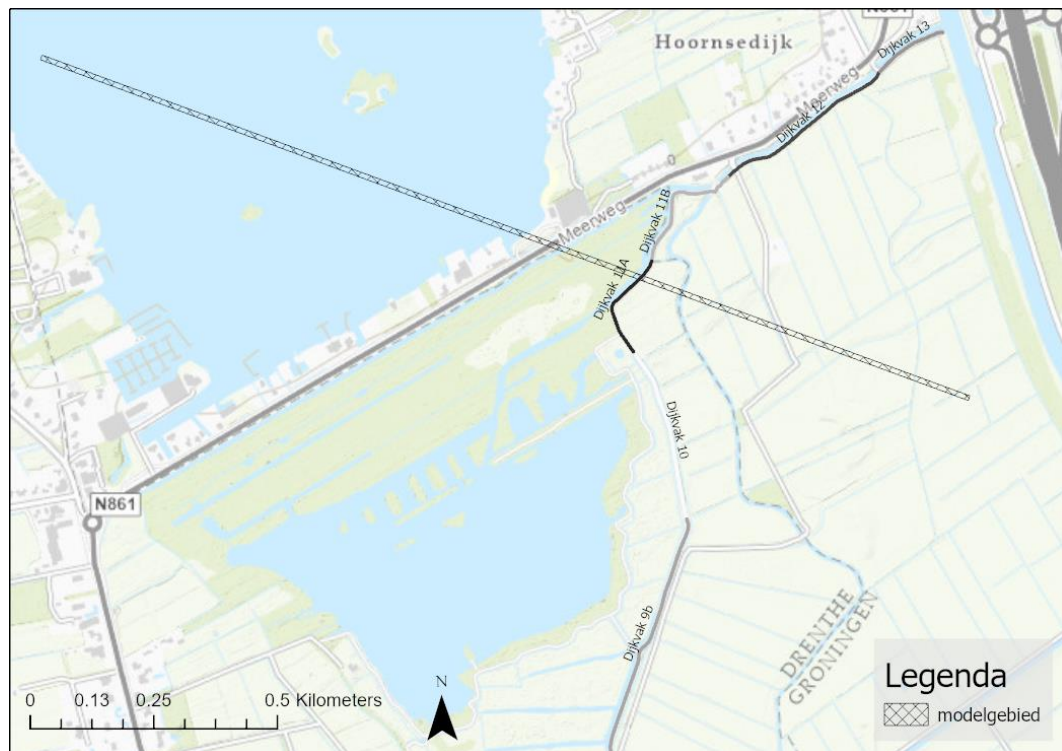
Het model is verdeeld in vier zones, dit zijn de volgende:

- Zone A: Polder Lappenvoort Oosterland.
Hier geldt een oppervlaktewaterpeil van NAP +1,50 m tijdens inzet.
- Zone B: Dijk.
Gelijk aan zone A.
- Zone C: Friescheveen.
Hier geldt een oppervlaktewaterpeil van NAP +0,90 m tijdens inzet.
- Zone D: Paterswoldemeer.
Hier geldt een oppervlaktewaterpeil van NAP -0,93 m tijdens inzet.

Het model heeft de volgende randen:

- Oppervlaktewaterpeilen conform zone A,B,C en D.
- In extreme omstandigheden staat polder Lappenvoort-Oosterland geheel onderwater.
Het polderpeil is derhalve ingevoerd over het gehele oppervlak.
- Ter plaatse van het Willemskanaal is de stijghoogte gelijk aan het oppervlaktepeil. Dit is ingevoerd middels een vaste rand met een stijghoogte op NAP +1,50 m. De grondlagen tot NAP -13 m hebben deze vaste rand. De diepere lagen worden deels bepaald door de regionale stroming en zijn derhalve niet hard opgegeven.
- Ter plaatse van de uiterst noordelijke rekencel in het Paterswoldermeer is de stijghoogte gelijk aan Isohyets. Dit is ingevoerd middels een vaste rand met een stijghoogte op NAP -0,75 m. De grondlagen tot NAP -13 m hebben deze vaste rand. De diepere lagen worden deels bepaald door de regionale stroming en zijn derhalve niet hard opgegeven.

Het Paterswoldemeer is aangesloten op het watersysteem van waterschap Noorderzijlvest. Deze is onderdeel van de Electraboezem. Daarmee is deze geen onderdeel van hetzelfde watersysteem als het projectgebied. Een gelijktijdig extreem hoogwater is daarom onwaarschijnlijk. Daarom is gerekend met het winterpeil.



Figuur B6.1: Opzet van het geohydrologische model.

De schematisatie van de bodemopbouw is weergegeven in tabel B6.1 tot en met B6.3. De geohydrologische parameters zijn overgenomen uit REGIS II v2.2. De verticale weerstanden tussen de lagen is gebaseerd op een verhouding van $k_h/k_v = 2$. De weerstand van de deklaag is gebaseerd op een weerstand van 100 dagen per meter slecht doorlatende laag.

Ter plaatse van zone A bestaat de bodem uit slecht doorlatende lagen. Deze hebben een wisselende dikte. De boringen geven een slecht doorlatende laag die varieert van 0,6 tot meer dan 5 m. Er is gerekend met een tussenwaarde van 2 m slecht doorlatende laag.

Ter plaatse van het Paterswolde meer bestaat de slecht doorlatende laag uit sliblagen en een veenlaag. De weerstand is bepaald op basis van de veenlaag. De sliblagen liggen aan het oppervlak en zullen bij kweldruk worden opgedrukt zonder weerstand.

Tabel B6.1: Bodemschematisatie in zone A.

Soort	Laag	Diepte [mN.Maaiveld]	kh waarde	D [m]	KD	c [dagen/m c_tot]	Beschrijving [-]
zand	Laag 1 (veen)	-4	-2	2	2	100	200 Lithologie: Zandige eenheid, hoofdz
	Laag 1	-7		5	3	15	
zand	Laag 2	-13		3	6	18	2.6 Lithologie: Zandige eenheid, hoofdz
zand, matig	Laag 3	-53		10	40	400	6.0 Lithologie: Zandige eenheid, hoofdz
zand, grof	Laag 4	-117		50	64	3200	5.3 Lithologie: Zandige eenheid, hoofdz

Tabel B6.2: Bodemschematisatie in zone B en C.

Soort	Laag	Diepte [mN.Maaiveld]	kh waarde	D [m]	KD	c [dagen/m c_tot]	Beschrijving [-]
zand	Laag 1 (veen)	-4	0	4	4	100	400 Lithologie: Zandige eenheid, hoofdz
	Laag 1	-7		5	3	15	
zand	Laag 2	-13		3	6	18	2.6 Lithologie: Zandige eenheid, hoofdz
zand, matig	Laag 3	-53		10	40	400	6.0 Lithologie: Zandige eenheid, hoofdz
zand, grof	Laag 4	-117		50	64	3200	5.3 Lithologie: Zandige eenheid, hoofdz

Berekeningsrapportage

Voorlopig geotechnisch ontwerp Lappenvoort

projectnummer 0472575.101

9 december 2022 revisie 2

Waterschap Hunze en Aa's

**Tabel B6.3: Bodemschematisatie in zone D.**

Soort	Laag	Diepte [mN.Maaiveld]	kh waarde	D [m]	KD	c [dagen/m c_tot]	Beschrijving [-]
zand	Laag 1 (veen)	-1	0		1	100	100
	Laag 1	-7		5	6	30	
zand	Laag 2	-13		3	6	18	3.2
	Laag 3	-53		10	40	400	6.0
zand, grof	Laag 4	-117		50	64	3200	5.3

Bijlage 7 Memo zettingen en beïnvloeding persleiding

Bijlage 7 Memo zettingen en beïnvloeding persleiding

Memo

memonummer 472575.Geo.03
 datum 30 maart 2022
 aan
 van B. van Meekeren
 kopie
 project Geotechnische berekeningen Lappenvoort Oosterland
 projectnr. 0472575.101
 betreft Zettingen en beïnvloeding persleiding

1 Inleiding

In opdracht van Waterschap Hunze en Aa's heeft Antea Group een impact analyse gemaakt voor leiding ZAT01058-LE-010. Waterschap Hunze en Aa's realiseert de kadeverbetering Lappenvoort-Oosterland. Daarbij worden diverse werkzaamheden met grondverzet uitgevoerd ten behoeve van kadeversterking. Deze werkzaamheden worden op een geringe afstand van een leiding uitgevoerd.



figuur 1-1: Bovenaanzicht kruisende leiding met dijkvak 6 aangeduid als label '6'.

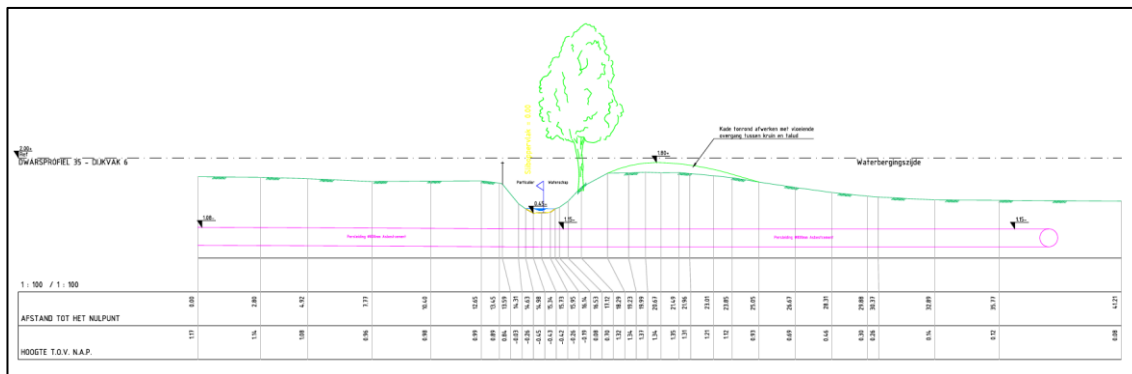
Het traject Kadeverbetering Lappenvoort-Oosterland ligt in de gemeenten Tynaarlo en Groningen ten oosten van het Noord-Willemskanaal, ten westen van het dorp Paterswolde, ten noorden van vliegveld Eelde en ten zuiden van het Paterwoldsemeer. Tussen 2000-2004 is deze polder ingericht voor de waterberging bij hoogwatersituaties ($T=100$ jaar capaciteit ca. 4,6 miljoen m^3). De kade is sneller en meer gezakt dan ten tijde van de aanleg werd voorzien waardoor ca. 4,2 km van de 7,0 km van het projectgebied niet langer voldoet en wordt versterkt.

Deze notitie gaat in op werkzaamheden rondom persleiding ZAT01058-LE-010 van Waterschap Noorderzijlvest. Daarbij worden zettingen rondom de locatie bepaald en de impact op de leiding. Het doel hierbij is om het verschil t.o.v. de huidige situatie inzichtelijk te maken.

2 Uitgangspunten

2.1 Dijkontwerp

Tekeningen van de voorgenomen werkzaamheden op en rondom de dijk en leiding zijn opgenomen in bijlage 1 en weergegeven in figuur 2-1. Dijkvak 6 ligt op de kortste afstand van persleiding ZAT01058-L E-010. De gehanteerde kruinhoogte tot aan het einde van de levensduur bedraagt NAP +1,8 m bij een bestaand maaiveld van ca. NAP 1,34-1,21 m. De ophoging direct boven de leiding bedraagt minimaal 41 cm. De persleiding doorkruist de op te hogen kade.



figuur 2-1 Dwarsdoorsnede met voorgenomen werkzaamheden.

2.2 Leidingligging

De tekening van persleiding ZAT01058-LE-010 is opgenomen in bijlage 2. Tekeningen van het ontwerp van de leiding komen uit het jaartal 1983. De tekening toont een asbestcement leiding met een diameter leiding 800 mm met een wanddikte van 32 mm bij de doorkruising van dijkvak 6. De bovenkant van de persleiding ligt op NAP -1,1 m. De onderzijde van de leiding ligt op NAP -1,9 m.

2.3 Bodemopbouw

De bodemopbouw volgt uit grondonderzoek. Het grondonderzoek op de locatie is weergegeven in de overzichtskaart van bijlage 3. Het grondonderzoek zelf is ook opgenomen in bijlage 3. Grondopbouw voor dijkvak 6 is geschematiseerd op basis van lokaal grondonderzoek HB305 en HA_10. De bodemprofielen zijn weergegeven in onderstaande tabellen. Voor de zetting schematisatie is het maatgevend profiel gebaseerd op HB305 waarbij de bovengrond vanaf NAP +0,7 m als klei wordt beschouwd.

Niveau bovenzijde [m t.o.v. NAP]	Niveau onderzijde [m t.o.v. NAP]	Grondsoort [-]
+0,9	+0,7	Zand
+0,7	-1,2	Veen
-1,2	-1,8	Zand

Tabel 2-1: Bodemopbouw t.p.v. boring HB305

Niveau bovenzijde [m t.o.v. NAP]	Niveau onderzijde [m t.o.v. NAP]	Grondsoort [-]
+2,0	-3,0	Zand

Tabel 2-2: Bodemopbouw t.p.v. boring HA_10

2.4 Rekenmethodiek

De methodiek heeft de volgende uitgangspunten:

- Software: D-settlement versie 21.2.
- Zettingsmodel: abc-isotache.
- Bodemopbouw: conform grondonderzoek.
- Zettingsparameters: conform laboratoriumonderzoek.
- Kruip van de zettingen (c-parameter in abc-isotache) wordt gekalibreerd op de werkelijke zettingen tussen AHN2 en AHN3. De zettingen worden bepaald door het verschil tussen deze twee te nemen en te corrigeren voor de daling van de gaswinning. De bodemdaling door gaswinning in 2013 (statusrapport

2015) en 2018 (statusrapport 2020) is ca. 0,01 m in 5 jaar. Er wordt dus gecorrigeerd met 0,02 m voor de periode tussen AHN2 en AHN3. De eindzetting is bepaald met de optie "maintain profile".

- Zetting in berekeningen start 1 dag na aanbrengen van de ophoging. Daarbij is de mee te nemen zettingsduur 10.000 dagen.

Horizontale verplaatsingen worden berekend met de onderstaande zaken:

2.5 Parameters

Er zijn laboratoriumproeven zijn uitgevoerd op het veen. Hierbij zijn parameterwaarden voor de POP-waarde vastgesteld. De aangehouden waarden zijn weergegeven in Tabel 2-3. Op de project locatie zijn watergangen aanwezig. Het zomerpeil voor deze locatie is NAP -0,45 m. Deze waarde is aangehouden in de analyses.

Tabel 2-3: Zettingsparameters

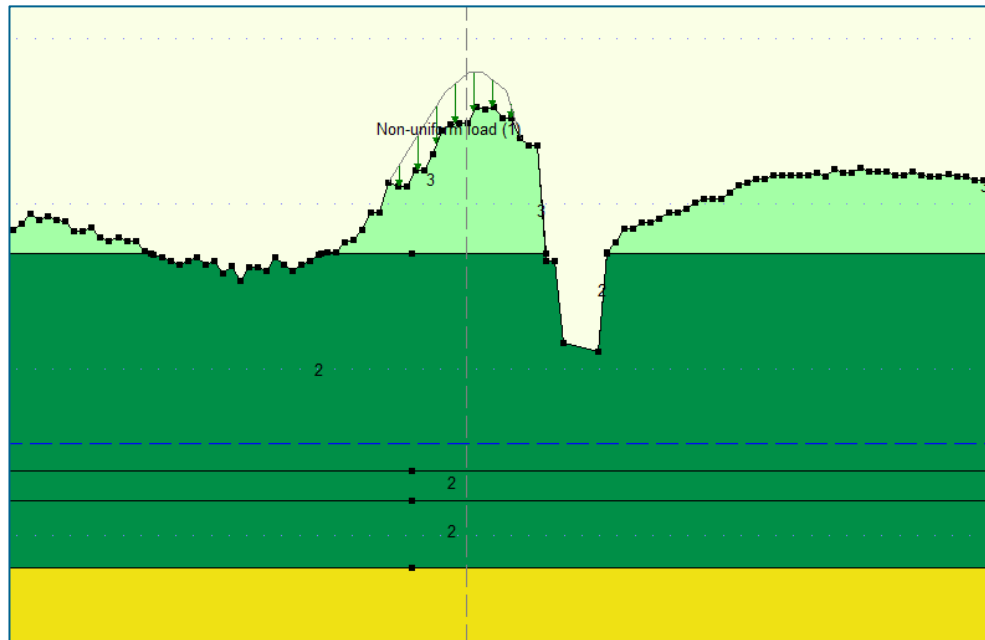
Grondlaag	γ_{sat} [kN/m ³]	POP	a	b	c	cv
Humeuze zeeklei	15	11	0,010	0,140	0,007	$8,0 \times 10^{-8}$
Veen	10,5	11	0,037	0,120	0,010	$6,0 \times 10^{-8}$
Dijksmateriaal	15	11	0,010	0,140	0,007	$8,0 \times 10^{-8}$
Zand (ondergrond)	20	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Figuur 2-2: Grondopbouw dijkvak 6.

3 Resultaten

Dit geeft de volgende zettingen bij de dijk:

- Maaiveld kruin (NAP +1,5 m): ca. 0,167 m na 30 jaar.
- Diepte NAP -1,00 m: ca. 0,016 m na 30 jaar.
- Diepte NAP -1,10 m: ca. 0,008 m na 30 jaar.
- Onderkant buisleiding NAP -1,9 m: ca. 0,000 m na 30 jaar.



figuur 3-1: Schematisering dwarsdoorsnede dijkvak 6.

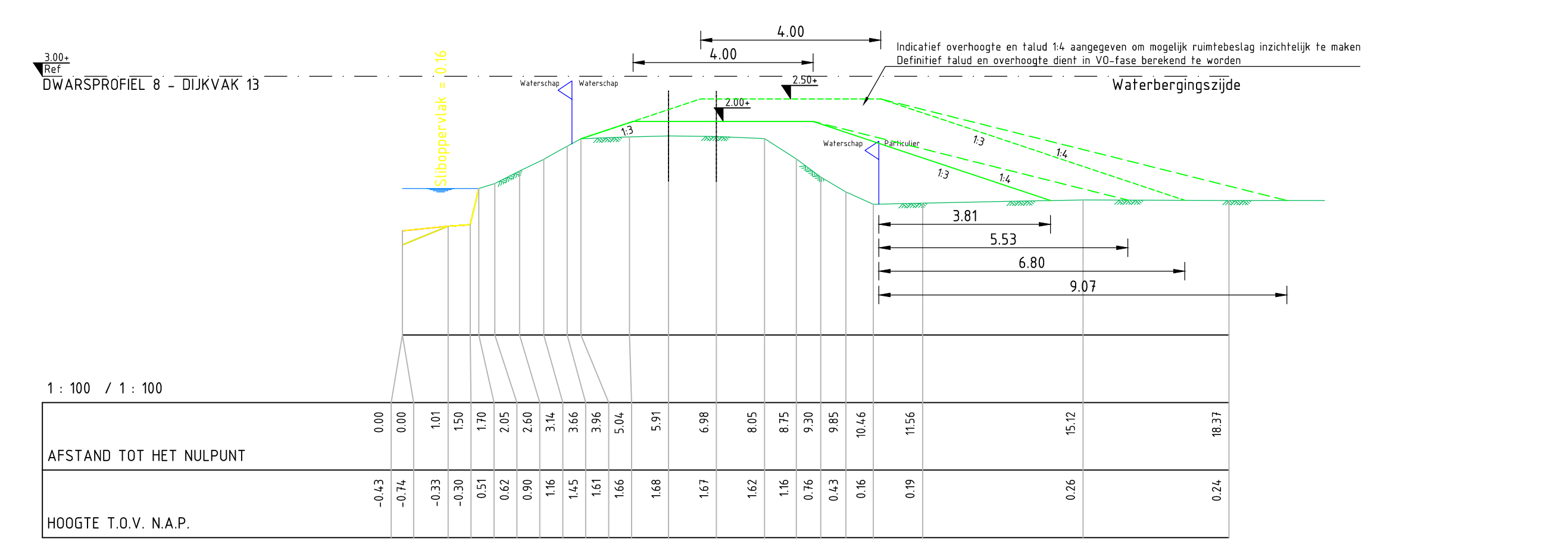
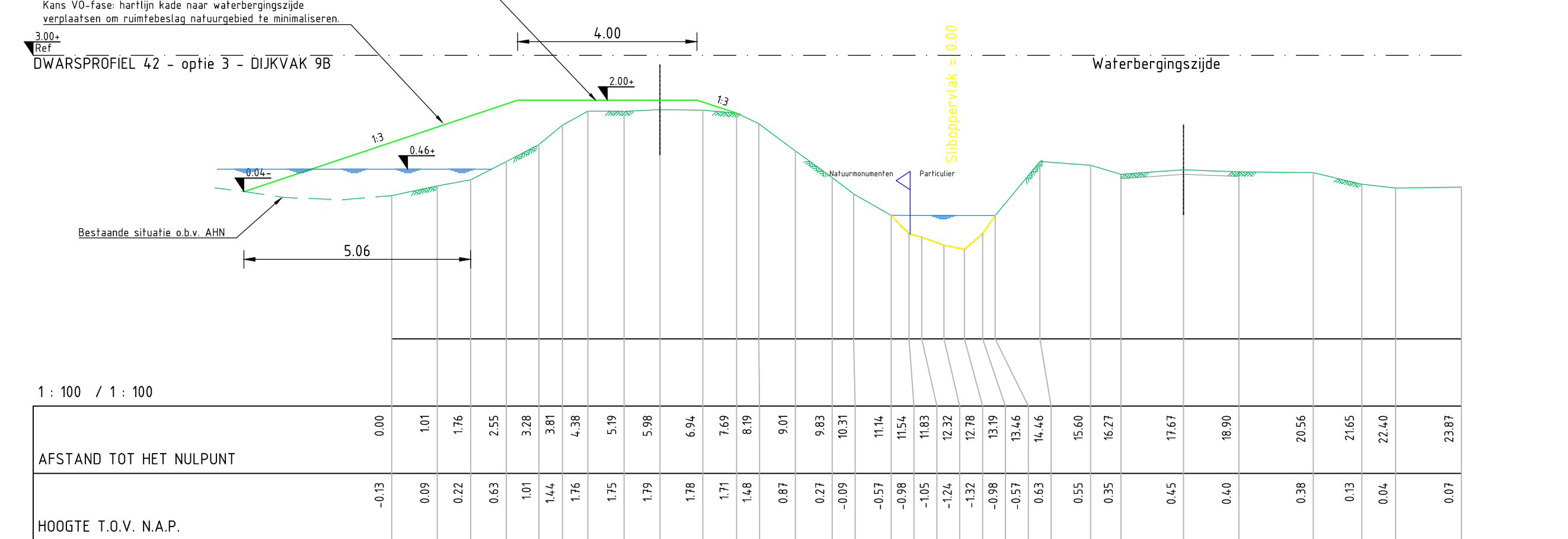
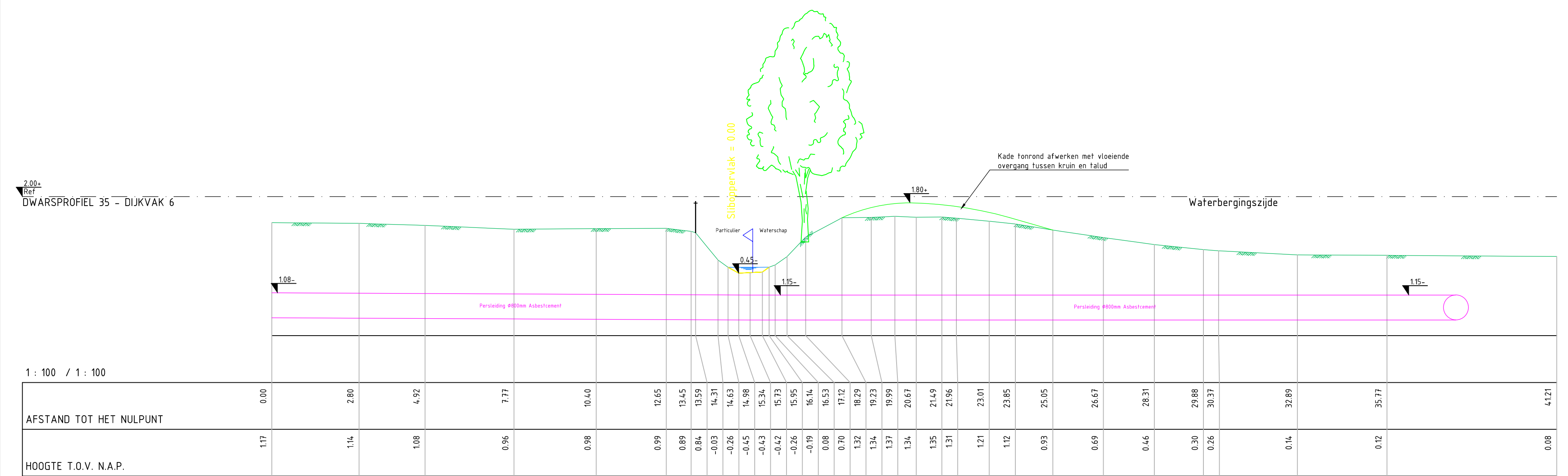
De benaderde zetting ter plaatse van de onderzijde van de buisleiding bij dijkvak 6 is 0 m. De onderzijde van de AC-leiding ligt in de zandlaag. Zand is niet gevoelig voor zettingen, derhalve zijn de te verwachten zettingen ook nihil voor deze locatie. Negatieve zettingseffecten door de ophoogslag nabij de persleiding ZAT01058-LE 010 van het Waterschap Noorderzijlvest kan worden uitgesloten.

4 Conclusie

Deze notitie gaat in op werkzaamheden rondom persleiding ZAT01058-LE-010 van Waterschap Noorderzijlvest. Daarbij worden zettingen rondom de locatie bepaald en de impact op de leiding. Het doel hierbij is om het verschil t.o.v. de huidige situatie inzichtelijk te maken.

Voor dijkvak 6 ligt bedraagt de zetting ter plaatse van de buisleiding 0 cm. De onderzijde van de AC-leiding ligt in de zandlaag. Zand is niet gevoelig voor zettingen, derhalve zijn de te verwachten zettingen ook nihil voor deze locatie.

5 Bijlage 1: Situatie en dwarsprofiel



Blad 1

Blad 2

- Legenda
- Bestaande situatie
 - Tract kadestogte afgeleid
 - Tract kadestogte goedgekeurd
 - Tract kadestogte buiten scope
 - DWP locatie

0 50 100 150 200m

Maten in meters, tenzij anders vermeld
Materiële in millimeters
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

DO	01-02-2022	Definitief SO	JK
CO	22-12-2021	Concept SO	JK
Nr	Datum		Wijziging
		Tek	

Opdrachtgever

Waterschap Hunze en Aa's

Afdeling Planvorming

Projectleider

Kadewerking Lappenvoort Oosterland

Bouwfase

Tekeningomschrijving

Overzichtstekening

Tekenaar

J. Krijt (Jordy)

Projectleider

H. Rozeboom (Henk)

Status

DEFINITIEF

www.anteagroup.nl

Schaal

1:5000

Formaat

A0

Blad in bladen

1 IN 1

Wijz. nr.

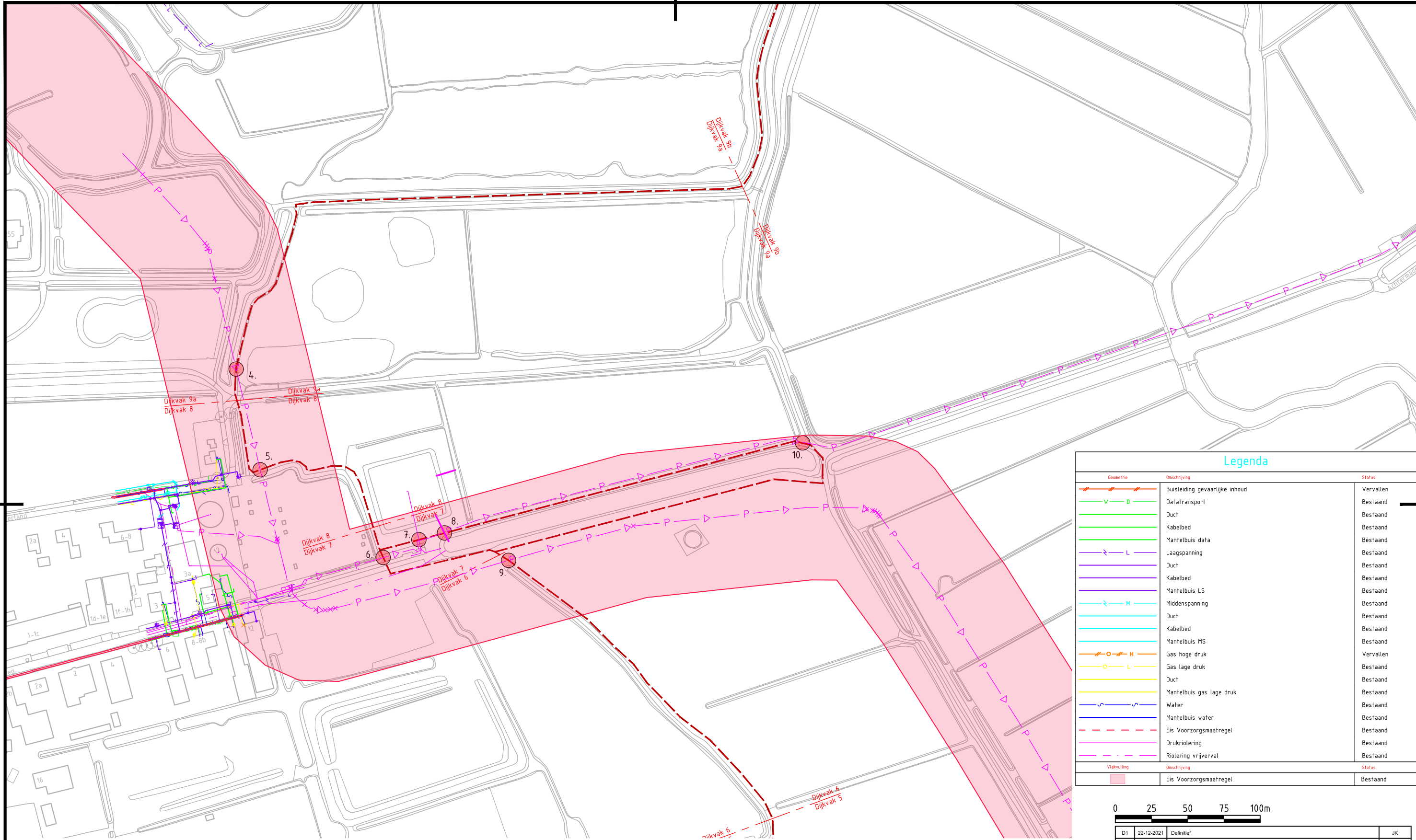
D0

Tekeningnummer

472575-O-0-0001

anteagroup

6 Bijlage 2: Detailgegevens



- 4. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
- 5. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
- 6. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
- 7. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone en riolering vrijverval met werkzaamheden kade
- 8. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone en riolering vrijverval met werkzaamheden kade
- 9. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade
- 10. Knelpunt: kruising persleiding incl. beschermingszone met werkzaamheden kade

--- Traject kadehoogte afgekeurd
--- Traject kadehoogte goedgekeurd

Maten in meters tenzij anders vermeld
Materialen in millimeters
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

Legenda		
Geometrie	Omschrijving	Status
	Buisleiding gevaarlijke inhoud	Vervallen
	Data transport	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis data	Bestaand
	Laagspanning	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis LS	Bestaand
	Middenspanning	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Kabelbed	Bestaand
	Mantelbuis MS	Bestaand
	Gas hoge druk	Vervallen
	Gas lage druk	Bestaand
	Duct	Bestaand
	Mantelbuis gas lage druk	Bestaand
	Water	Bestaand
	Mantelbuis water	Bestaand
	Eis Voorzorgsmaatregel	Bestaand
	Drukriolering	Bestaand
	Riolering vrijverval	Bestaand
	Eis Voorzorgsmaatregel	Bestaand

0 25 50 75 100m

D1	22-12-2021	Definitief	JK
Nr	Datum	Wijziging	Tek

Waterschap Hunze en Aa's
Afdeling Planvorming
Kadeversterking Lappenvoort Oosterland
Bouwteamfase

Schetsontwerp
Knelpuntenanalyse K&L
Blad 2
Tekeningnummer
472575-KL-0-0102

Tekenaar
J. Krijt (Jordy)
Projectleider
H. Rozeboom (Henk)
Status
DEFINITIEF
www.anteagroup.nl
Schaal
1:2500
Formaat
A3
2 IN 3
Wijz.n.r.
D1

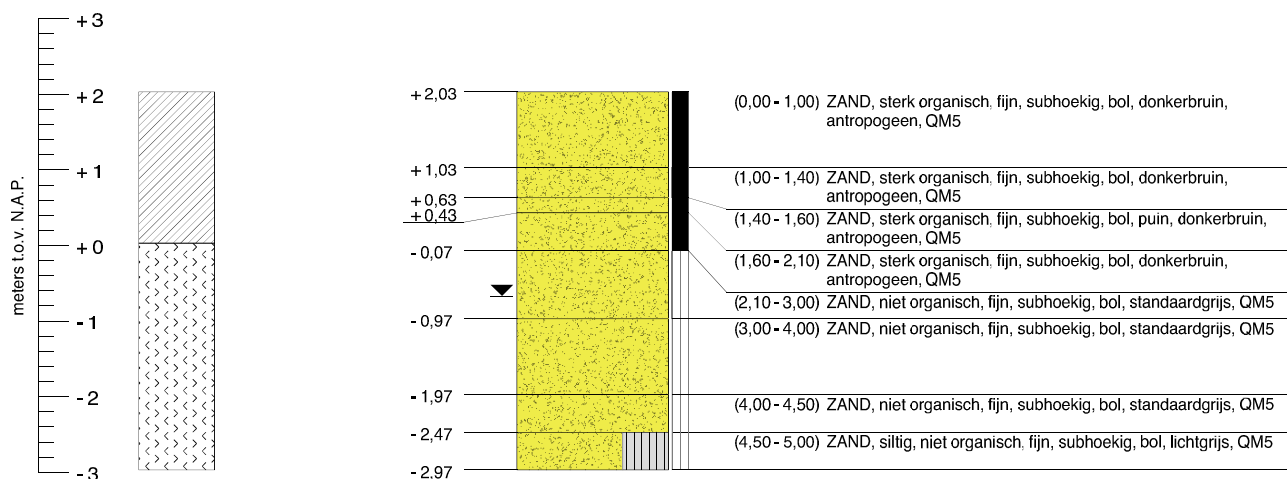


7 Bijlage 3: Geotechnisch onderzoek

Veldboorbeschrijving (klasse 2)

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld

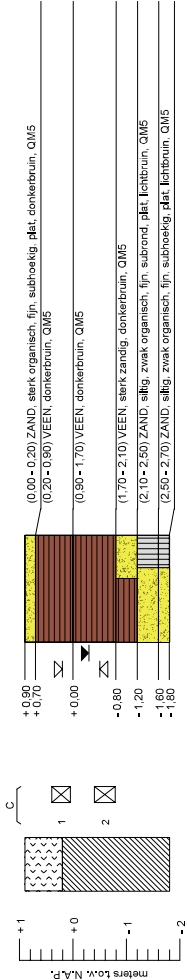


t.o.v. N.A.P. t.o.v. maaiveld
 GWS HB010 d.d. (20-12-2021) : - 0,67 m - 2,70 m
 G.H.G. HB010 d.d. (20-12-2021) : niet waargenomen
 G.L.G. HB010 d.d. (20-12-2021) : niet waargenomen

Geotechnisch onderzoek (Boorbeschrijving conform NEN-EN-ISO-14688)	RD coördinaten	Kadeversterking Lappenvoort - Oosterland te Paterswolde	
Waterschap Hunze en Aa's, Veendam	X = 234492,0		
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 574406,3		
	Uitgevoerd: 20-12-2021	Oprichtnr.: VN-80094-1	
	Blad 1 van 1	HA_10 Boornr (W&P): HB010	

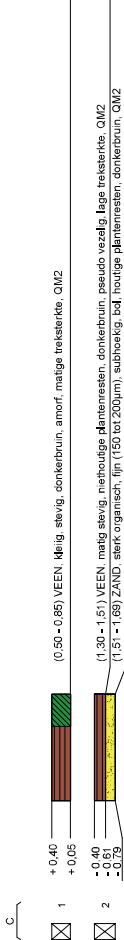
Veldboorbeschrijving (klasse 2)

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.



Laboratoriumbeschrijving (ongeroerd, klasse 2)

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.



Geotechnisch onderzoek (Boring conform NEN-EN-ISO-14688)	RD coördinaten	Lappenvoort - Oosterland, kadeversterking te Eelde
Arcadis Nederland BV, Assen	X = 234605.7	Boormeester:
	Y = 574387.0	
	Uitgevoerd: 08-09-2020	
Wierfsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Opdrachtnr.: VN-73819	Boornr (W&P): HB305
t.o.v. N.A.P. GWS HB305 4.d., (08-09-2020) : G.H.G. HB305 4.d., (08-09-2020) : G.L.G. HB305 4.d., (08-09-2020) :	t.o.v. maaiveld -0.30 m +0.20 m -0.50 m	t.o.v. maaiveld -1.20 m -0.70 m -1.40 m

Berekeningsrapportage

Voorlopig geotechnisch ontwerp Lappenvoort

projectnummer 0472575.101

9 december 2022 revisie 2

Waterschap Hunze en Aa's



Berekeningsrapportage

Voorlopig geotechnisch ontwerp Lappenvoort

projectnummer 0472575.101

9 december 2022 revisie 2

Waterschap Hunze en Aa's



Bijlage 8 Bepaling schematiseringsfactor

Bijlage 8 Bepaling schematiseringsfactor

Deze bijlage beschrijft de afronding van binnen- en buitenwaartse stabiliteitsberekeningen (STBI + STBU) van het kadetraject Lappenvoort-Oosterland. De norm waarop deze waterkering wordt ontworpen is gelijk aan een genormeerde kering genormeerd op IPO-klasse III.

Aanleiding

Aanleiding van deze mail is het beoogde gebruik van zwaar materieel (13 kN/m^2) op de kering tijdens inzet van de polder. Uit de geotechnische berekeningsrapportage volgt dat dijkvak 10 hierbij niet voldoet aan de vereiste stabiliteitsfactor. Doel van deze analyse is om na te gaan of aanscherping van de schematiseringsfactor voor dit dijkvak doelmatig is.

Overzicht van scenario's

Bij het bepalen van de schematiseringsfactor wordt gewerkt met scenario's.

De volgende scenario's zijn doorgerekend:

- S0.0: basisscenario - 50% kans.
- S1.1: scenario waarbij de veenlaag naar de onderzijde 0,2 m dikker is - 10% kans.
- S1.2: scenario waarbij de veenlaag naar de onderzijde 0,2 m dunner is - 10% kans.
- S2.1: scenario waarbij de freatische grondwaterstand 0,1 m hoger is - 10% kans.
- S3.1: scenario waarbij de zandwig 0,2 m dunner is - 10% kans.
- S3.2: scenario waarbij de zandwig 0,2 m dikker is - 10% kans.

Rekenresultaten per scenario

Op basis van de doorgerekende scenario's zijn volgende resultaten verkregen:

- S0.0: STBI 1,01; STBU 1,10
- S1.1: STBI 1,18; STBU 1,10
- S1.2: STBI 1,16; STBU 1,16
- S2.1: STBI 0,98; STBU 1,08
- S3.1: STBI 1,18; STBU 1,10
- S3.2: STBI 1,16; STBU 1,09

Een schematiseringsfactor is vervolgens verkregen conform LTVRK2015.

Hierbij is de bestaande schematiseringsfactor van 1,2 aangescherpt.

Dit is als volgt bepaald:

- Voor STBI blijkt dat één scenario conservatiever uitpakt.
1. Het gaat hier om S2.1 ($SF = 0,98$) met een gesommeerde kans van 10%.
 2. Hierbij is de schematiseringsfactor 1,03.
 - Voor STBU blijkt dat twee scenario's conservatiever zijn dan het basisscenario.
 3. Het gaat hier om S2.1 ($SF = 1,08$) en S3.2 ($SF = 1,09$) met een gesommeerde kans van 20%. Hierbij is de schematiseringsfactor 1,06.

De schematiseringsfactor is aangescherpt van 1,20 naar 1,03 à 1,06.

Na het bepalen van de van de schematiseringsfactor volgt:

Partiele veiligheidsfactoren

Situatie	Schadefactor (IPO-III)	Model- factor	Schematiseringsfactor (minimum na reductie)	Stabiliteitsfactor SFeis
Spencer-Van der Meij (geen opbarsten, vigerend)	0,90	0,95	1,03 à 1,06	0,88 à 0,91 (STBI en STBU)

Hierdoor wordt de stabiliteitseis aangescherpt naar 0,88 à 0,91 (STBI en STBU). Met deze aanscherping voldoet zowel het basisscenario S0.0 als alle overige scenario's aan de nieuwe stabiliteitseis.

Conclusie

Door aanscherping wijzigt de stabiliteitseis van 1,03 naar 0,88 à 0,91 (STBI en STBU). Hiermee voldoet het basisscenario S0.0 en de overige scenario's. Vastgesteld wordt dat aanscherping van de schematiseringsfactor voor dijkvak 10 doelmatig is.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV HEERENVEEN
Postbus 24
8440 AA HEERENVEEN

E. rienk.delange@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2019

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.