Waterveiligheid en waterhuishoudkundig plan Nieuw Harculo

Bepaling leggerprofiel, profiel van vrije ruimte en waterhuishouding
Reales Projecten

12 maart 2026 - Internal

Versiebeheer

Versie	Datum	Opmerkingen
1	5-6-2025	
2	12-3-2026	Bijlage D aangepast met juiste overzichtskaart met waterstaatwerk

Contactpersoon

SONJA KALLE
Adviseur waterveiligheid

M 0629467207
E sonja.kalle@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

Inhoudsopgave

Oplegnotitie en management samenvatting 6

1 Inleiding 8

1.1 Aanleiding 8

1.2 Doel 9

1.3 Methode 9

1.4 Zichtjaar 2125 9

1.5 Bronnen 9

2 Plangebied 10

2.1 Toekomstige situatie 10

2.2 KRW-maatregelen 12

2.3 Planning realisatie Nieuw Harculo 12

3 Waterhuishoudkundige inrichting 13

3.1 Ontwatering 13

3.2 Afwatering 17

3.3 Waterberging 20

3.4 Vuilwaterstructuur 28

4 Uitgangspunten geotechnische berekeningen waterveiligheid 31

4.1 Normering 31

4.2 Geomorfologie 31

4.3 Geohydrologie 33

4.4 Bodemopbouw 38
4.5 Sterkte parameters 41
4.6 Hydraulische belastingen 41
4.7 Geometrie waterkering 43
4.8 Verkeersbelasting 44

5 Berekeningsresultaten 45
5.1 Macrostabiliteit binnenwaarts 45
5.2 Piping 47

6 Leggerprofiel en profiel van vrije ruimte 53

7 Toekomstige ontwikkelingen waterveiligheid 55
7.1 Actualisatie PVVR vanuit I&W 55
7.2 Toekomstige dijkverbeteringen 55

8 Overstromingsrisicoparagraaf 58
8.1 Risico-inventarisatie overstroming plangebied 58
8.2 Maatregelen 59

9 Conclusie 60

Bijlagen

φ’ 41

Bijlage A Verhardingshoeveelheden uitgesplitst 61

Bijlage B Gevoeligheidsanalyse ‘Drainage- en opbollingsberekening Nieuw Harculo’ 62

Bijlage C Huidig leggerprofiel en PVVR 63

Bijlage D Dwarsprofielen – leggerprofiel, PVVR en geplande bebouwing 64

Bijlage E Grondonderzoek 65

Bijlage F Uitgangspunten vanuit TUN en IJsselwerken 66

Bijlage G Resultaten stabiliteitsberekeningen 67

Bijlage H Resultaat pipingberekeningen 69

Bijlage I Resultaat zettingsberekeningen 76

Bijlage J Dijkverbetering IJsselwerken ter plaatse van plangebied 77

Colofon 80

Oplegnotitie en management samenvatting

Procesbeschrijving

De onderliggende rapportage is opgesteld voor de ontwikkeling van het terrein van de IJsselcentrale voor woningbouw. Het traject is circa twee jaar geleden gestart met een inventarisatie naar de mogelijkheden voor woningbouw in relatie tot dijkveiligheid. Gedurende dit proces zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd en samengevoegd in één rapportage om een integraal beeld te schetsen van de waterveiligheid en de waterhuishoudkundige aspecten van het gebied.

Het proces dat heeft geleid tot de totstandkoming van deze rapportage is als volgt verlopen:

1. **Inventarisatiefase**
   Het proces begon met een inventarisatie van de mogelijkheden voor woningbouw in Nieuw Harculo. Hierbij werd specifiek gekeken naar de relatie tussen woningbouw en dijkveiligheid. Uit het eerste onderzoek kwam naar voren dat het gebied gevoelig is voor hoge waterstanden op de IJssel.

2. **Vervolgonderzoek**
   Op basis van de resultaten uit de inventarisatiefase is aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de respons van het grondwater op de waterstanden van de IJssel. De inzichten uit dit onderzoek zijn vervolgens gebruikt voor het opstellen van het waterhuishoudkundig plan, maar ook voor een aanscherping van de berekeningen met betrekking tot waterveiligheid. Hierbij is tevens rekening gehouden met uitgangspunten vanuit het project IJsselwerken.

3. **Uitkomsten en aanbevelingen**
   Een belangrijke conclusie uit het waterhuishoudkundig plan was dat een deel van het terrein opgehoogd wordt in verband met de vereiste ontwateringseisen bij woningen en infrastructuur. Hierbij wordt een combinatie gemaakt met het IT-riool. Deze ophoging heeft niet alleen invloed op de inrichting van het gebied, maar speelt ook een rol bij de bepaling van de leggerzoneringen. Een hoger binnendijks maaiveld resulteert in kleinere leggerzoneringen.

4. **Samenvoeging rapportages**
   In eerste instantie waren de waterhuishoudkundige rapportage en de rapportage over waterveiligheid afzonderlijke documenten. Op verzoek van de gemeente Zwolle en Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) zijn deze rapportages samengevoegd tot één document. De waterhuishoudkundige rapportage is bij de waterveiligheidsrapportage gevoegd, waardoor de nadruk primair ligt bij waterveiligheid. Dit gezamenlijke rapport biedt een compleet overzicht van alle relevante bevindingen en aanbevelingen. Voorheen bevatte deze rapportage een paragraaf (3.2) met een samenvatting van het waterhuishoudkundig plan. Dit is vervangen door een apart hoofdstuk.

5. **Afsluiting**
   Met deze rapportage is gestreefd naar een integraal en volledig beeld van de waterveiligheid en waterhuishouding van Nieuw Harculo. Het document biedt handvatten voor de verdere ontwikkeling van het gebied en vormt een belangrijke basis voor besluitvorming.

Managementsamenvatting

Aanleiding en Doel

Reales Projecten ontwikkelt het terrein van de voormalige IJsselcentrale Harculo tot een duurzame woonwijk met circa 500 woningen. Gezien de ligging direct achter een primaire waterkering (dijktraject 53-2, WDOD), is een integrale beoordeling van de waterveiligheid en waterhuishouding noodzakelijk. Arcadis is gevraagd het leggerprofiel en het Profiel van Vrije Ruimte (PVVR) te actualiseren conform de huidige normering (zichtjaar 2125).

Waterveiligheid

- De huidige dijk voldoet niet aan de wettelijke normen en wordt versterkt binnen het project IJsselwerken.
- Stabiliteits- en pipingberekeningen tonen aan dat de dijk ter hoogte van het plangebied ruim voldoet aan de eisen voor het zichtjaar 2125.
- De geplande woningbouw blijft buiten het PVVR en de beschermingszones A en B, waardoor toekomstige dijkversterking mogelijk blijft.
- De berekeningen zijn uitgevoerd met D-Stability en D-GeoFlow, inclusief conservatieve uitgangspunten en robuustheidstoeslagen.

Waterhuishouding

- Het gebied is gevoelig voor kwel bij hoge waterstanden in de IJssel.
- Het terrein wordt opgehoogd en voorzien van een infiltratie-transportriool (IT-riool) en wadi’s voor opvang, infiltratie en afvoer van hemelwater.
- De waterberging voldoet aan de normen van WDOD en de gemeente Zwolle, inclusief stresstest T=250.
- De bestaande watergang wordt verruimd en voorzien van een stuw om het tekort aan bergingscapaciteit op te vangen.

Toekomstbestendigheid

- Het PVVR is berekend met een ontwerpperiode van 100 jaar, in lijn met de nieuwe richtlijnen van het Ministerie van IenW.
- Er is voldoende ruimte voor toekomstige dijkversterkingen, mede dankzij de hoge veiligheidsfactoren en het verhoogde maaiveld.

Overstromingsrisico

- De kans op overstroming is zeer klein (<1/10.000 per jaar).
- Maatregelen zoals verhoogde vloerpeilen, het IT-riool en vluchtroutes naar de dijk beperken het risico op slachtoffers en schade.

Conclusie

Het voorgestelde leggerprofiel en PVVR voldoen aan de huidige en toekomstige normen voor waterveiligheid. De waterhuishoudkundige inrichting is robuust, klimaat adaptief en afgestemd op de lokale geohydrologische omstandigheden. De ontwikkeling van Nieuw Harculo is daarmee veilig, toekomstbestendig en vergunningstechnisch goed onderbouwd.

1 Inleiding

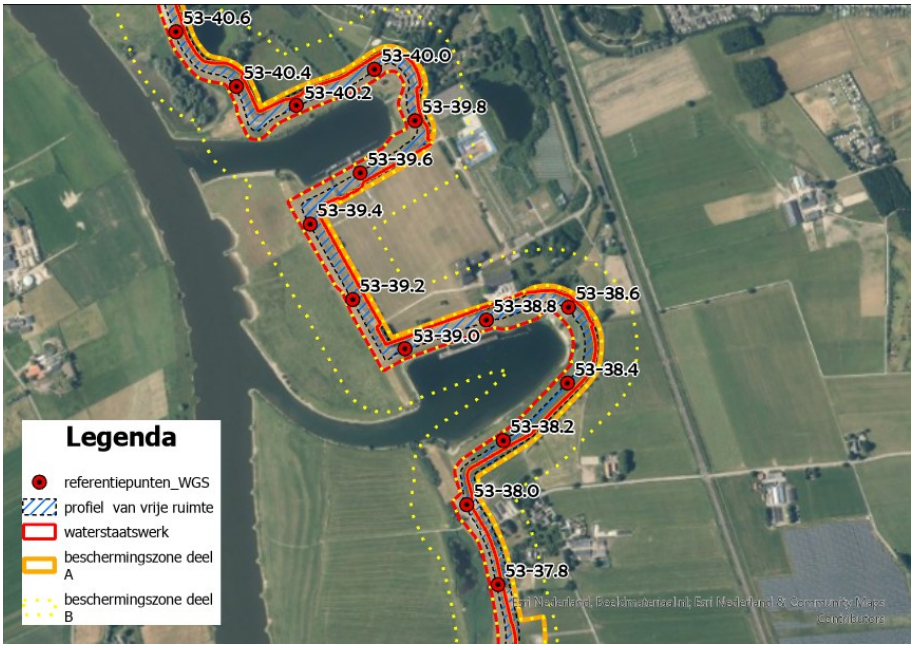
1.1 Aanleiding

Reales Projecten heeft Arcadis opdracht gegeven om het leggerprofiel en profiel van vrije ruimte (PVVR) te bepalen voor het Harculo terrein (plangebied). Reales heeft het voornemen om het terrein gelegen aan de IJssel te ontwikkelen voor woningbouw. Het huidige leggerprofiel van Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) is gebaseerd op de oude normering van de waterkering. Het leggerprofiel en PVVR zijn bepalend voor de inrichting van het terrein.

Het plangebied wordt omsloten door de primaire kering van dijktraject 53-2. WDOD is de beheerder van deze waterkering. Middels de Waterschapsverordening en bijbehorende legger en zoneringen zorgt het waterschap voor de instandhouding van de kering. Hiermee voorkomen ze werken door derden die potentieel de veiligheid van de waterkering aantasten. De regels gelden voor de beperkingsgebieden van de waterkering, waaronder het Waterstaatswerk, beschermingszone A en B vallen.

De primaire keringen worden elke twaalf jaar beoordeeld. Het dijktraject voldoet momenteel niet aan de vereiste veiligheid die gesteld is in het Besluit kwaliteit leefomgeving, waardoor een dijkversterking nodig is. Delen van de kering zijn afgekeurd op bekledingen, piping en stabiliteit. De waterkering ter plaatse van het plangebied bestaat uit een zandkern met een kleibekleding. De taludhelling binnendijks is redelijk flauw, namelijk 1:5 of flauwer. Vanuit het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) is het project IJsselwerken, een combinatie van WDOD en Boskalis, bezig met de planuitwerking en vervolgens de uitvoering van deze versterking. De dijkversterking vindt plaats tussen Zwolle en Olst. De versterkingsmaatregelen die plaatsvinden bij het plangebied staan in Bijlage J.

Het huidige en vigerende leggerprofiel is vastgesteld in 2014 door Waterschap Groot-Salland, de rechtsvoorganger van WDOD. In 2017 is de WaterWet ingegaan, waarbij een nieuwe normering is toegekend aan de primaire waterkeringen. Daarbij zijn ook nieuwe rekenmethodes voorgeschreven. Deze wijzigingen zijn niet in het leggerprofiel en PVVR opgenomen. WDOD heeft het opstellen van nieuwe leggerprofielen en zoneringen voor dit traject in 2024/2025 op de planning staan. In Figuur 1-1 zijn de huidige zoneringen en de referentiepunten weergegeven. Het plangebied ligt tussen dijkpaal 38.6 en 39.8. Met de inwerkingtreding van de Omgevingswet en het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) zijn de omgevingswaarden van de waterkering vastgelegd in de Bkl.



Figuur 1-1: Primaire waterkering en beschermingszone in het plangebied. Bron: Legger Waterkeringen Groot Salland WDOD, 2022.

1.2 Doel

Het doel van deze opdracht is om het leggerprofiel en het Profiel van Vrije Vorm Ruimte (PVVR) voor het plangebied vast te stellen volgens de huidige normeringen voor waterkeringen. Op basis van grondmechanisch onderzoek is het PVVR berekend voor de lokale situatie. Hierbij geldt als uitgangspunt dat de standzekerheid en uitbreidbaarheid van de waterkering gegarandeerd is.

De inhoud van dit document is bedoeld voor technische experts, beleidsmakers en andere betrokken partijen bij de ontwikkeling van het terrein.

1.3 Methode

Voor het opstellen van het leggerprofiel is gebruik gemaakt van "Uitgangspunten legger met beschermingszones keringen" van het Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) d.d. oktober 2021 en de “technische uitgangspuntennotitie” (TUN) van WDOD. De TUN biedt richtlijnen voor het ontwerpen van waterkeringen binnen het beheergebied van het waterschap. Het dijkontwerp is gebaseerd op de TUN en gecombineerd met de normen OI2014 en BOI2023. Voor de dijkversterking van de IJsselwerken is gebruik gemaakt van OI2014. Het leggerprofiel en het PVVR zijn bepaald op basis van dezelfde ontwerpuitgangspunten. Hierbij is rekening gehouden met factoren zoals hydraulische belastingen, bodemopbouw, schematisatie van waterspanningen en sterkteparameters.

1.4 Zichtjaar 2125

Voor de bepaling van de leggerzoneringen en het PVVR is uitgegaan van het zichtjaar 2125.

In het document [Ref 8.] is de ontwerpperiode van 100 jaar niet genoemd. Bij het ontwerp van dijkverbeteringen wordt bij verbeteringen in grond rekening gehouden met een ontwerpperiode van 50 jaar. Voor het PVVR is echter een periode van 100 jaar aangehouden als een conservatief uitgangspunt.

1.5 Bronnen

Voor de bepaling van het leggerprofiel en PVVR zijn de volgende documenten van WDOD en dijkverbetering IJsselwerken gebruikt.

[Ref 1.] 20293-BER-00486 Berekeningsrapport MN-1-2.pdf – Bijlagen.pdf

[Ref 2.] Bijlage 1 Rekensheets piping.pdf

[Ref 3.] Bijlage 3 Opbarstberekeningen macrostabiliteit.pdf

[Ref 4.] 20293-ONT-00256 Integrale nota dijkmodule MiddenNoord-1 + MiddenNoord-2_deel.pdf

[Ref 5.] 73965-1_lengteprofiel blad8.pdf

[Ref 6.] 73965-1_lengteprofiel blad9.pdf

[Ref 7.] TUN Waterkeringen v2.0 onderdelen.pdf

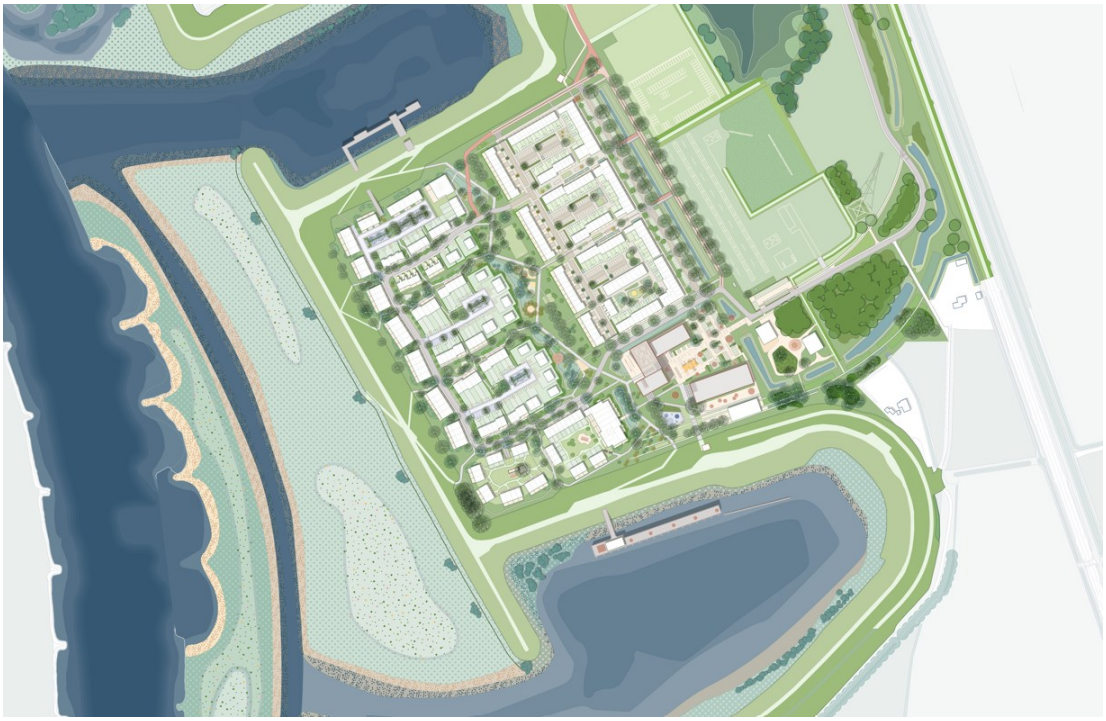
[Ref 8.] Uitgangspunten beschermingszones legger.pdf

2 Plangebied

2.1 Toekomstige situatie

Het gebied van de voormalige IJsselcentrale Harculo is bestemd voor woningbouw. Het plan genaamd ‘Nieuw Harculo’ wordt een klimaatbestendige en duurzame gebiedsontwikkeling met een prettig woon- en leefklimaat. In Figuur 2-1 is een bovenaanzicht van het plan Nieuw Harculo weergegeven. De groene zonering geeft de kering weer.

De ontwikkelaar heeft de ambitie om ongeveer 500 woningen te bouwen in verschillende prijsklassen, zowel koop als huur. Dit zijn grondgebonden woningen, maar ook appartementen. De woningbouw is gepland buiten de zoneringen van het waterstaatswerk en beschermingszone A. Tevens ligt de ontwikkeling buiten het PVVR waardoor de toekomstige dijkverbeteringen mogelijk zijn. In het gebied komt bij hoogwater op de IJssel veel kwel voor. In het waterhuishoudkundig plan is hier rekening mee gehouden. Een groot gedeelte van het terrein wordt opgehoogd om te voldoen aan de vereiste ontwatering om grondwaterneutraal te bouwen. Een drainage-transportriool en wadi's zorgen voor de opvang en transport van hemelwater naar de bodem (infiltratie) of oppervlaktewater (overtollig water). Bij een kwelsituatie door hoge IJsselstanden zorgt dit riool-drainagesysteem voor een veilige grondwaterbeheersing door het afvangen van de kwel.



Figuur 2-1: Plangebied Nieuw Harculo

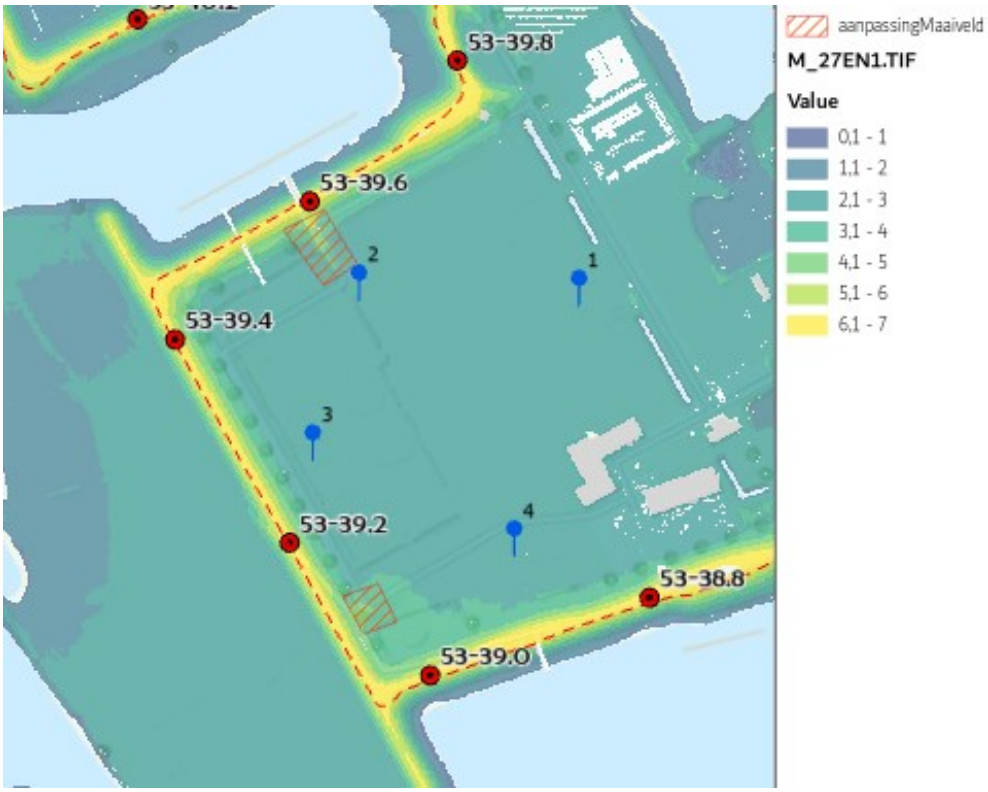
Om het terrein bouwrijp te maken, wordt het terrein voornamelijk opgehoogd. Deze ophogingen zijn gering. Door de zandige ondergrond zullen hierdoor geen noemenswaardige zettingen plaatsvinden die mogelijk effect hebben op de kerende hoogte of door wateroverspanningen resulterend in een afschuiving.

Bij de bouw van de woningen nabij de kering wordt rekening gehouden met toekomstige dijkverbeteringen, maar ook met wateroverlast bij hoge waterstanden in de IJssel. Het vloerpeil van de woningen nabij de kering worden verhoogd aangelegd en komt op NAP+3,6m te liggen.

Ter hoogte van dijkpaal 39.1 en 39.6 is momenteel een hellingbaan aanwezig, die in de toekomstige situatie wordt verwijderd. Deze opritten worden niet gebruikt voor beheer en onderhoud van de kering en passen niet binnen het ontwerp van het plangebied.

De hellingbanen worden afgegraven en aangesloten op het naastgelegen dijkprofiel zonder hellingbaan. Dit heeft geen invloed op de waterveiligheid, mits wordt voldaan aan de eisen voor stabiliteit en piping. De dijkbekleding moet hier voldoen aan de normen zoals opgenomen in Bijlage J, subparagraaf 'bekledingen'.

De waterkering blijft toegankelijk voor beheer en onderhoud, aangezien aan de oostzijde van zowel de noordelijke als zuidelijke haven opritten beschikbaar blijven. Het verwijderen van de opritten is afgestemd met het project IJsselwerken en is vergunningplichtig. In de toekomstige situatie zal IJsselwerken een halfverharding aanbrengen op de kruin van de kering.



Figuur 2-2: Locaties verwijderen hellingbaan (rood gearceerd)

Het plangebied ligt binnen dijkversterking IJsselwerken van WDOD, gelegen tussen Zwolle en Olst. In Bijlage J zijn de geplande werkzaamheden binnen het plangebied opgenomen. De dijkverbetering bestaat hoofdzakelijk uit een verbetering van de buitendijkse bekleding, daarnaast worden zeer plaatselijk pipingmaatregelen toegepast.

Binnen het plangebied zijn in de huidige situatie bomen aanwezig binnen beschermingszone A. Voor deze bomen geldt een uitsterfbeleid. Deze bomen zijn in het project IJsselwerken beoordeeld. Hierbij was de conclusie dat deze bomen kunnen blijven staan.



Figuur 2-3: Bomen langs de kering in beschermingszone A

2.2 KRW-maatregelen

Buitendijks van het plangebied is vanuit Rijkswaterstaat de intentie om een meestromende nevengeul te realiseren. Hierdoor worden natuurlijke processen van erosie en sedimentatie van zand hersteld en wordt de variatie aan stroming, diepte en helderheid van water in de uiterwaard vergroot. Zo ontstaan gebieden met ondiep, stromend water, dat zuurstofrijk is en geschikt leefgebied vormt voor zeldzame en beschermde soorten als barbeel en sneep. Op deze manier verbetert de ecologische waterkwaliteit op dit deel van de IJssel.

Binnen het KRW-project is de invloed van de geul op waterveiligheid beoordeeld. Ook bij de berekening van het leggerprofiel en PVVR is rekening gehouden met de KRW-geul in het voorland voor de faalmechanismes piping en stabiliteit.

2.3 Planning realisatie Nieuw Harculo

Reales wil in Q4 van 2025 beginnen met het bouwrijp maken van het plangebied. De start van de bouw van de eerste woningen is gepland in Q1 2026, waarbij de gehele wijk gereed is medio 2029. Het project IJsselwerken is in dezelfde periode aan de dijk aan het werk. Reales en IJsselwerken zijn nog in gesprek om de uitvoering van deze werkzaamheden op elkaar af te stemmen.

3 Waterhuishoudkundige inrichting

Op basis van het geohydrologisch (model)onderzoek is het waterhuishoudkundig plan voor Nieuw Harculo ontworpen. De grondwaterstand reageert namelijk sterk op de waterstanden van de IJssel. In de toekomstige situatie is het van belang dat de bewoners geen wateroverlast ervaren en dat de vereiste drooglegging wordt gewaarborgd. De effecten van het waterhuishoudkundig plan zijn meegenomen in de stabiliteitsberekeningen voor stabiliteit en piping. De inhoud van dit hoofdstuk vormde voorheen een aparte memo die nu in deze rapportage is opgenomen.

In dit hoofdstuk wordt een nadere onderbouwing gegeven op de waterhuishoudkundige systeemkeuzes. Het dient als achtergronddocument bij het Ruimtelijk OntwikkelPlan Nieuw Harculo. De systeemkeuzes gaan over de thema's

- Ontwatering
- Afwatering
- Waterberging
- Vuilwaterstructuur

3.1 Ontwatering

De optredende grondwaterstand in het plangebied bepaald de noodzaak van ophoging om voldoende ontwatering te halen.

Te hanteren minimale ontwateringsnormen (landelijke richtlijn):

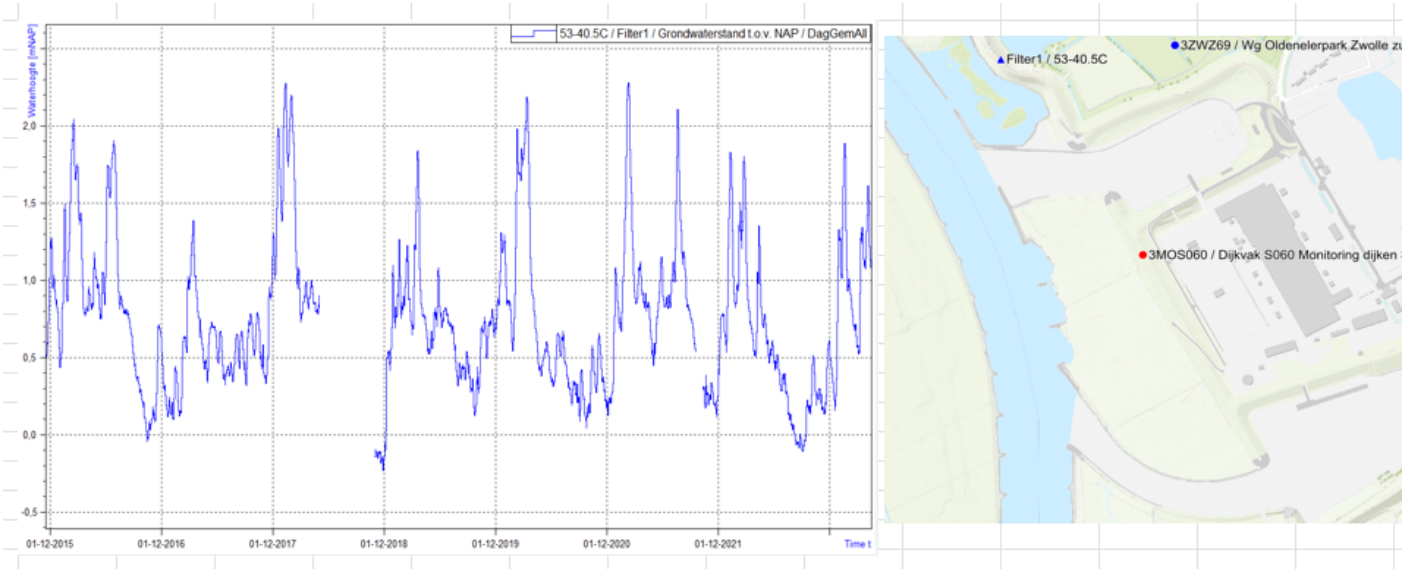
- Woonstraten 0,70 m - wegpeil
- Woningen met kruipruimte: 0,80 m - vloerpeil (WDOD en gemeentelijke norm)
- Woning zonder kruipruimte: 0,50 m - vloerpeil
- Tuinen en openbaar groen: 0,50 m - maaiveld
- Wadi's 0,30 m - bodempeil wadi (Kennisbank Stedelijk water)

De grondwaterstanden in het plangebied worden gemonitord aan de hand van 4 peilbuizen. De monitoring is gestart op 17 oktober 2023. Voor een langere meetreeks (vanaf 2015) is gebruik gemaakt van de peilbuis van Waterschap Drents Overijsselse Delta, meetpunt 53-40.5C gesitueerd tegen de dijk ten noorden van de Noordhaven.

3.1.1 Huidige situatie

In het verleden toen de IJsselcentrale operationeel was werd het plangebied actief bemalen. De grondwateronttrekking verlaagde de grondwaterstand tot ongeveer 2,0m tot 2,5m-mv (ongeveer 0,5m-NAP tot 0,0m+NAP). Het grondwater werd via een afpompgemaal (capaciteit van 2250 m³/h) geloosd op de IJssel via de Noordhaven. Na de sloop (januari 2018) is de onttrekking stopgezet en is een natuurlijke grondwaterfluctuatie ontstaan.

Deze fluctuatie wordt sterk beïnvloed door de waterstanden in de IJssel. Op basis van de 8-jarige meetreeks van meetpunt 53-40.5C piekt de grondwaterstand incidenteel (jan 2018, jan 2020, februari 2021, oktober 2021) boven de 2,0 m+NAP.

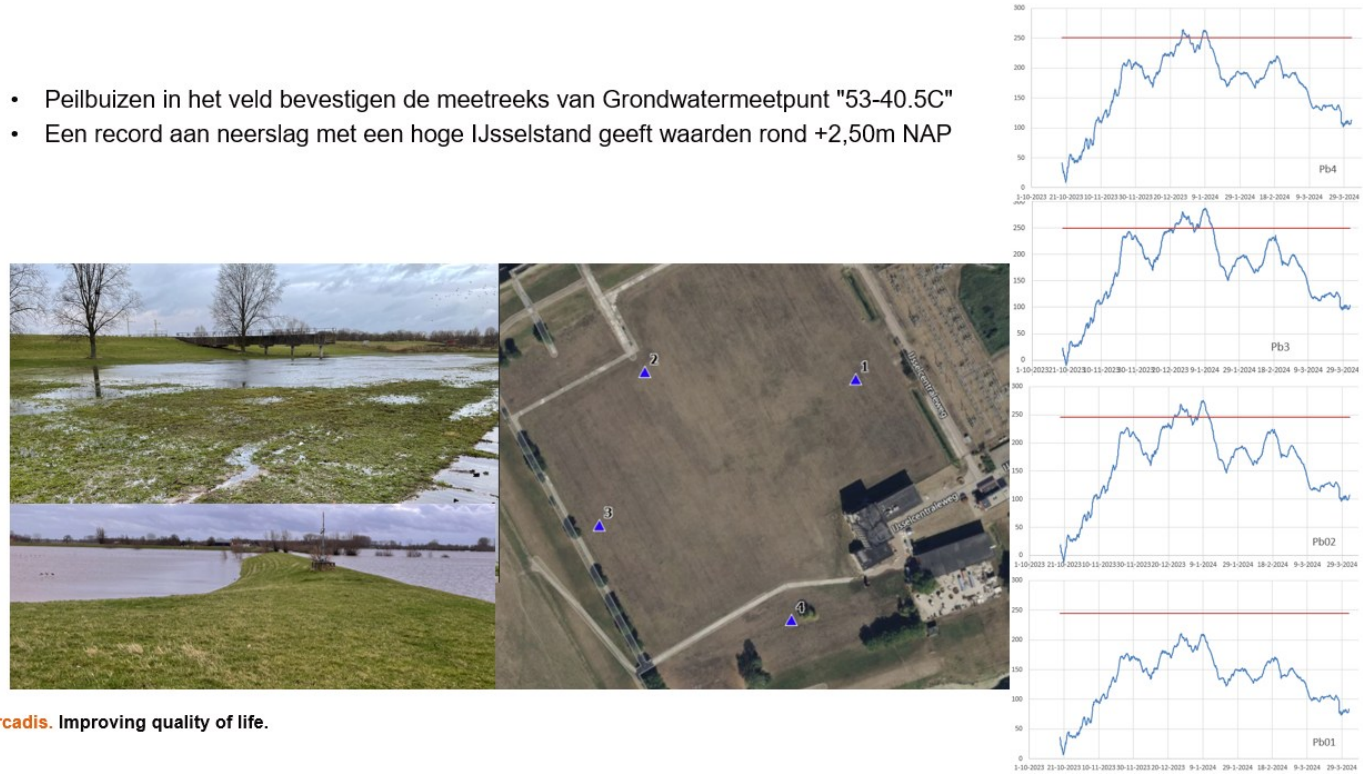


Figuur 3-1Peilbuisdata meetpunt 53-40.5C

De peilbuizen geplaatst in het plangebied laten ook een sterke reactie zien van de hoge IJssel waterstanden eind 2023. De stijghoogte in de peilbuizen komen tot boven 2,5 m+NAP (maaiveldniveau). In deze periode is sprake van een neerslagrecord en heeft de IJssel een hoogste waterstand bereikt van 3,40 m+NAP[1].
Vanaf 9 januari zien we de grondwaterstanden uitzakken. Eind maart is bij alle peilbuizen een grondwaterstand van rond de 1,0 m+NAP gemeten.

[1] Interpolatie van de waterstanden bij meetpunt Katerveer en Wijhe

- Peilbuizen in het veld bevestigen de meetreeks van Grondwatermeetpunt "53-40.5C"
- Een record aan neerslag met een hoge IJsselstand geeft waarden rond +2,50m NAP



Figuur 3-2 Peilbuislocaties en meetdata in het plangebied

3.1.2 Toekomstige situatie

Voor de toekomstige situatie is het uitgangspunt om grondwaterneutraal te bouwen. Dit betekent dat er geen drainagemiddelen worden toegepast om aan de ontwateringsnormen te voldoen. De ontwateringsnorm worden gebaseerd op de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), dit betekent dat incidenteel hogere grondwaterstanden zijn toegestaan. Met dien verstande dat er geen risico ontstaat op waterschade.

Voor het plangebied is geen GHG te berekenen vanwege het ontbreken van langdurige meetdata. Op basis van de langdurige meetreeks van het meetpunt 53-40.5C is een representatief gemiddeld hoogste grondwaterstand (RHG) aangenomen van 2,0 m+NAP. Gezien de metingen van de peilbuizen in het plangebied en het gegeven dat door klimaatverandering vaker sprake zal zijn van hoog water in combinatie met veel neerslag is de RHG verhoogd tot 2,20 m+NAP voor de omgeving langs de dijk. Naarmate de afstand tot de IJssel groter wordt is een RHG van 2,0 m+NAP aannemelijker (gebaseerd op peilbuis 1).

In het plangebied is onderscheidt gemaakt in drie ontwateringsgebieden:

- Natuur woonblokken met een RHG van 2,20 m+NAP;
- Centrale woonblokken met een RHG van 2,00 m+NAP;
- Uitspanning met een RHG van 1,80 m+NAP.

Met de wetenschap dat incidenteel hogere grondwaterstanden kunnen voorkomen is in overleg met de gemeente Zwolle en het waterschap Drents Overijsselse Delta afgesproken dat de piek grondwaterstanden mogen worden afgetopt tot aan de vastgestelde RHG. Hiervoor wordt geen apart drainagesysteem aangelegd maar gebruik gemaakt van het toe te passen afwatering systeem (IT-riolering en wadi's met onderliggende drainage).

Aanvullend is de gevoeligheid van het IT / drainagesysteem bij hoog water in de IJssel geanalyseerd aan de hand van een hydrologisch model. Deze analyse heeft voor het westelijk plandeel geresulteerd in hogere weg- en vloerpeilen

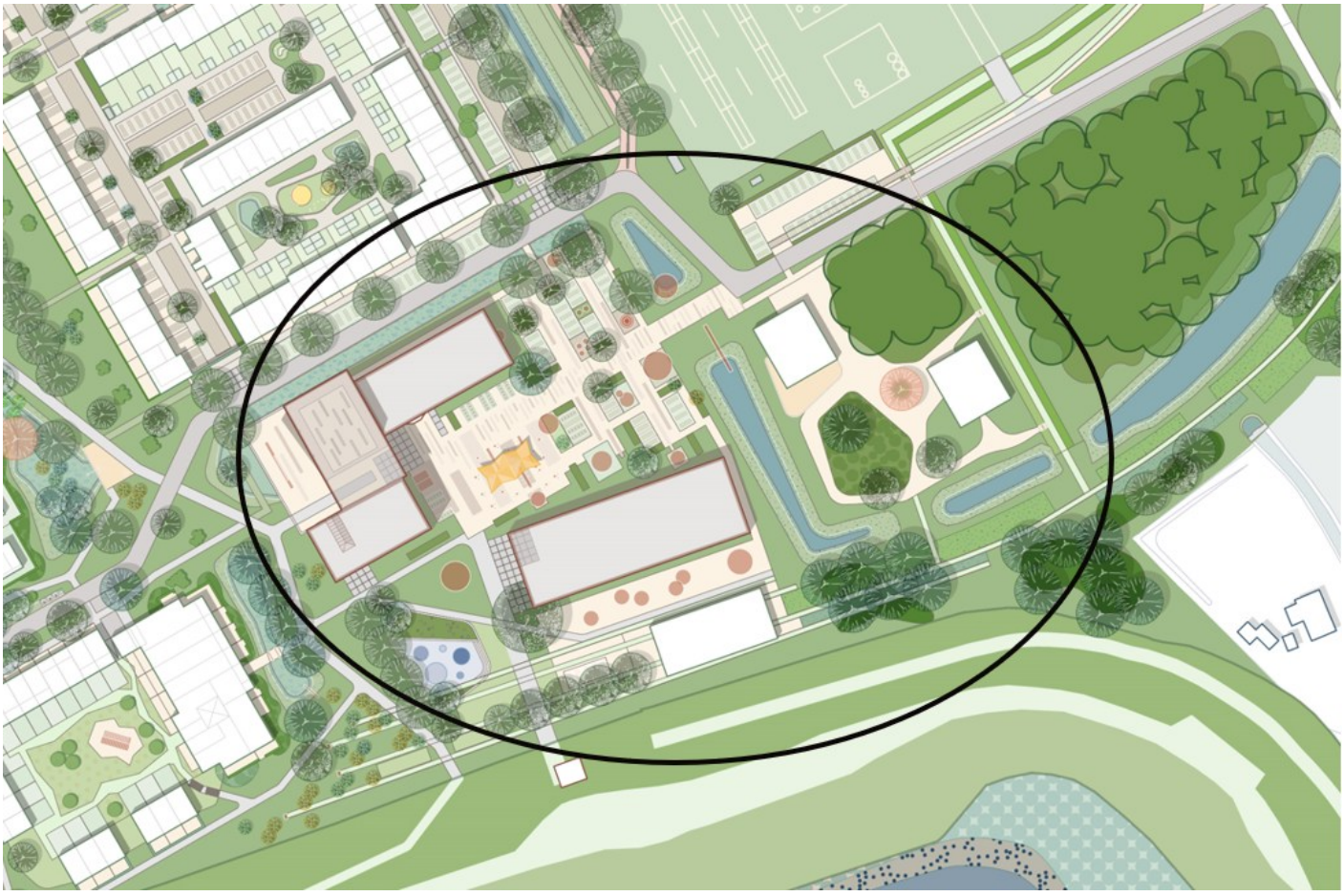
dan de in eerste instantie benodigd vanuit de gestelde ontwateringsnormen bij de vastgestelde RHG's. In paragraaf 'Hydrologisch model' is de gevoeligheidsanalyse nader toegelicht.

Situatie Uitspanning

Naast nieuwbouw is het plangebied voorzien van bestaande te behouden gebouwen. Op basis van een inmeting is het vloerpeil hier 2,65 m+NAP. Het omliggend verhard terrein ligt op circa 2,60 m +NAP. Navraag levert dat in de huidige situatie kelders deels gevuld raken met grondwater. Oorzaak is het wegvallen van de permanente grondwateronttrekking sinds 2018. Op basis van de peilbuisdata variëren de natuurlijke hoogste grondwaterstanden tussen de 2,0 en 2,5 m+NAP, welke alleen optreden op het moment van extreem hoog water in de IJssel.

Door de nieuwe terreininrichting en het aan te brengen afwateringsysteem wordt de situatie beheerbaar en verbeterd. Een infiltratietransportriool (IT-riool) zorgt voor opvang van hemelwater en infiltratie naar de ondergrond bij lage grondwaterstanden. Bij hoog water van de IJssel worden de hoge grondwaterstanden door het IT-riool afgetopt op 1,80 m+NAP, dit is gelijk aan het maximaal waterpeil in de ontvangende watergang door de aanleg van een stuw. Het IT-riool met ontwateringsfunctie op 1,80 m+NAP levert een beheersbare situatie en tegelijkertijd een verbetering van de huidige situatie door het realiseren van voldoende ontwateringsdiepte. Naast de aanleg van het IT-riool wordt een duiker die nu door het gebied loopt vervangen door open water. Deze waterpartij heeft aanvullend een positief effect op de ontwatering van het plangebied.

Het aftoppen van het optredende hoge grondwater door het IT-riool wordt hier gezien als een incident in het geval bij (extreem) hoog water in de IJssel. Daarbij is het een sterke verbetering ten opzichte van de van oudsher aanwezige actieve bemaling voor de vroegere IJsselcentrale.



Figuur 3-3 bestaand te behouden gebouwen en terrein (De Uitspanning)

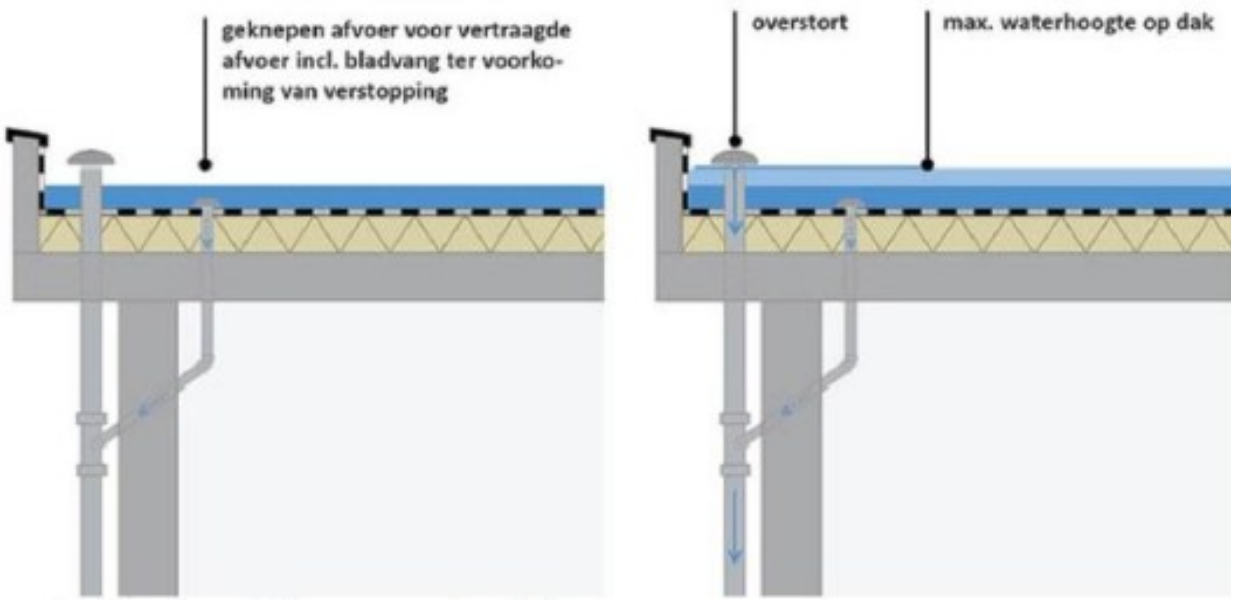
3.2 Afwatering

Regenwater wordt zoveel mogelijk vastgehouden waar het valt om vervolgens te infiltreren in de bodem. Het vasthouden begint bij de daken op eigen terrein. Het infiltreren gebeurt via wadi's, greppels en verlaagde bermen. Water blijft zoveel als mogelijk zichtbaar in de wijk, geïntegreerd met het openbaar groen. Dit vergroot het bewustzijn voor het goed omgaan met regenwater en zorgt tegelijkertijd voor een leefbare wijk. De waterveiligheid is gegarandeerd door een beperkte waterdiepte van 30 cm met een overloopmogelijkheid naar een Infiltratietransportriool (IT-riool). Het IT-riool zorgt voor berging en infiltratie. Tegelijkertijd zorgt het voor een veilige afvoer (transport) van regenwater op het moment dat het systeem gevuld raakt. Het voert dan af op een te verruimen watergang in het plangebied.

3.2.1 Particulier terrein

Regenwater op particulier terrein wordt vastgehouden op een zogenaamd blauw dak. Dit houdt 4 cm water vast en zal sterk vertraagd afvoeren. De bergingseis is 20 mm berging op eigen terrein. De gebouwen zijn deels voorzien van platte daken. In het ontwerp wordt rekening dat al het dakoppervlak afvoert op het blauwe daksysteem. 50% van het totaal dakoppervlak wordt voorzien van een blauw dak zodat 20 mm waterberging wordt gehaald.

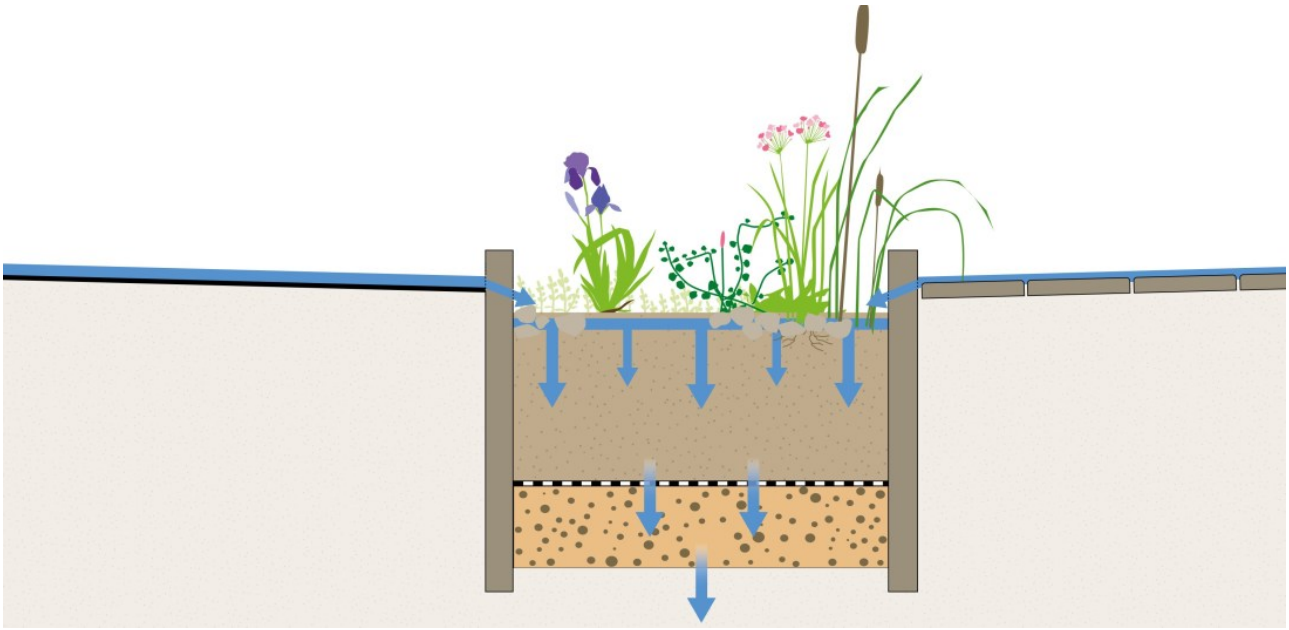
De regenpijp wordt aangesloten op een infiltratiekolk, gelegen op de perceelgrens. Vandaar kan het regenwater infiltreren in de ondergrond. Bij hevige buien kan overtollig regenwater via de infiltratiekolk overlopen naar het openbaar terrein en verder afvoeren naar het openbaar hemelwatersysteem.



Figuur 3-4 Principewerking blauw dak (www.rainproof.nl)

3.2.2 Openbare verharding - groen

De openbare verhardingen van de natuur woonblokken voeren zoveel als mogelijk af naar het nabijgelegen openbaar groen, ingericht als greppel of verlaagde berm of wadi in het klimaatpark. De openbare verhardingen van de centrale woonblokken zijn meer stedelijk ingericht. Regenwater wordt bovengronds afgevoerd waar het kan. De opvang vindt plaats in plantvakken met een waterbergingsfunctie (zie Figuur 3-5).



Figuur 3-5 Principe plantvak met waterbergingsfunctie

Voor de inpassing van wadi's wordt rekening gehouden met onderstaande minimale maatvoering:

- Helling: 1:3
- Basisdiepte: 0,40 m (10 cm waking)
- Ontwatering van wadibodem: 0,30 m
- Pakketdikte 1,0 m: 0,20 m bomenzand 500 en 0,80 m aan drainzand
- De wadi voorzien van drainage t.b.v. een vlotte lediging (<48u) en voldoende ontwatering bij hoog grondwater.

3.2.3 Openbare verharding - Infiltratieriool

De invulling van het stedenbouwkundig plan maakt bovengrondse afvoer niet overal mogelijk. Onder de openbare weg komt om die reden een infiltratietransportriool te liggen. Dit riool heeft meerdere functies:

- Waterberging en infiltratie
- Opvang overtollig water uit groenvoorzieningen en deels particulier terrein
- Ontwatering bij grondwaterstanden > RHG
- Veilig afvoer bij hevige of langdurige neerslag naar het oppervlaktewater.

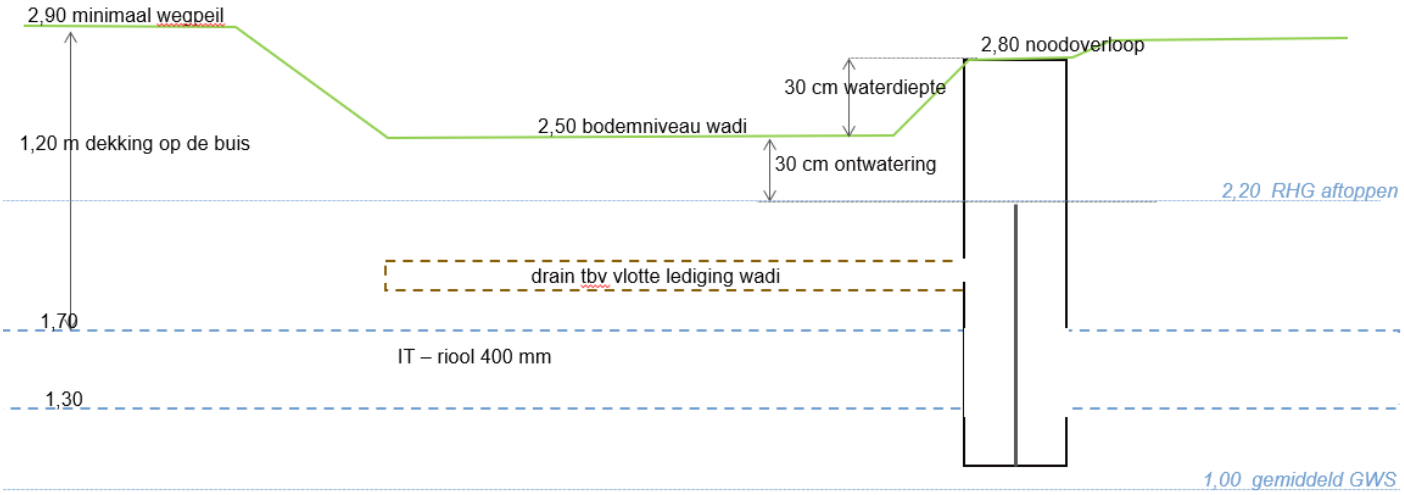
Het IT-riool ligt vlak op 1,20 m dekking onder het wegniveau. De buis ligt delen van het jaar boven het grondwater en kan zodoende regenwater infiltreren. Interne overstortdrempels zorgen ervoor dat de buisinhoud gevuld raakt om te infiltreren. De interne overstortdrempels liggen hiervoor minimaal op boven bovenkant buis. Het maximaal drempelniveau is gelijk aan de vastgestelde representatief hoogste grondwaterstand zodat bij dreiging van hoog grondwater het IT-riool het grondwater gaat afvoeren. De overstorten en de buisdiameters worden tegelijkertijd hydraulische gedimensioneerd op het kunnen verwerken van de ontwerpbui 10 zonder dat water op straat ontstaat vanuit de kolken. Het IT-riool wordt omhuld met minimaal 30 cm aan drainzand en ligt in een rioolsleuf met zand voor zandbed. De huidige bodemeigenschappen[2] bepalen de mate van infiltratie vanuit de rioolsleuf. Eind maart zijn door Arcadis infiltratiemetingen uitgevoerd. De resultaten leveren in het algemeen een goede doorlatendheid, alleen de

[2] *De bovenlaag bestaat tot circa 2,0m-mv uit lichte tot zware zavel. Vanaf 2,0 m tot circa 4,0 m-mv is sprake van kleiig zand tot zeer lichte zavel.*

meting nabij peilbuis 01 geeft een significant lagere K-waarde, zie Tabel 3-1. Het advies is om bij de nadere uitwerking de huidige bodemopbouw gedetailleerd in kaart te brengen zodat duidelijk is of en waar grondverbetering gewenst is. Dit kan zijn om de storende lagen te doorbreken voor een verbeterde infiltratie, dan wel het opruimen van puinresten die op verschillende locaties zijn aangetroffen bij het boren in het plangebied vanaf een 0,5 m diepte.

Tabel 3-1 Resultaten Infiltratiemeting

Boorlocatie	Diepte in m	Bodemkenmerken	K-waarde
Nabij peilbuis 01	0,5 - 1,0	Matig fijn zand, zwak siltig	0.22
Nabij peilbuis 01	1,0 - 1,8	Zand matig grof, zwak kleihoudend	0.37
Nabij peilbuis 02	0,5 - 1,0	Zand matig fijn, zwak siltig	0.41
Nabij peilbuis 03	0,5 - 1,0	Zand matig grof, zwak grindig	8.64
Nabij peilbuis 03	1,0 - 1,5	Zand matig grof, zwak grindig, sporen van klei	4.63
Nabij peilbuis 04	0,5 - 1,0	Zand matig grof, zwak grindig, sporen van klei	1.56
Nabij peilbuis 04	1,0 - 1,5	Zand matig fijn, zwak siltig	1.25



Figuur 3-6 Principe ontwerp IT-riool en Wadi (natuur woonblokken)

3.2.4 Hydrologisch model

In overleg met het waterschap is er een hydrologisch model opgesteld met de ontworpen IT-riolering en drainage onder de wadi's. Het doel van de memo is het bieden van zekerheid over de grondwaterbeheersing bij hoog water in de naastgelegen IJssel.

In het model zijn de optredende grondwaterstanden berekend bij verschillende waterpeilen van de IJssel in combinatie met neerslagsituaties. De extreemste variant is een T=100 IJsselpeil (4,17 m+NAP) met een neerslagintensiteit van 5 mm /dag. Dit levert grondwaterstanden van 2,9 tot 3,25 m+NAP direct langs het dijklichaam. Naar mate de afstand van de dijk groter wordt nemen de grondwaterstanden al snel verder af.

Met de verkregen berekeningsresultaten is het westelijk plan deel verder opgehoogd om ook bij een calamiteit van langdurig hoog water en veelvuldig neerslag voldoende droge voeten te houden en schade te voorkomen. De dijkwoningen hebben een vloerpeil van +3,60 m NAP en de wegen zijn er op +3,40 m NAP aangelegd. De woningen verder van de dijk af krijgen een vloerpeil van +3,40 m NAP en een wegpeil van +3,20 m NAP.

Voor de verdere onderbouwing op het model en de resultaten wordt verwezen naar de memo van Arcadis met onderwerp ‘Drainage- en opbollingsberekening Nieuw Harculo’ van 28 mei 2025, welke als Bijlage B is toegevoegd.

3.2.5 Wegprofiel

Voor de weginrichting mag het hoogteverloop geen plasvorming op verhard oppervlak veroorzaken en dient hemelwater van de woonblokken af te stromen. Hiervoor worden de volgende uitgangspunten gehanteerd.

Het (dwars) afschot van openbaar terrein:

- voor wegen, fietspaden en trottoirs 2 cm/m¹
- voor wegbermen 5 cm/m¹

Voor het bepalen van het vloerpeil dienen de volgende uitgangspunten te worden gehanteerd:
- vloerpeil dient minimaal 15 cm boven ashoogte van de weg, voorkeur voor 20 á 30 cm;
- afschot vanaf perceelsgrens tot aan de gevel minimaal 2 cm/m¹ en maximaal 8 cm/m1;
- de drempelhoogte van de toegangsdeur mag niet hoger zijn dan 2 cm.

Voor wegen met bovengrondse afwatering:
- minimaal goot (lengte)verhang: 1:250 (4‰)
- maximale gootlengte: 70 m
- geen lijngootconstructies toepassen

3.3 Waterberging

De planontwikkeling mag niet tot verslechtering leiden van het huidig watersysteem functioneren. Een versnelde afvoer door een toename aan verhardingen naar het oppervlaktewatersysteem is niet toegestaan. In het plangebied wordt daarom water vastgehouden en verwerkt in de bodem door de toepassing van waterbergingsvoorzieningen in het groen en infiltratieriolen. Het tekort aan waterberging in de bergingsinfiltratievoorzieningen wordt gevonden in het oppervlaktewater. Een bestaande sloot wordt hiervoor verruimd en duikers worden zoveel als mogelijk opgeheven.

3.3.1 Wateropgave

Het plangebied dient extreme buien zonder waterschade of wateroverlast te kunnen verwerken. Hierbij gelden de volgende normen:

- T=100 (piek): hierbij dient 80mm neerslag binnen één uur geborgen te worden;
- T=250 kort: 90mm neerslag in één uur: hemelwater mag niet leiden tot schade of wateroverlast bij woningen en/of bedrijven in of rondom het plangebied.

De bergingsnorm geldt voor de nieuwe verharding (openbaar en particulier) die ontstaat door de planontwikkeling. In tabel 1 zijn de verhardingshoeveelheden samengevat weergegeven en vertaald naar een te bergen volume. In Figuur 3-7 zijn de deelgebieden waarover de verhardingshoeveelheden zijn bepaald weergegeven. In Bijlage A zijn de verhardingshoeveelheden uitgesplitst weergegeven.

Gehanteerde uitgangspunten bij de berekening van de wateropgave:

- Halfverhardingen zijn als 100% (openbare) verharding meegenomen
- De (openbare) verharding gaat om rijbaan, parkeren, voet en fietspaden
- Bouwblok B1 en B6 (zie Figuur 3-7) zijn voorzien van een parkeergarage (donkergroen vlak). Het parkeerdek wordt als daktuin ingericht en is zelfvoorzienend in het realiseren van 80 mm berging. Het parkeerdek is daarom niet meegenomen in Tabel 3-2.
- De padenstructuur in het park is niet meegenomen in het bepalen van de wateropgave, hemelwater van de paden zal in de praktijk afstromen naar het omliggend lager gelegen groen om vervolgens te infiltreren. Het belast geen hemelwatersysteem en zorgt niet voor een versnelde afvoer naar het oppervlaktewater bij hevige neerslag.
- Voor de uitspanning (bouwblok B10) is sprake van een toename aan terreinverharding. Welke is meegenomen in de bergingsberekening, de gebouwen hebben al een directe afvoer op het oppervlaktewatersysteem.
- Voor de Entree (bouwblok B11 en G8c) is sprake van een te slopen en nieuw te plaatsen gebouw de terreinverharding neemt daarbij af. De toename aan bebouwd oppervlak is meegenomen in de bergingsopgave

Tabel 3-2 Verhardingshoeveelheden vertaald naar een wateropgave

Deelgebied	**(Openbare) verharding in m2**	**Woonblokken (dak) in m2**	**Wateropgave in m3 (80mm)**
Natuur woonblokken	10.697	12.153	1.828
Klimaatpark	*3245*	*0*	*0*
Centrale woonblokken	16.894	8.628	2.042
Uitspanning (toename)	1.238	494	139
Entree (toename)	1.118	170	103
		Totaal wateropgave in m3	**4.111**



Figuur 3-7 Ligging deelgebieden

3.3.2 Beschikbare waterberging

De beschikbare berging is in Tabel 3-3 uiteengezet onderverdeeld in berging op eigen terrein, in het groen en het IT-riool.

Gehanteerde uitgangspunten bij de berekening van de wateropgave:

- Nieuwe dakoppervlakken worden voor 50% voorzien van een blauw dak met 4 cm waterberging. Daken van bestaande gebouwen (Uitspanning) worden niet voorzien van een blauw dak.
- De berging in het groen zijn bodemoppervlakken waar 30 cm waterschijf kan worden gecreëerd. De inhoud van taluds en de aanvoer via verlaagde bermen of greppels is niet meegenomen.
- De inhoud van het IT-riool is gebaseerd op een diameter 400mm en 50 cm putinhoud rond 800mm.

Tabel 3-3 Minimaal beschikbare berging in berging- en infiltratievoorzieningen

Deelgebied	Blauw dak (20 mm) in m3	Opvang in het groen in m3	IT-riolering in m3	Totaal in m3
Natuur woonblokken	243	-	75	318
Klimaatpark	-	607	-	607
Centrale woonblokken	173	58	75	306
Uitspanning	‘-	151	25	285
Entree	10	-	-	10
Totalen	**426**	**815**	**175**	**1417**

Het totaal bergend volume in de berging- en infiltratievoorzieningen is onvoldoende. In overleg met het waterschap en de gemeente is overeenstemming over het benutten van de huidige watergang in het plangebied voor waterberging. De watergang dient het tekort van 2.694 m^3 (4.111 – 1.417 m3) aan benodigd volume op te vangen door verruiming en het plaatsen van een stuw.

3.3.3 Ontwerp oppervlaktewaterberging

De huidige watergang in het plangebied staat in vrije verbinding met de primaire watergang van het Waterschap Drents Overijsselse Delta. De watergang is via een duiker 1000 mm met een afsluiter (spindelschuif) verbonden met een Kolk. De Kolk staat via twee duikers weer in verbinding met de primaire watergang. De primaire watergang heeft een zomer- en winterpeil van respectievelijk 0,85m+NAP en 0,75m+NAP. De watergang in het plangebied heeft op dit moment geen leggerstatus, net als de Kolk en nabijgelegen greppels (zie Figuur 3-8).



Figuur 3-8: Legger oppervlaktewater, WDOD, 2021 Oranje gestippeld zijn sloten zonder legger status, rood zijn duikers.

In de toekomstige situatie wordt de watergang verruimd en worden duikers verwijderd. Een stuw in de watergang met toegestane vertraagde afvoerconstructie zorgt ervoor dat bij regen het waterpeil stijgt en kan uitzakken na afloop van een bui naar het normaal waterpeil. Het type stuw[3] met vertraagde afvoerconstructie zal in de nadere uitwerkingsfase worden besproken en worden gedetailleerd. De toegestane afvoer is op basis van het bruto plangebied van 14,5 ha en afvoernorm van 1,6 l/sec/ha bepaald op 23,2 l/sec (83 m^3/u).

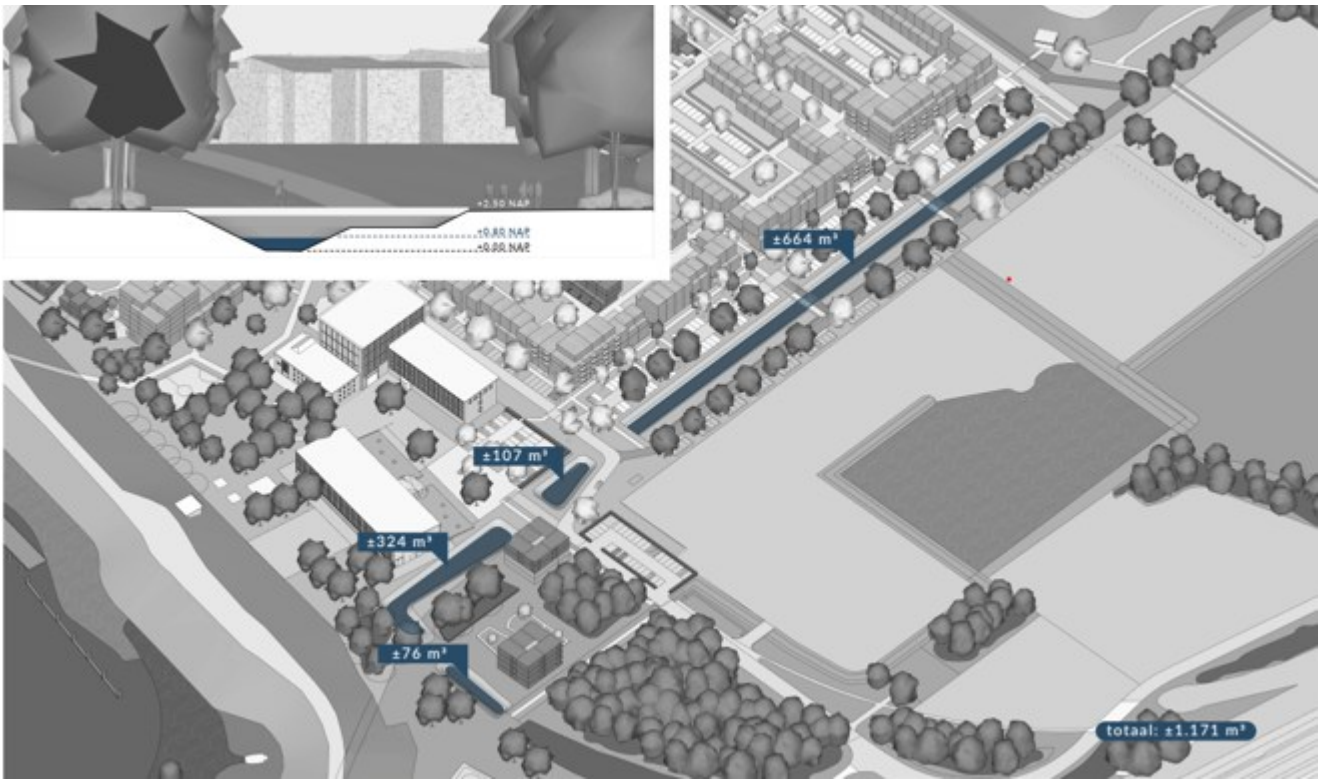
Door de stuw ontstaat een bergingscapaciteit die in de huidige situatie niet is voorzien. In Figuur 3-9 is de huidige watergang weergegeven en afgezet tegen de te verruimen watergang in Figuur 3-10. Het basisvolume van de watergang neemt toe met 657 m^3. De beschikbare berging boven het rust waterpeil is berekend op 3.053 m^3 bij een maximaal waterpeil van 1,80 m + NAP (Figuur 3-11). Dit is ruimschoots meer dan de benodigde 2.694 m^3 waardoor geconcludeerd wordt dat er voldoende berging wordt gerealiseerd. Het watervolume van 3.053 m^3 is bij een

[3] *Vaste V-stuw of stuw met doorlaat of een automatisch debiet regulerende stuw.*

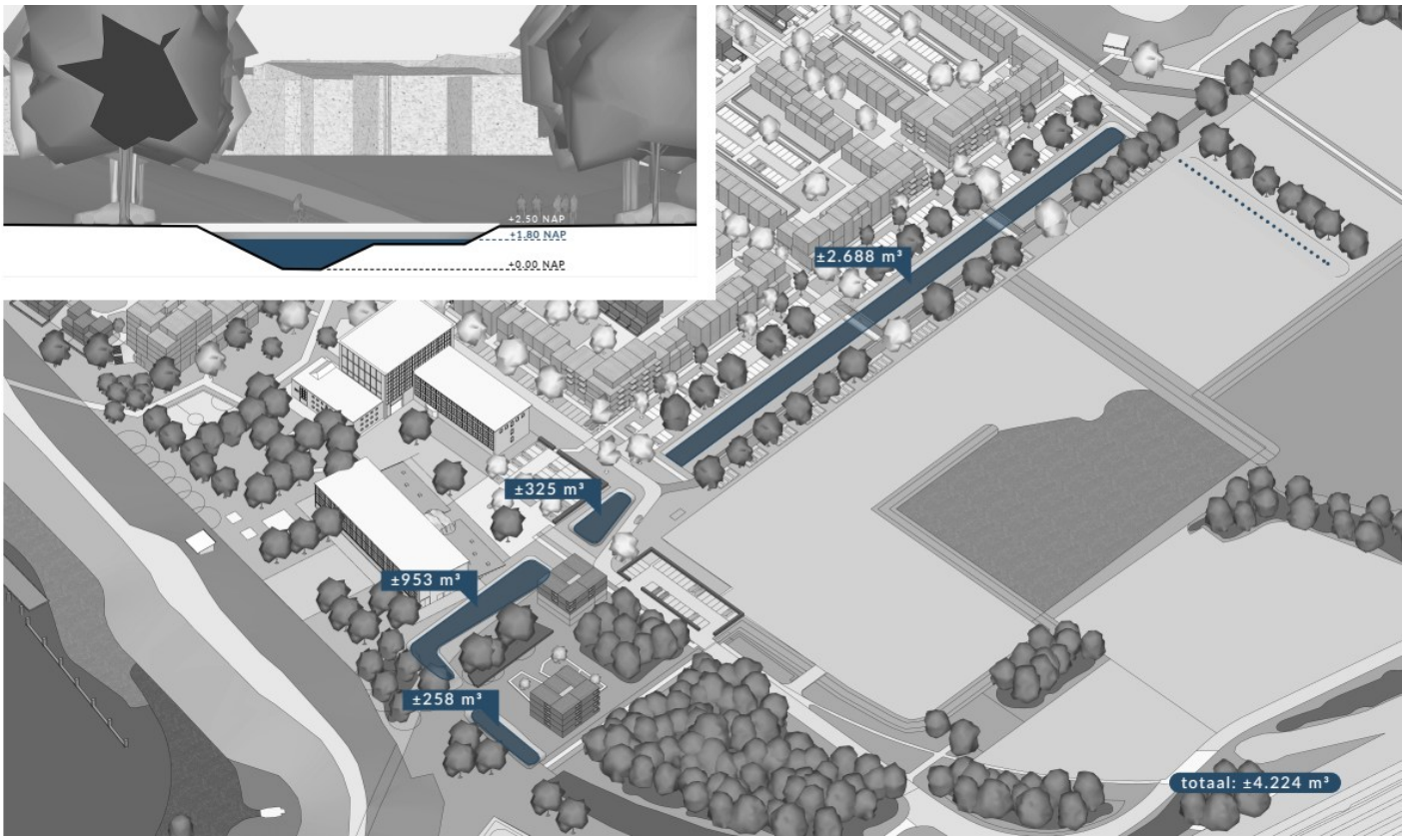
toegestane afvoer van 83 m³/u na 37 uur afgevoerd. Dit betekent dat het maximaal optredend waterpeil relatief snel weer uitzakt waardoor het grondwaterniveau niet de tijd heeft om significant te stijgen.



Figuur 3-9 Huidige situatie watergang met basisvolume tot 0,80 m +NAP



Figuur 3-10 Toekomstige situatie verruimde watergang met basisvolume tot 0,80 m + NAP



Figuur 3-11 Toekomstige situatie watervolume tot 1,80 m + NAP

3.3.4 Stresstest T=250

De te realiseren berging door toename aan verharding voldoet aan de normen van het waterschap Drents Overijsselse Delta en de gemeente Zwolle. Het systeem is door zijn overloopmogelijkheden (cascade systeem) waterveilig bij hevige neerslag (stresstest T=250). Dat wil zeggen dat er altijd een overloopmogelijkheid is naar benedenstrooms op het moment dat de bergingsvoorzieningen vol raken. Het maximaal waterpeil in de voorzieningen is daarbij ruimschoots lager (50 cm - 120 cm) dan de vloerpeilen van de nieuwbouw. Tegelijkertijd staan de woningen hoog en droog ten opzichte van de openbare weg (15 cm boven wegpeil).

3.3.5 Beheer en onderhoud

De nieuwe watergang is ingericht volgens de ontwerpmaatstaven van het waterschap Drents Overijsselse Delta. Het gaat uit van éénzijdig onderhoudspad van 5,0 m obstakelvrij. Dit onderhoudspad ligt op 1,50 m+NAP en heeft een drooglegging van 70 cm t.o.v. gemiddeld rustwaterpeil van 0,80 m NAP.

In een nader overleg moet worden besloten wie de watergang in beheer en onderhoud krijgt. Op basis van het afstroomgebied (14,5 ha) is de toegestane afvoer < 25 l/sec (14,5 ha * 1,6 l/sec/ha). Watergangen waarvan de afvoernorm lager is dan 25 l/sec krijgen formeel gezien geen A-status. Waarmee de watergang niet onder het beheer en onderhoud van het waterschap valt. In overleg met de gemeente kan hier alsnog van worden afgeweken.

3.4 Vuilwaterstructuur

Het rioleringssysteem van de voormalige IJsselcentrale liep rond het hele terrein (zie gele markering in Figuur 3-12). Het systeem werkt(e) onder druk met meerdere pompstations en looste voorheen op het rioolgemaal van GDF SUEZ aan de Professor Feldmannweg (zie A in Figuur 3-12). De bestaande woonhuizen aan de Professor Feldmanweg voeren via een vrij verval riool af naar een eigen pompunit (zie D in Figuur 3-12). Deze pomp prikt in op de persleiding met afvoer naar rioolgemaal van GDF SUEZ. Op dit moment zijn een tweetal pompunits bij de Uitspanning nog in gebruik. Deze units voeren via de zuidelijke persleiding, parallel aan de watergang, af naar het rioolgemaal van GDF SUEZ.



Figuur 3-12: Rioleringssysteem van de voormalige IJsselcentrale in 1996. Bron: ENGIE

3.4.1 Toekomstige situatie

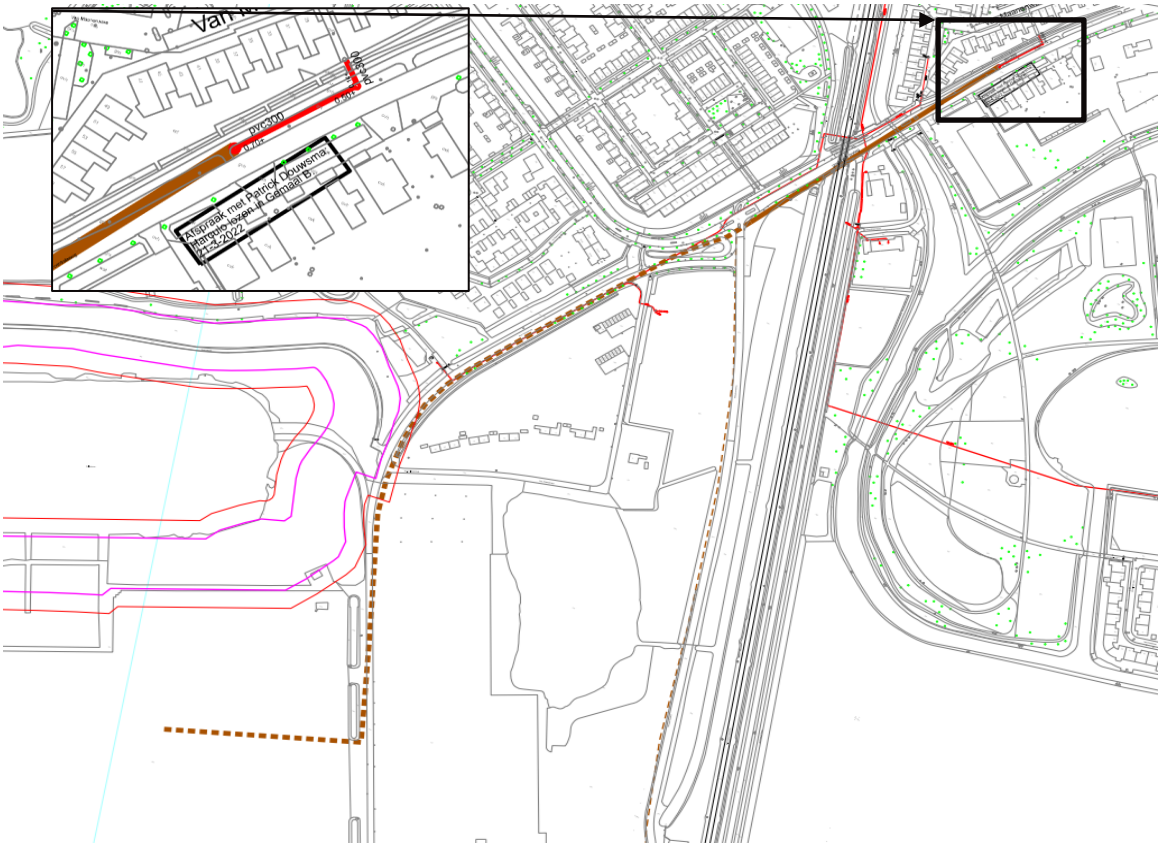
Alle nieuw te bouwen woonblokken worden op een vuilwaterriool aangesloten. De riolering wordt in openbaar terrein aangelegd en is vrij toegankelijk voor inspectie en onderhoud. De gemeente Zwolle wordt beheerder van dit openbaar rioolstelsel. Het vuilwaterriool voert onder vrij verval af naar een nieuw te realiseren vuilwatergemaal. De locatie van dit gemaal wordt zodanig gekozen dat het vrij verval riool en daarmee de gemaalkelder niet onnodig diep komt te liggen.

Ontwerpuitgangspunten:

- Inspectieputten h.o.h. maximaal 80 m;
- Minimale gronddekking hoofdriool is 1,20 m;
- Minimale diameter 250 mm PVC;
- Het verhang/afschot hoofdriool dient te liggen tussen de 1:200 en 1:300;
- Minimale onderlinge afstand van kruisende rioolbuizen is 200 mm;
- Het rioolstelsel dient minimaal 24 uur het afvalwater te kunnen bergen, zonder overlast in de woningen:
- Afvalwaterprognose: 10 l/u per inw (2,5 i.e.)
- Gemaalontwerp volgens het ‘Basis PVE gemalen’ van de gemeente Zwolle.
- Om het rioolgemaal goed te kunnen bereikbaar voor onderhoudswerkzaamheden dient er een zwaar voertuig (kolkenzuiger) achterwaarts naar de pompput toe te kunnen rijden.

Het nieuwe gemaal voert via een (nieuwe) persleiding in de berm van de Professor Feldmannweg af richting het bestaand openbaar rioolstelsel in de IJsselcentraleweg ten oosten van de spoorlijn. In Figuur 3-13 is het tracé met een

gestuurde boring en inprik op het bestaand riool aangegeven. Het huidige rioolgemaal (A in Figuur 3-12) aan de Professor Feldmannweg komt te vervallen. De pompunit van de bestaande woningen aan de Professor Feldmannweg moet vooralsnog blijven afvoeren en zal daarvoor worden overgezet op de nieuwe persleiding.



Figuur 3-13 Tracé persleiding met inprikpunt

4 Uitgangspunten geotechnische berekeningen waterveiligheid

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten beschreven die nodig zijn om geotechnische berekeningen op te stellen ten behoeve van het leggerprofiel en PVVR. Deze uitgangspunten zijn bepaald op basis van de documenten bij paragraaf 1.5 die beschikbaar zijn gesteld vanuit WDOD. Dit zijn documenten die horen bij het ontwerp van de dijkverbetering van de IJsselwerken.

4.1 Normering

Dijktraject 53-2 heeft een omgevingswaarde van 1/3.000 per jaar en een signaleringsparameter van 1/10.000 per jaar en heeft een lengte van 28,8 km. Bij het dijkontwerp van IJsselwerken is rekening gehouden met een hydraulisch belastingniveau (HBN) met een overslagdebiet van 10 l/s/m. De kering bij het plangebied voldoet ruim aan deze hoogte. Voor het leggerprofiel en PVVR wordt uitgegaan van een ontwerpperiode van 100 jaar, waarbij 2125 het zichtjaar is.

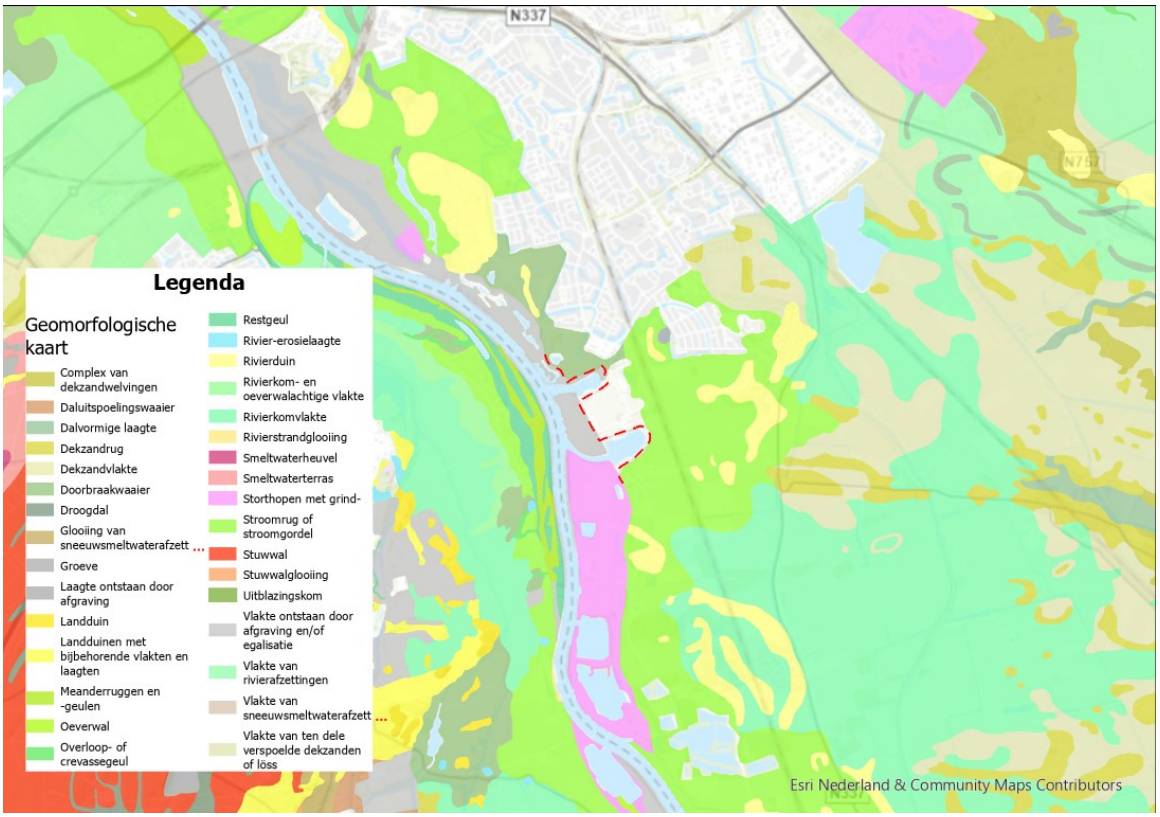
4.2 Geomorfologie

Het landschap rondom Zwolle is gevormd door een combinatie van glaciale, fluviatiele en eolische processen, die samen hebben bijgedragen aan het unieke karakter van de regio. De vorming van dit landschap begon in de voorlaatste ijstijd, het Saalien (circa 200.000 - 125.000 jaar geleden). Tijdens deze periode rukte het landijs op en werd het gebied beïnvloed door grote ijstongen die vanuit het noorden naar het zuiden bewogen. Eén van deze ijstongen baande zich een weg door het huidige IJsseldal. Door de stuwende werking van het ijs ontstonden de stuwwallen van onder andere de Sallandse Heuvelrug en het Veluwemassief, terwijl het oerdal van de IJssel werd gevormd. Tegelijkertijd voerden smeltwaterstromen sedimenten aan, waardoor het dal zich geleidelijk opvulde.

Na het Saalien volgde een warmere periode, maar tijdens de daaropvolgende ijstijd, het Weichselien (circa 70.000 - 10.000 jaar geleden), veranderde het klimaat opnieuw ingrijpend. Hoewel het landijs Nederland niet bereikte, heerste er een zeer koud klimaat. Door de lage temperaturen en het gebrek aan begroeiing had de wind vrij spel, wat leidde tot de afzetting van grote hoeveelheden zand. Dit zand vormde zogenaamde dekzanden, die zich als vlakke, lage ruggen en koppen manifesteerden. Een voorbeeld van zo'n dekzandgebied is het gebied langs de IJssel tussen Windesheim en Spoolde, met als markant punt de dekzandkop Bikkenrade, die iets hoger ligt dan haar omgeving. Tegelijkertijd werd in het drooggevallen IJsseldal zand door de wind verplaatst, wat leidde tot de vorming van rivierduinen. Op deze hoger gelegen duinen zijn later nederzettingen ontstaan.

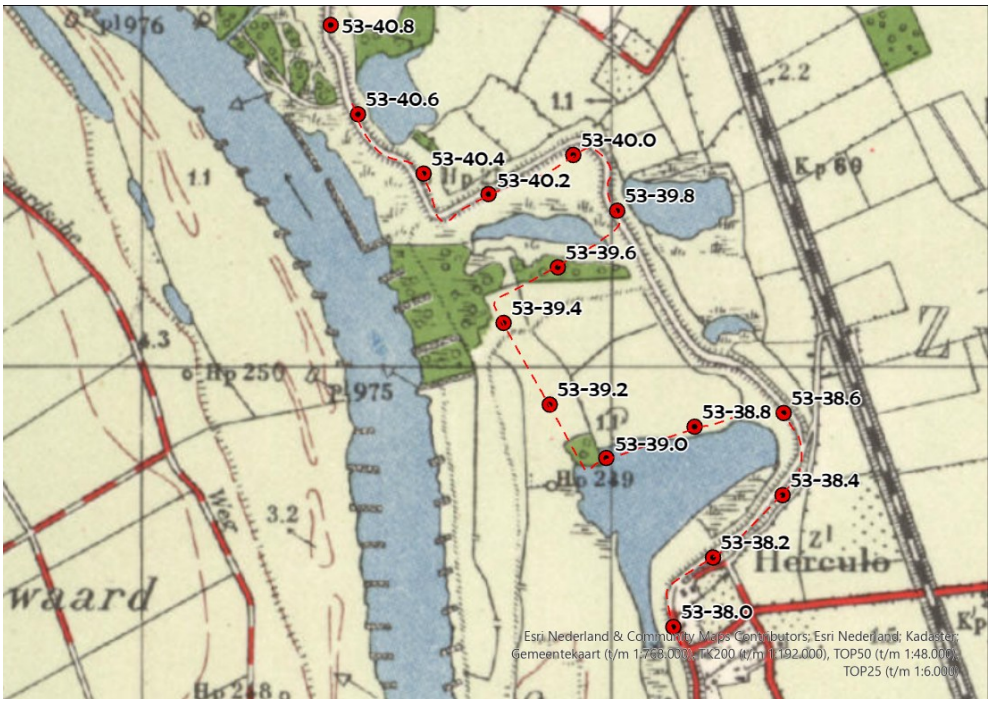
Met het einde van de ijstijd en de overgang naar het Holoceen (circa 10.000 jaar geleden) steeg de temperatuur, waardoor het landschap opnieuw drastisch veranderde. Er kwam weer een verbinding tussen de Rijn en de IJssel tot stand, waardoor de IJssel uitgroeide tot een grote, meanderende rivier. De overstromingen van de IJssel zorgden voor een dynamisch landschap waarin sedimentatieprocessen een belangrijke rol speelden. Langs de rivier werden lage zanderige ruggen gevormd, de zogenaamde oeverwallen. Een voorbeeld hiervan is de Sallandse oeverwal, die zich uitstrekt van de Olster Enk in het zuiden tot aan Herkulo. Deze oeverwal is 500-1000 meter breed en steekt op sommige plekken één tot anderhalve meter boven het zomerpeil van de IJssel uit. Buiten de oeverwallen ontstonden lagergelegen komgronden, veengebieden en vruchtbare kleigronden.

De projectlocatie ligt op een oeverwal in de buitenbocht van de IJssel. Hierdoor bestaat de deklaag voornamelijk uit zand.



Figuur 4-1: Geomorfologische kaart

De primaire kering bij het projectgebied is rond 1956 aangelegd om de IJsselcentrale te beschermen tegen overstromingen. Tot die tijd kon de IJssel vrij door de Herkulosche buitenlanden stromen, waardoor natuurlijke processen zoals sedimentatie en erosie plaatsvonden. Dit heeft geleid tot de afzetting van verschillende bodemlagen. Aan de noordzijde van het projectgebied en in de zuidwesthoek van het perceel bevonden zich vroeger grienden: laaggelegen, natte gebieden langs rivieren waar wilgen werden aangeplant voor economische doeleinden, zoals de productie van wilgentenen. De kans dat op deze locatie meer klei aanwezig is, is aanzienlijk. Dit is terug te zien in het grondonderzoek wat voor KRW in het voorland is uitgevoerd, maar ook in de maaiveldhoogtes vanuit het AHN. Het gebied buiten de grienden is zandig.



Figuur 4-2: Historische topografische kaart 1956

4.3 Geohydrologie

Voor Nieuw Harculo zijn twee geohydrologische onderzoeken beschikbaar, welke van belang zijn voor de faalmechanismes macrostabiliteit en piping. In het kader van het opstellen van het waterhuishoudkundig plan is een geohydrologisch (model)onderzoek uitgevoerd. Uit eerdere analyses bleek dat het grondwater in het plangebied sterk reageert op de waterstanden van de IJssel. Om te zorgen voor een goed functionerend waterhuishoudkundig systeem, waarbij de vereiste ontwateringsdieptes voor woningbouw worden gegarandeerd, heeft Arcadis dit onderzoek uitgevoerd. De belangrijkste uitgangspunten en resultaten van dit onderzoek zijn beschreven in paragraaf 4.3.1.

Daarnaast is voor het project IJsselwerken een ander geohydrologisch model ontwikkeld. Dit model richt zich op het gehele dijktraject en heeft een grovere schaal. De uitgangspunten van dit dijktraject zijn opgenomen in paragraaf 4.3.2.

4.3.1 Geohydrologisch model waterhuishoudkundig plan

Voor de inrichting van Nieuw Harculo zijn modelberekeningen uitgevoerd met MODFLOW6.

De schematisatie van de ondergrond van het model is gebaseerd op boringen en sonderingen in en rondom het plangebied, en het landelijke hydrogeologisch model REGIS II (v2.2.2). De geohydrologische interpretatie en laagindeling van dit model is samengevat in Tabel 4-1.

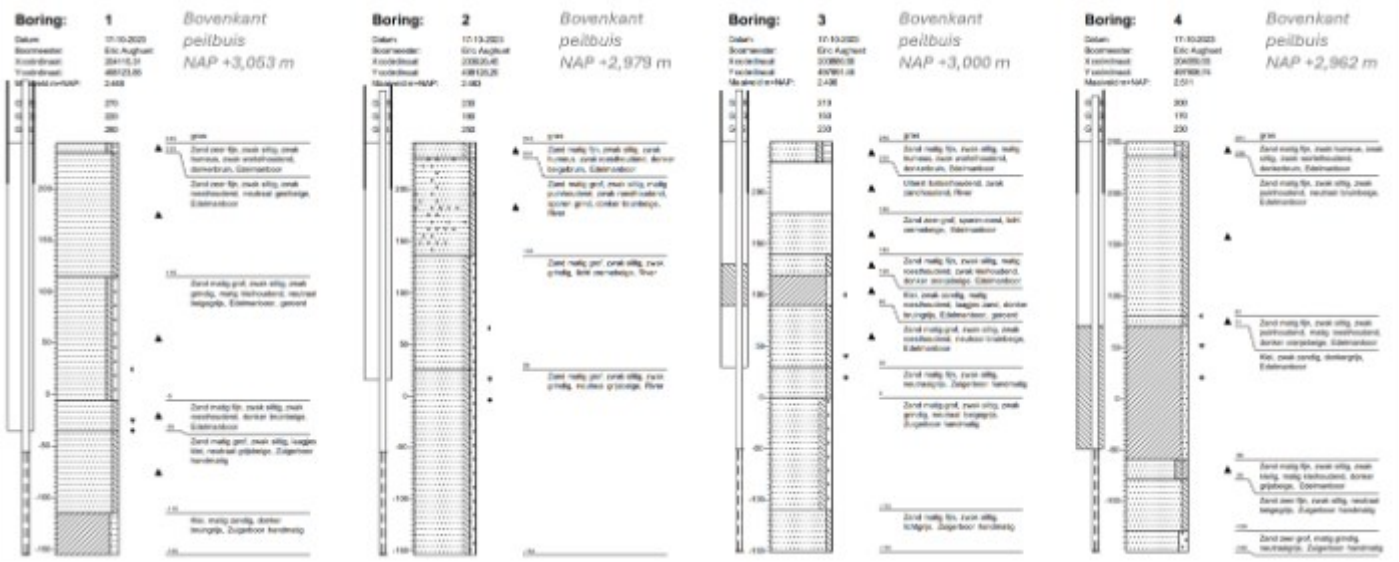
Tabel 4-1: *Bodemopbouw en geohydrologische interpretatie ter plaatse van het plangebied*

Laag	Top (m NAP)	Basis (m NAP)	Formatie	Lithologie	Type*	K_H (m/d)	K_V (m/d)
1	2	-0,8	Holoceen	fijn tot matig grof zand, klei	DKL	2,5	0,5
2	-0,8	-1,8	Boxtel	fijn zand	WVL	7	0,7
3	-1,8	-11	Kreftenheye	grof zand, grindig	WVL	60	6
4	-11	-11,5	Kreftenheye	klei (Zutphen)	SDL	0,4	0,04
5	-11	-35	Kreftenheye	grof zand, grindig	WVL	60	6
6	-35	-50	Kreftenheye	Klei (Twello)	SDL	0,004	0,0004
7 (12)	-50	-79	Gestuwd	fijn zand, kleilagen	CX	30	6
8 (13)	-79	-79,5	Peize & Waalre	grof zand, grindig	CX	60	6
9 (14)	-79,5	-101	Peize	fijn zand, kleilagen	WVL	6,5	0,04
10 (15)	-101	-108	Peize & Waalre	grof zand, grindig	WVL	22	2,2
11 (16)	-108	-109	Maassluis	fijn zand	WVL	11	1,1
			Maassluis	klei	GHB		0,004

* Geohydrologische interpretatie: DKL = deklaag, CX = complexe eenheid, WVL = watervoerende laag, SDL = scheidende laag, GHB = geohydrologische basis van het model

De samenstelling en doorlatendheid van de Holocene deklaag is onderzocht aan de hand van boringen (Figuur 2). Hierbij gaat het zowel om openbaar beschikbare boringen in en nabij het plangebied (BROloket: B27E0147, B27E0148, B27E0149, B27E204, B27E0071) en boringen en sonderingen die zijn uitgevoerd in het kader van het project. Uit de boor- en sondeergegevens volgt dat binnendijks geen doorlopende kleilaag aanwezig is in de deklaag (tot ca. 3 m – mv) en dat de deklaag bestaat uit zeer fijn tot matig grof zand met lokaal zandige klei. Deze bodemopbouw is ook bevestigd door het grondonderzoek dat eind 2024 is uitgevoerd in opdracht van Reales.

In relatie tot waterveiligheid zijn de eerste zes lagen vanuit Tabel 4-1 van belang qua dikte van het watervoerend pakket en bijbehorende doorlatendheden. De waterscheidende laag tussen NAP-11 m en NAP -11,5 m, de formatie van Zutphen, heeft een beperkte dikte en is lokaal aanwezig. Deze is niet meegenomen in de pipingberekening.

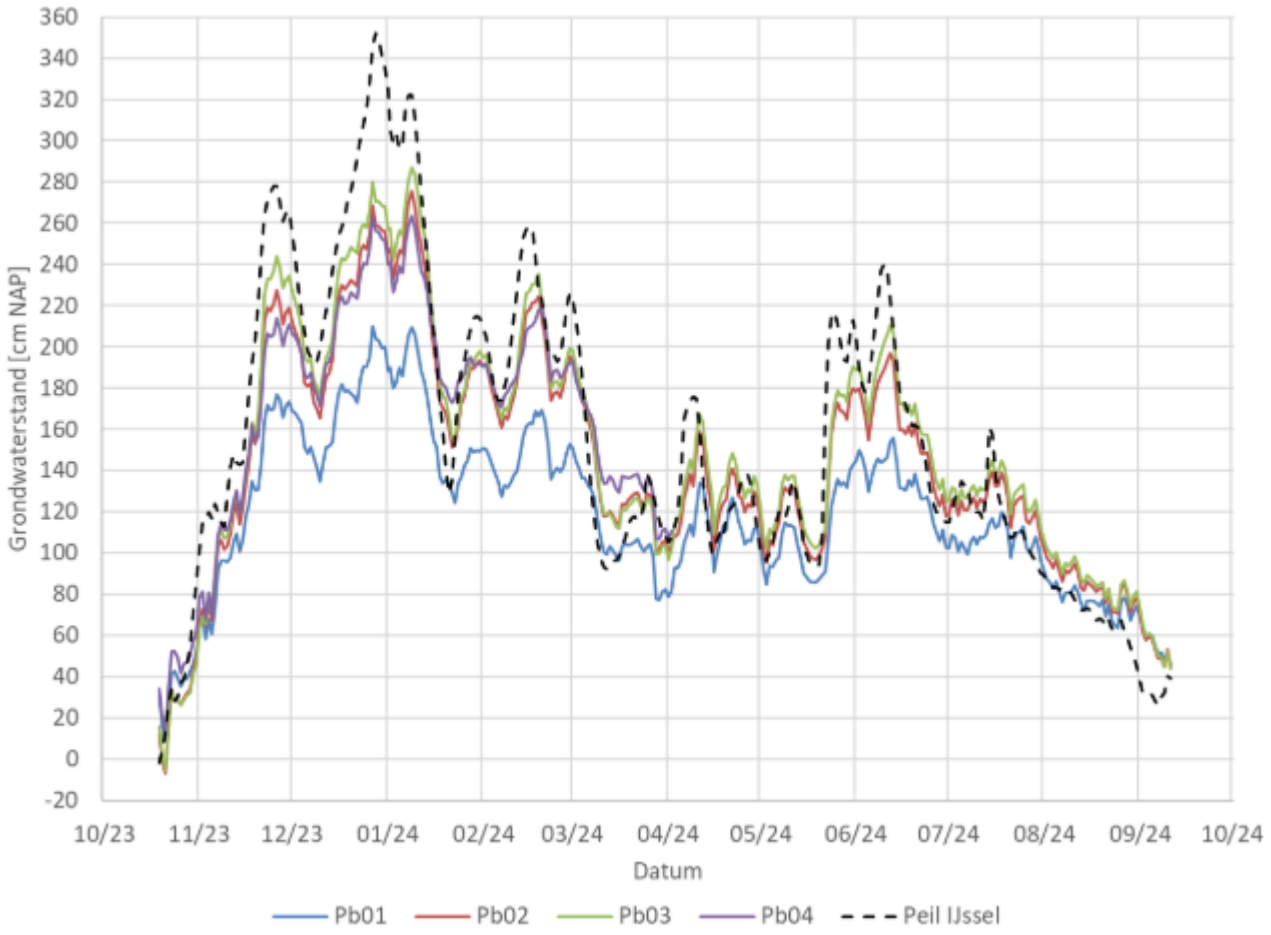


Figuur 4-3: Boringen/peilbuizen in het plangebied (gestippeld: zand, gestreept: klei).

De doorlatendheid van de deklaag is bepaald op basis van infiltratiemetingen, die zijn uitgevoerd nabij boorlocaties 1 t/m 4 (Figuur 2). Uit deze infiltratiemetingen volgt een verticale doorlatendheid van 0,2 tot 8,6 m/d. Op basis van het gemiddelde van alle uitgevoerde infiltratiemetingen is de horizontale doorlatendheid van de deklaag geschat op 2,5 m/d en de verticale doorlatendheid op 0,5 m/d. Voor meer informatie over de uitgevoerde infiltratiemeting verwijzen we naar het rapport ‘Ontwerptoelichting Waterhuishouding Nieuw Harculo, d.d. 13 mei 2024’.

Tabel 4-2: Doorlatendheid deklaag op basis van infiltratiemetingen

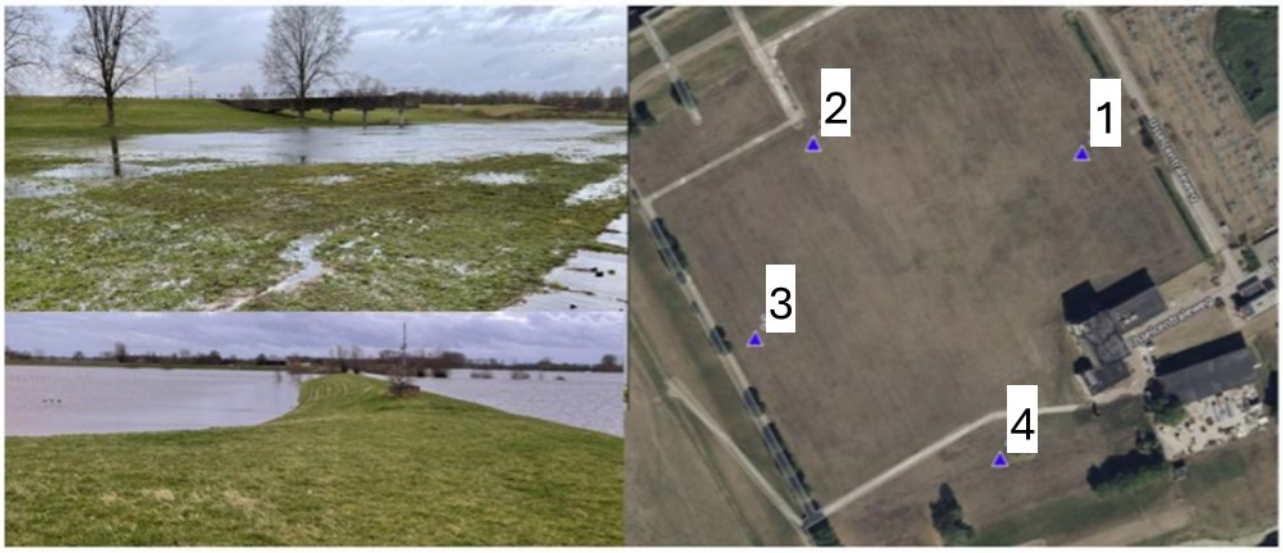
Nabij peilbuis	Diepte [m-mv]	Bodemkenmerken	k-waarde [m/d]
1	0,5-1,0	Matig fijn zand, zwak siltig	0,22
1	1,0-1,8	Zand matig grof, zwak kleihoudend	0,37
2	0,5-1,0	Zand matig fijn, zwak siltig	0,41
3	0,5-1,0	Zand matig grof, zwak grindig	8,64
3	1,0-1,5	Zand matig grof, zwak grindig, sporen van klei	4,63
4	0,5-1,0	Zand matig grof, zwak grindig, sporen van klei	1,56
4	1,0-1,5	Zand matig fijn, zwak siltig	1,25



Figuur 4-4: Gemeten grondwaterstanden (in cm t.o.v. NAP) in Peilbuis 01 t/m 04 en de gemeten waterstand van de IJssel ter hoogte van gemaal Harculo over de periode oktober 2023 t/m september 2024.

De maximale waterstand was NAP+3,42m op 27-12-23 en 28-12-23. Eind december was sprake van een verhoogde waterstand op de rivieren. De afvoer vanuit Duitsland was hoog en viel samen met een hoog waterpeil op het IJsselmeer. Er was sprake van een vijfjaarlijks hoogwater. De peilbuismetingen en de rivierwaterstand ter plaatse van het plangebied is weergegeven in Figuur 4-4.

Uit de peilbuismetingen blijkt dat binnen het plangebied een duidelijke respons zichtbaar is op de IJssel. Er zijn geen zandmeevoerende wellen geconstateerd. Het binnendijkse terrein heeft geen doorlopende kleilaag en is zandig. Zonder maatregelen zoals een goede afwatering en ophoging van het terrein, ontstaat tijdens hoogwater wateroverlast. In Figuur 4-5 is het natte maaiveld binnen het plangebied zichtbaar tijdens het hoogwater van 2023. In het verleden, toen het terrein eigendom was van ENGIE, was op deze locatie een bronbemalingssysteem aanwezig die het grondwaterpeil kon reguleren. In de toekomstige situatie wordt een IT-drainage aangelegd om te zorgen voor droge voeten.



Figuur 4-5: Hoogwater december 2023

4.3.2 Geohydrologisch model IJsselwerken

Voor dijkversterkingsproject IJsselwerken is ook een geohydrologisch model opgezet. De berekeningen van het stijghoogtemodel zijn ook uitgevoerd met MODFLOW6. Voor het bepalen van de geohydrologische uitgangspunten is het traject opgedeeld in drie secties waarvoor karakteristieke waarden zijn bepaald. Deze secties hebben ongeveer een lengte van 10 kilometer.

Parameter	Waarde	Opmerking
Doorlatendheid watervoerend pakket k_h	73,11m/d	Is een gewogen gemiddelde van de formatie van Boxtel en Kreftenheye. Waarbij 1m formatie van Boxtel en 30 m Kreftenheye.
Korreldiameter D70	0,254 µm	Bepaald voor sectie 3.
y_{sat} Echteld klei	16,2 kN/m3	Op basis van de proevenverzameling
Dikte wvp veilige waarde op basis van REGIS (Kreftenheye)	Dikte = 30 m k = 75 m/d	Bepaald op basis van informatie uit VNK, REGIS en pompproeven behorende bij de geohydrologische beschrijving van Gelderland van TNO uit 1984.
Dikte formatie van Boxtel op basis van REGIS	Dikte = 1 m k = 18,3 m/d	De doorlatendheden van de formatie van Boxtel zijn bepaald op basis van correlaties met de d10 vanuit het beschikbare grondonderzoek.
Polderpeil	NAP-0,4m	Uit een meetreeks van 1 jaar blijkt dat de grondwaterstand structureel hoger is dan het polderpeil.
Deklaagdikte teen	Variabel	De dikte van de deklaag ter plaatse van de teen is in de stijghoogte en pipingberekeningen voornamelijk bepaald op basis van de boringen en sonderingen ter plaatse van de kruin.

Binnen het plangebied zijn geen onderzoekspunten aanwezig op basis waarvan de geohydrologische uitgangspunten zijn bepaald. De onderzoekspunten ter plaatse van 39.85 ligt het dichtst bij het plangebied.

Boring	Diepte van [m NAP]	Diepte tot [m NAP]	Omschrijving NEN 5104	Formatie	D70	D70 >63um	k [m/d]
B53Y-39.85E	-0,47	-0,87	Zand, matig grof, zwak siltig		0,34	0,374	8,48
B53Y-39.85E	-0,87	-1,27	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig	Boxtel	0,327	0,352	4,32

De waarden die zijn bepaald voor het geohydrologisch model van IJsselwerken zijn conservatief ten opzichte van de waarden uit het geohydrologisch model van Nieuw Harculo. Dit is onder andere te verklaren door de grootte van de beide projecten. Voor Nieuw Harculo zijn de gegevens locatiespecifiek terwijl voor de IJsselwerken karakteristieke waarden zijn bepaald voor grotere gebieden. In de berekeningen wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de uitgangspunten vanuit IJsselwerken aangezien deze conservatief zijn.

4.4 Bodemopbouw

Voor de schematisatie van de bodemopbouw zijn de volgende bronnen gebruikt:

- Boringen en sonderingen vanuit IJsselwerken
- Geotechnisch lengteprofiel IJsselwerken
- Boringen Reales (2024)
- DINOloket

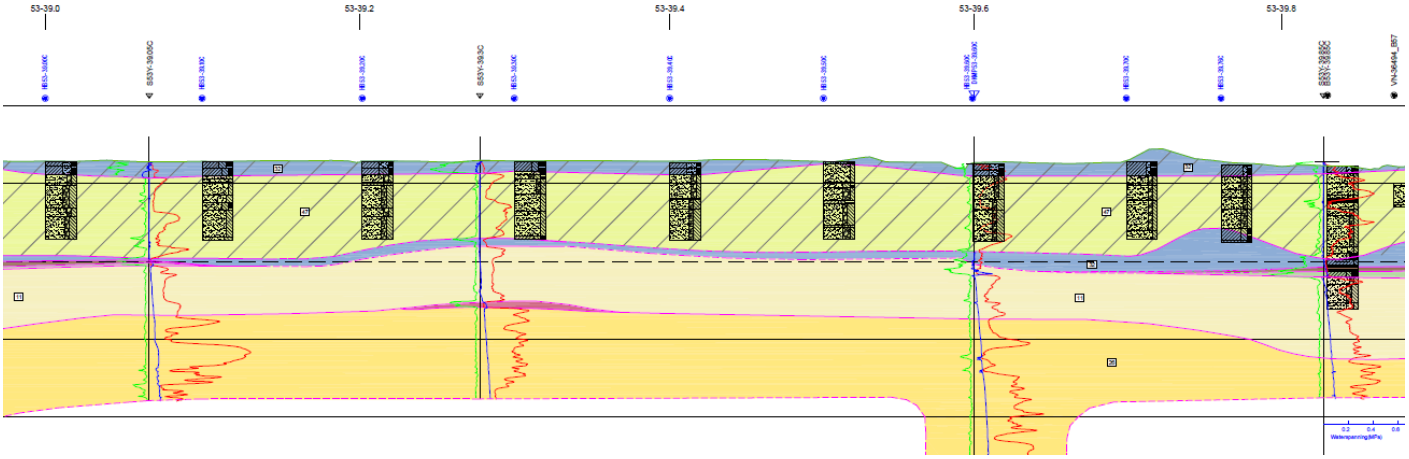
4.4.1 Opbouw kering

Vanuit IJsselwerken zijn diverse boringen en sonderingen ter plaatse van de kering aanwezig. Op 14 locaties zijn boringen en sonderingen uitgevoerd, waarbij op 4 locaties raaien zijn geplaatst. Uit dit onderzoek blijkt dat de kering bestaat uit een zandkern met een kleibekleding van circa 0,6 m dikte. De kering rondom het projectgebied is relatief nieuw. Deze is in de jaren ‘50 gerealiseerd om de IJsselcentrale te beschermen tegen overstromingen. Zowel binnen- als buitendijks ligt het maaiveld op NAP+2,9m. Uit de sonderingen blijkt dat tussen NAP+1m en NAP-1,0m een kleilaag aanwezig is. Deze hoogte wisselt binnen het gebied. Binnen de berekeningen wordt deze laag tussen NAP+0,5m en NAP-0,5m geschematiseerd, zoals deze ook ter plaatse van het berekende profiel aanwezig is. In Figuur 4-6 is het geotechnisch lengteprofiel ter plaatse van de kruin weergegeven.

Tabel 4-3: Bodemopbouw op basis van grondonderzoek bij dp 39.6

Laag	Bovenkant laag (m NAP)	Onderkant laag (m NAP)
Antropogeen – klei	6,4	5,8
Antropogeen – zand	5,8	2,9
Boxtel - zand	2,9	0,5
Echteld – klei	0,5	-0,5
Boxtel – zand	-0,5	-1,8
Kreftenheye – zand	-1,8	-35

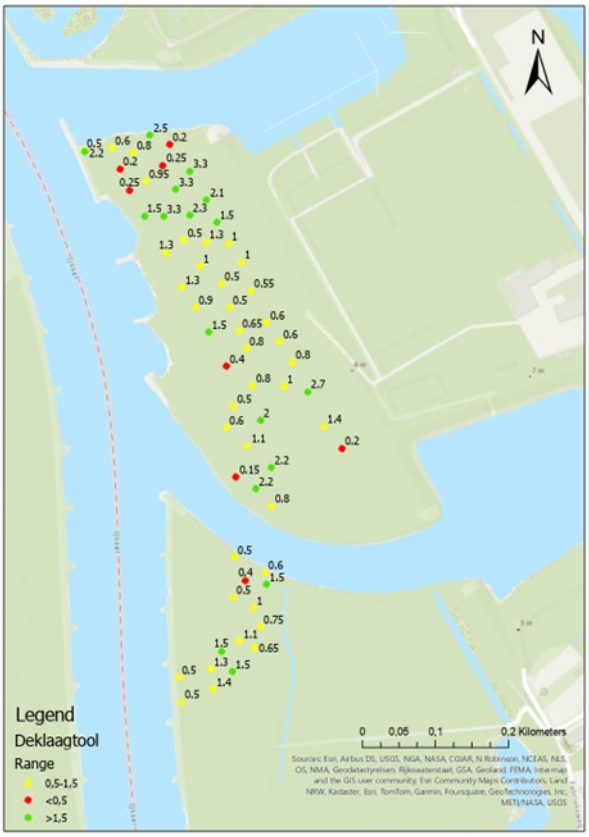
*Voor de pipingberekeningen is per doorsnede de onderzijde van de deklaag bepaald op basis van de dichtstbijzijnde sondering of boring.



Figuur 4-6: Geotechnisch lengteprofiel kruin tussen 39.0 en 39.8

4.4.2 Voorland

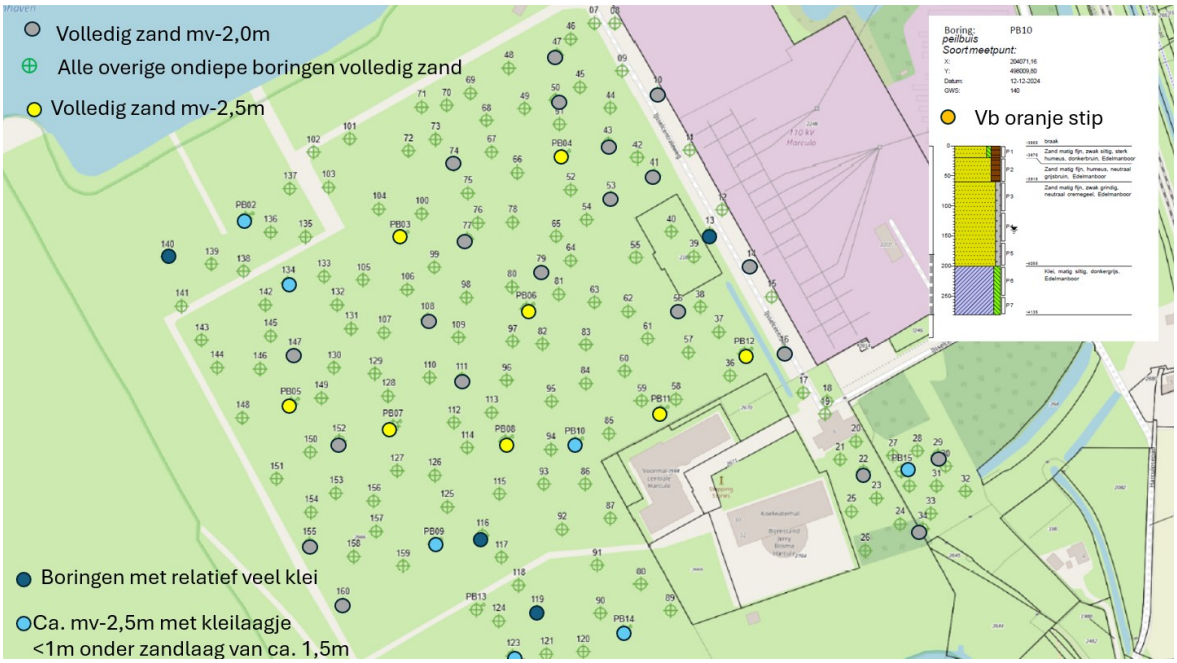
Aan de noord- en zuidzijde van het plangebied grenst de kering aan de Kolenhaven en Materiaalhaven. De voorlandlengte is hier beperkt. Aan de westzijde van het plangebied is sprake van een voorland. Vanuit het KRW-project is grondonderzoek uitgevoerd op de beoogde locatie van de geul. In Figuur 4-7 is de interpretatie van de deklaagdiktes weergegeven. Hieruit blijkt dat het voorland weinig klei bevat. De intredeweerstand van het voorland is beperkt en bestaat voornamelijk uit zand en dunne kleilagen. Het materiaal van de waterbodem ter plaatse van de insteekhavens is onbekend. Op de locatie waar meer klei in het voorland is gevonden, komt overeen met de locatie waar tot en met 1956 de grienden aanwezig waren. Voor de berekening van de stijghoogte wordt uitgegaan van een beperkte intredeweerstand.



Figuur 4-7: Interpretatie deklaagdikte vanuit grondonderzoek KRW

4.4.3 Binnendijks – achterland

Vanuit het project IJsselwerken is binnendijks beperkt grondonderzoek beschikbaar. Reales heeft binnen het projectgebied eind 2024 grondonderzoek uit laten voeren. Binnen het gebied zijn 160 boringen uitgevoerd. Binnen het terrein zijn 15 peilbuizen geplaatst. De bijbehorende boringen zijn tot 2,5m-mv uitgevoerd. Daarnaast zijn circa 20 boringen tot 2m-mv geplaatst. De overige boringen gaan tot een diepte van 1m-mv. Van de 160 boringen is bij 10 boringen klei aangetroffen. Hieruit wordt geconcludeerd dat het plangebied voornamelijk uit zand bestaat en doorlatend is. Vanuit boringen uit het DINOloket blijkt dat de kleilaag op een diepte tussen de NAP+1,0m en NAP-1,0m van circa 1 meter dikte niet overal aanwezig is. Ook uit de peilbuismetingen wordt geconcludeerd dat er geen doorlopende kleilaag binnen het terrein aanwezig is. De waterstanden in de peilbuizen reageren op de waterstand op de IJssel. Er treedt kwel op waardoor zonder maatregelen het grondwaterpeil stijgt tot boven het huidige maaiveld.



Figuur 4-8: Interpretatie grondonderzoek Reales

4.5 Sterkte parameters

Voor de het berekenen van de stabiliteit zijn sterkte parameters benodigd.

De sterkte parameters van de grondlagen zijn overgenomen vanuit de TUN [Ref 7.]. De volledige tabel met parameters is opgenomen in Tabel 4-4. Voor de stabiliteitsberekeningen is een POP van 10kPa toegepast als conservatief uitgangspunt.

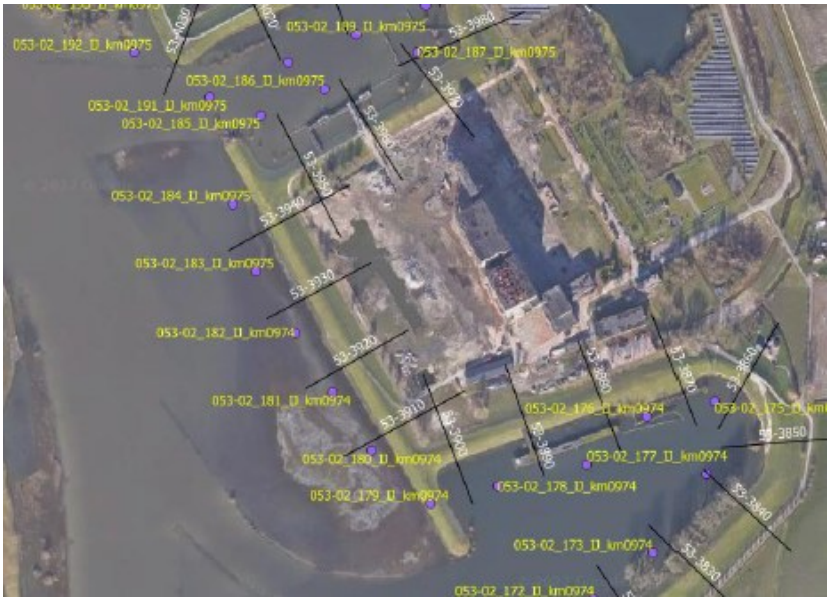
Tabel 4-4: Geotechnische parameters stabiliteit

Laag	y_{unsat} [kN/m³]	y_{sat} [kN/m³]	S_{nc} [-]	m [-]	φ' [°]	POP [kPa]
Antropogeen-klei	18,5	18,5	0,29	0,83	29	10/20
Antropogeen-zand	18,2	19,2	-	-	31,3	-
Echteld – klei	16,4	16,4	0,29	0,83		10/20
Echteld – zand	19,4	19,4	-	-	31,3	-
Nieuwkoop-veen	10,8	10,8	0,39	0,83	22,4	-
Boxtel - klei	14,8	14,8	0,29	0,83	29	10/20
Boxtel – zand	19,7	19,7	-	-	31,3	-
Kreftenheye – zand	19,7	19,7	-	-	31,3	-

4.6 Hydraulische belastingen

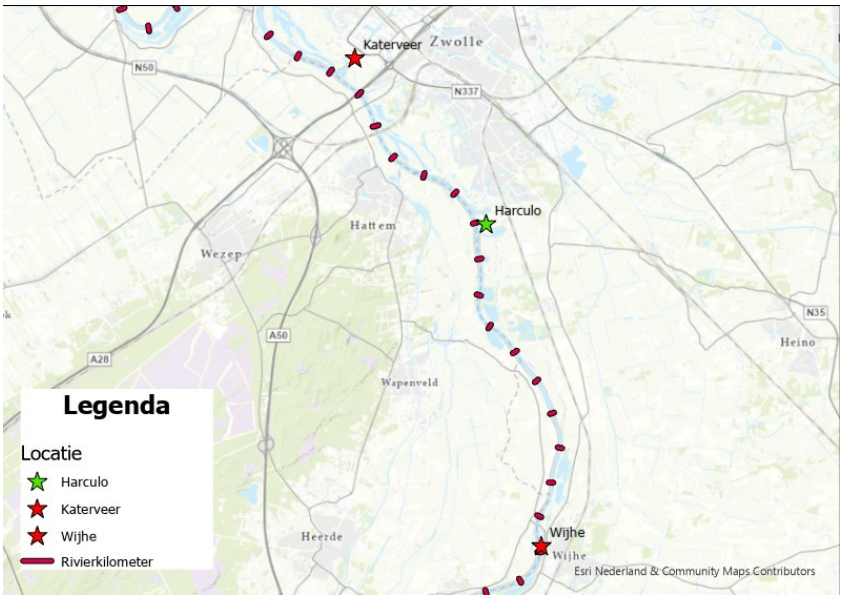
Voor de IJsselwerken zijn de hydraulische randvoorwaarden bepaald. Dit betreft de waterstand bij de ondergrens. In Figuur 4-9 zijn de berekeningslocaties van de hydraulische randvoorwaarden weergegeven. De berekende waterstand bij de norm (WBN) voor 2075 ligt binnen het plangebied tussen de NAP+5,12m en NAP+5,15m. Ter plaatse van dp39.3 geldt het WBN van NAP+5,13m voor het zichtjaar 2075. De kering voldoet op hoogte bij een overslagdebiet

van 1l/m/s. Er is geen sprake van een significante golfoverslag. Bij de schematisatie van de freatische lijn is geen rekening gehouden met overslag. Voor het project IJsselwerken zijn ook de hydraulische randvoorwaarden voor het zichtjaar 2125 bepaald. De berekende waterstand voor 2125 is NAP+5,40m. Ook in dit geval is er geen sprake van een significante golfoverslag. **Voor de bepaling van het leggerprofiel en het PVVR is uitgegaan van de waterstand bij zichtjaar 2125.**



Figuur 4-9: Berekeningslocaties hydraulische randvoorwaarden

De dagelijkse waterstand van de IJssel ter plaatse van het plangebied is bepaald op basis van de waterstandsmetingen bij meetpunten Wijhe en Katerveer bij Zwolle. Op basis van de rivierkilometers is deze waterstand geïnterpoleerd naar het plangebied. In 2023 was de gemiddelde waterstand NAP+1,13m. Het minimum was NAP+0,08m op 19-10-23.



Figuur 4-10: Locatie meetpunten RWS, kilometrering IJssel en projectlocatie Harculo

In de berekeningen worden de waterstanden toegepast uit Tabel 4-5. In de stabiliteitsberekeningen van IJsselwerken is het polderpeil bij hoogwater van NAP+0,75m toegepast. Gezien de hoge waterstand in december 2023 is deze waterstand voor de bepaling van het leggerprofiel verhoogd naar NAP+2,2m. Hierdoor is de berekening voor de bepaling van het leggerprofiel en PVVR conservatiever dan de berekeningen die zijn uitgevoerd voor IJsselwerken.

Tabel 4-5: Toegepaste hydraulische randvoorwaarden. De waterstanden uit 2125 zijn toegepast in de berekeningen

	Toegepaste waterstanden scenario 2125	Waterstanden 2075 [m+NAP]	Waterstand gebruikt in berekeningen IJsselwerken 2075
WBN	**5,42**	5,15	5,14
IJsselpeil dagelijks	1,13	1,13	
Polderpeil dagelijks	-0,4	-0,4	
Freatisch polderpeil WBN	2,2	2,2	0,75
Stijghoogte buitenteen	4,66	4,45	4,11
Stijghoogte binnenteen	4,2	4,13	3,83

In Bijlage G zijn de berekende stijghoogtes op basis van de TRWD opgenomen die in de stabiliteitsberekeningen zijn gebruikt.

Voor de stabiliteitsberekening is een grondwaterpeil van NAP+2,2m toegepast. Dit is de beoogde maximale grondwaterstand van Nieuw Harculo.

4.7 Geometrie waterkering

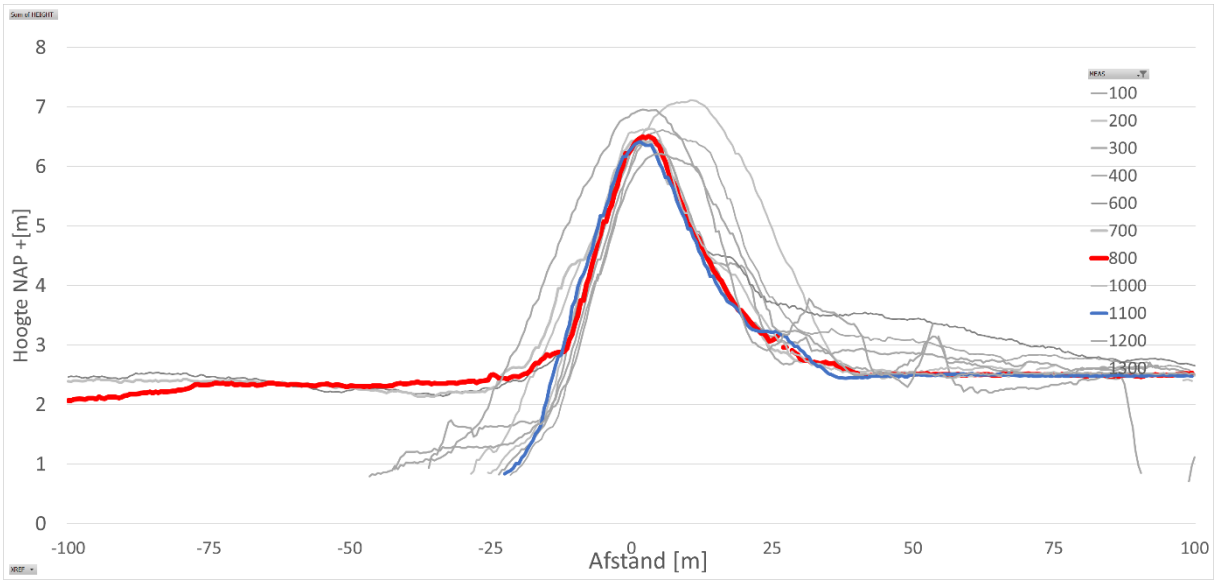
Tussen dijkpaal 38.6 en 39.8 zijn om de 100 meter dwarsprofielen gegenereerd op basis van het AHN4. Hieruit is een maatgevend profiel geselecteerd, waarbij rekening is gehouden met de locatie van de woningbouw nabij de kering. Het profiel ter plaatse van 39.3 is qua geometrie maatgevend voor stabiliteit binnenwaarts. De kerende hoogte is hier representatief en het maaiveldniveau binnendijks ligt relatief laag ten opzichte van de overige profielen. In Figuur 4-11 is de gekozen geometrie weergegeven met de rode lijn ter plaatse van het label CL800. In Figuur 4-12 zijn de dwarsprofielen weergegeven. Dit profiel is maatgevend ten opzichte van de profielen nabij de noordelijke en zuidelijke haven door de ligging van het binnendijkse maaiveld. Het maaiveld bij de havens ligt ruim een meter hoger.

Voor piping is het profiel ter plaatse van 39.6 maatgevend. Hier ontbreekt het voorland en is woningbouw gepland op de grens van beschermingszone A en B. De geometrie is vergelijkbaar met het dwarsprofiel van 39.3. Voor beide profielen zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd.

Bij het profiel van 39.6 is de ligging van de waterbodem bepaald op basis van de bathymetrie van de IJssel. Hierbij is het uitgangspunt dat de insteekhaven niet dieper zal zijn dan de IJssel.



Figuur 4-11: Bovenaanzicht locatie dwarsprofielen en representatief profiel voor stabiliteit (rood) bij dijkpaal 39.3 en piping (blauw) bij dijkpaal 29.6



Figuur 4-12: Dwarsprofielen en representatief profiel voor stabiliteit (rood) bij dijkpaal 39.3 en piping (blauw) bij dijkpaal 29.6

4.8 Verkeersbelasting

In de stabiliteitsberekening is geen rekening gehouden met verkeersbelasting aangezien het bij de overstromingsbenadering in deze extreme situatie niet realistisch is dat een verkeersbelasting op de kering aanwezig is, zeker omdat op deze locatie geen weg aanwezig is.

5 Berekeningsresultaten

In paragraaf 5.1 en 5.2 zijn respectievelijk de berekeningsresultaten van macrostabiliteit binnenwaarts en piping opgenomen. Deze resultaten zijn vervolgens vertaald in het leggerprofiel en PVVR in Hoofdstuk 6. Voor de beschermingszones aan de buitenzijde van de kering zijn geen berekeningen uitgevoerd. De ontwikkeling van het plangebied vindt binnendijks plaats. Hierdoor blijven de huidige buitendijkse zoneringen geldig. Voor de pipingberekening is de lengte van de buitenteen tot de grens met beschermingszone A meegenomen als voorland.

In de stabiliteitsberekeningen is rekening gehouden met hogere stijghoogtes en een hogere freatische lijn dan bij dijkverbetering IJsselwerken. Door deze conservatisme is de kans dat deze kering de komende 100 jaar versterkt moet worden op basis van de huidige normering verwaarloosbaar. Dit sluit aan bij het feit dat bij het huidige dijkversterkingsproject op deze locatie geen versterkingsopgave is voor zowel stabiliteit als piping.

In de berekeningen is ook rekening gehouden met de plannen rondom de nevengeul buitendijks vanuit de KRW. Uit onderzoek van Rijkswaterstaat blijkt dat deze geul geen nadelige effecten heeft op de waterveiligheid.

5.1 Macrostabiliteit binnenwaarts

Voor stabiliteit binnenwaarts zijn op basis van de normering van de kering de (partiele) veiligheidsfactoren uit Tabel 5-1 van toepassing. De waterkering is voldoende stabiel wanneer deze aan de vereiste veiligheidsfactor voldoet. Voor de IJsselwerken is rekening gehouden met een schematiseringsfactor van 1,05. In deze rapportage wordt dezelfde schematiseringsfactor toegepast. Binnen het gebied is voldoende grondonderzoek aanwezig en rekenen we met conservatieve uitgangspunten zoals de schematisatie van de waterspanningen, geometrie en bodemopbouw.

Tabel 5-1: Vereiste veiligheidsfactor STBI

Type	Waarde [-]
Schadefactor	1,14
Modelfactor (Uplift-Van)	1,06
Schematiseringsfactor	1,05
Vereiste veiligheidsfactor	**1,27**

Voor de beschouwing van de binnenwaartse stabiliteit zijn voor het profiel bij dijkpaal 39.3 twee scenario's berekend, namelijk voor zichtjaar 2075 en 2125. Ook ter plekke van dijkpaal 39.6 is een stabiliteitsberekening uitgevoerd, aangezien op deze plek bijna geen voorland aanwezig is.

Voor de bepaling van het profiel van vrije ruimte geldt een ontwerpperiode van 100 jaar. In de berekeningen zijn de uitgangspunten uit Hoofdstuk 4 opgenomen. De grens tussen de beschermingszone A en B wordt onder andere bepaald door de grond die nodig is om de stabiliteit van de waterkering te waarborgen. De grens ligt op de locatie waar veilig een ontgraving mogelijk is van één meter diepte waarbij de kering nog voldoet aan de vereiste veiligheid. Deze grens wordt gevonden door in de berekening een ontgraving te schematiseren en deze ontgraving te verschuiven naar de locatie waarbij de ontgraving geen invloed heeft op de vereiste sterkte van de kering. Het resultaat van het leggerprofiel en PVVR bij zichtjaar 2125 is opgenomen in Hoofdstuk 6.

De stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd met D-Stability 2024.01 met het glijvlakmodel Uplift-Van in combinatie met CSSM-parameters.

Tabel 5-2: Resultaat stabiliteitsberekening

Profiel	Zichtjaar	Waterstand [m+NAP]	Vereiste veiligheidsfactor	Berekende veiligheidsfactor [-]	Oordeel
39.3	2075	5,14	1,27	2,14	Voldoet zeer ruim
39.3	2125	5,41	1,27	2,08	Voldoet zeer ruim
39.3_C[1]	2125	5,41	1,27	2,56	Voldoet zeer ruim
39.6	2125	5,41	1,27	2,1	Voldoet zeer ruim

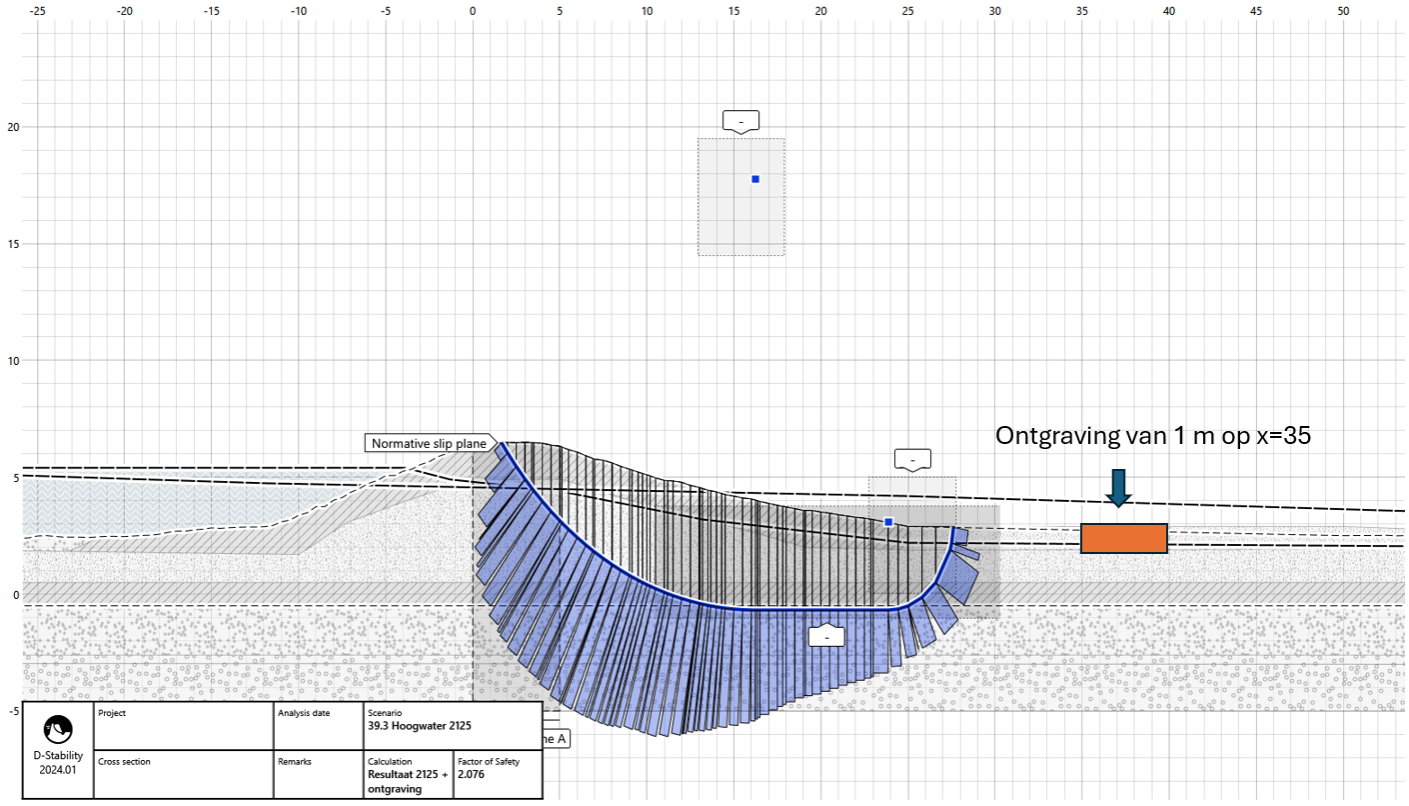
[1]Bij profiel 39.3_C is het binnendijkse maaiveld opgehoogd naar NAP+3,8m. Hierbij is een ontgraving van 1 meter geschematiseerd op X=25m vanaf de buitenkruinlijn. Dit ontwerp is in een latere fase toegevoegd.

5.1.1 Conclusie macrostabiliteit

Alle stabiliteitsberekeningen voldoen zeer ruim aan de vereiste veiligheid voor stabiliteit binnenwaarts op basis van de nu geldende normen en waterstanden voor 2125. In Bijlage G zijn de stabiliteitsberekeningen opgenomen. In Figuur 5-1 is de doorsnede weergegeven in combinatie met de ontgraving van 1 meter diepte op 35 vanaf de buitenkruinlijn. Voor beide profielen geldt dat de stabiliteitsfactor niet negatief wordt beïnvloed bij een ontgraving op deze afstand. Ook bij het ophogen van het maaiveld naar NAP+3,8m en een ontgraving van 1 meter op 25 meter van de buitenkruinlijn voldoet de kering zeer ruim.

Voor de dijkverbetering van de IJsselwerken liggen de berekende veiligheidsfactoren voor de binnenwaartse stabiliteit zonder overslag rond SF 2,0.

Het is belangrijk om te realiseren dat een berekende veiligheidsfactor van 2,08 zeer robuust is. Bij dergelijke veiligheidsfactoren is het niet de verwachting dat hier in de toekomst een dijkversterking nodig is voor het faalmechanisme macrostabliteit binnenwaarts.



Figuur 5-1: Resultaat stabiliteitsberekening zichtjaar 2125, SF=2,076

5.2 Piping

5.2.1 Beschrijving faalmechanisme piping

Piping is een geotechnisch faalmechanisme, waarbij de dijk faalt als gevolg van terugschrijdende erosie. Hierbij ontstaat een pijp onder de dijk als gevolg van het transport van zand. Piping treedt alleen op bij kleidijken op zand (klei-op-zand) of onder stevige deklagen waar een eventuele zandkering op gefundeerd is. De bestaande primaire waterkering betreft waarschijnlijk een zand-op-zand dijk, maar omdat er rond NAP+0m sporadisch een kleilaag onder de kering wordt aangetroffen, wordt conservatief gecontroleerd op piping

Bij piping is sprake van de volgende gebeurtenissen voordat er werkelijk sprake is van het falen van de kering door terugschrijdende erosie:

1. De buitenwaterstand stijgt.
2. De waterspanning in het achterland stijgt en komt boven de grenspotentiaal.
3. De deklaag binnendijks barst op.
4. Er vindt heave plaats.
5. Er ontstaat een erosiekanaal onder de kering.
6. Er ontstaat hydraulische kortsluiting, er ontstaat een doorgaande pipe.
7. Het erosiekanaal verdiept en verbreedt zich.
8. Vervolgens treedt kruinverlaging op wanneer de kering zakt in de holle ruimte.

Opbarsten van een deklaag (3) gebeurt alleen als de stijghoogte (waterdruk) in de zandlaag onder de deklaag groter wordt dan de grenspotentiaal (2). De stijghoogte kan alleen boven de grenspotentiaal uitkomen indien er een doorlopende deklaag van voldoende dikte aanwezig is. Indien deze niet voldoende aanwezig is, dan vloeien de waterspanningen af naar het maaiveld en aanwezig oppervlaktewater. In het plangebied is de binnendijkse bodem erg zandig en de aanwezige kleilaag niet doorlopend. Dit blijkt uit de volgende gegevens:

- Boringen binnendijks (en buitendijks) gebied;
- Boringen/sonderingen dijk met en zonder kleilaag;
- De respons in de peilbuizen want die volgen de IJssel, maar de zandlaag staat duidelijk in contact met het polderpeil / freatisch water (geen afsluitende kleilaag).

Hierdoor ontstaat er onvoldoende druk om opbarsten te veroorzaken en de vervolgprocessen mogelijk te maken. Dit maakt het ontstaan van een doorgaande pijp onder de kering zeer onwaarschijnlijk. *In het geval er toch een doorlopende deklaag zou zijn, zijn in navolgende paragrafen controleberekeningen uitgevoerd.*

5.2.2 Sellmeijer

In het geval er toch een doorlopende deklaag zou zijn, is in deze paragraaf een controleberekening uitgevoerd.

Voor het berekenen van piping wordt gebruikt gemaakt van de Sellmeijer methode. Deze methode kent zijn beperkingen. Hierbij wordt onder andere de doorlatendheid van het voorland en achterland slecht meegenomen.

Op basis van het OI2014v4 gelden voor piping de veiligheidsfactoren uit Tabel 5-3 voor piping, opbarsten en heave. Daarnaast is sprake van de schematiseringsfactor welke ook bij IJsselwerken is toegepast.

Tabel 5-3: Veiligheidsfactoren piping op basis van OI2014v4

Factor	Waarde
Veiligheidsfactor piping	1,41
Veiligheidsfactor opbarsten	1,72
Veiligheidsfactor heave	1,32
Schematiseringsfactor	1,05

Met de gegevens van IJsselwerken en de vereiste veiligheidsfactoren is via Sellmeijer berekend hoe groot het kwelwegtekort is bij de waterstanden bij zichtjaar 2125. In de Sellmeijer berekening is niet de WBN 2125 gebruikt, maar de stijghoogte ter plaatse van de buitenteen. Deze waterstand is berekend op basis van het geohydrologisch model van IJsselwerken waarbij de dikte en doorlatendheid van het watervoerend pakket, de intredeweerstand van het voorland bekend zijn bij IJsselwerken. In Tabel 5-4 staan de beknopte resultaten op basis van Sellmeijer waarbij een maaiveld van NAP+2,9m ter plaatse van de binnenteen als uitgangspunt is opgenomen overeenkomstig met de ontgraving van stabiliteit. Dit is de maaiveldhoogte exclusief 1 meter ontgraving.

Tabel 5-4: Resultaten Sellmeijer

Dijkpaal	WBN [m+NAP]	Stijghoogte buitenteen [m+NAP]	Maaiveld binnenteen [m+NAP]	OK deklaag	Dijkzate [m]	Kwelweg tekort [m]
38,8	5,42	5,10	2,9	-0,20	48,5	**2,3**
38,9	5,42	5,29	2,9	-0,20	50,5	**9,3**
39,0	5,42	5,29	2,9	-0,20	43,5	**16,6**
39,1	5,41	4,86	2,9	-0,20	52,5	0,0
39,2	5,41	4,59	2,9	-0,30	45,5	0,0
39,3	5,40	4,44	2,9	1,00	43,5	0,0
39,4	5,40	4,72	2,9	1,00	44,5	**5,4**
39,5	5,39	5,18	2,9	-0,90	45,0	0,0
39,6	5,40	4,81	2,9	-0,90	40,0	0,0
39,7	5,40	5,07	2,9	-0,90	49,0	0,0

Duiding resultaten Sellmeijer

De berekende stijghoogte ter plaatse van de buitenteen is bij 38,9 en 39,0 erg hoog. Ten opzichte van de peilbuismetingen die zijn uitgevoerd voor het waterhuishoudig plan en een analyse van aanvullend bodemonderzoek en ontstaansgeschiedenis uit het gebied lijkt deze hoge stijghoogte een overschatting te zijn. Om het risico op piping beter te kunnen beoordelen wordt de pipinganalyse voortgezet met D-GeoFlow. Hierbij worden de maatgevende profielen vanuit de Sellmeijer berekening in de volgende paragraaf verder uitgewerkt. Wanneer de ontgraving voor de maatgevende profielen veilig is, dan geldt dit ook voor de profielen die op basis van Sellmeijer geen kwelweglengte tekort hebben.

5.2.3 D-GeoFlow

Om aan te tonen dat bij een ontgraving van 1 meter in zone B geen piping optreedt, zijn D-GeoFlow berekeningen (een eindige-elementen-model) gemaakt. Bij de berekeningen in D-GeoFlow wordt een combinatie van het Darcy-stromingsmodel en de Sellmeijer-formule toegepast. De Sellmeijer-formule wordt gebruikt om de kritieke waterhoogte te berekenen waarbij piping optreedt, terwijl D-GeoFlow de grondwaterstroming simuleert om te bepalen waar de hydraulische gradiënt het grootst is. Daarnaast kan D-GeoFlow een pipelengte en pipediameter berekenen.

Voor de bepaling van het leggerprofiel is gecontroleerd of piping op kan treden bij een ontgraving op de grens van zone A en B vanuit de stabiliteitsberekeningen. Hieruit is gebleken dat een ontgraving op 35 meter vanaf de buitenkruinlijn de binnenwaartse stabiliteit niet negatief wordt beïnvloed. In de D-GeoFlow berekening is op dezelfde afstand een ontgraving van 1 meter gemodelleerd waarbij de ontgraving voldoet aan de vereiste veiligheidseis voor piping.

In Tabel 5-5 en Tabel 5-6 zijn de uitgangpunten voor de D-GeoFlow berekeningen opgenomen. Deze kunnen enigszins afwijken van eerder gerapporteerde waardes uit voorgaande paragrafen. Dit komt omdat binnen het project van grof naar fijn is gewerkt. De uitgangspunten van de D-GeoFlow berekeningen is in deze paragraaf vermeld.

Tabel 5-5: Parameters pipingberekening

Parameter	Waarde
d_{70}	327 µm – deze d70 betreft de waarde die is gemeten het dichtst bij het plangebied. Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat sprake is van matig grof zand.
Dikte watervoerend pakket – Kreftenheye	30 m
Ondergrondschematisatie	Onderkant van de deklaag is bepaald op basis van sonderingen vanuit IJsselwerken. Bij profiel 38.9 wijkt de onderkant van de deklaag af ten opzichte van de Sellmeijer berekening. Op basis van sondering DKMP53-38.89 ligt de onderzijde van de deklaag op NAP-0,8m.
0,3D	Wordt berekend op basis van de dikte van de deklaag ter plaatse van de ontgraving = 0,3*D + maaiveld
Boundary polderpeil	De binnendijkse boundary is vastgelegd op NAP+2,2m op basis van het waterhuishoudkundige plan van Nieuw Harculo. Dit is de maximale waterstand voor het gebied door de toepassing van het IT-riool

Tabel 5-6: Toegepaste doorlatendheden

Eenheid	Doorlatendheid [m/d]	Bepaling uitgangspunt
Zand Kreftenheye	73	IJsselwerken
Zand Boxtel	18,3	IJsselwerken
Zand Antropogeen	8	Infiltratieproef
Slib	1	Iteratief bepaald op basis van de stijghoogte ter plaatse van de buitenteen voor IJsselwerken en peilbuismetingen. Hierbij is de waterstand van december 2023 als buitenwaterstand opgegeven en vervolgens gefit op de gemeten stijghoogte. Uit deze berekening blijkt dat een doorlatendheid van 0,1m/dag met een sliblaag van 1 meter dikte past. Doordat de sliblaagdikte niet gewaarborgd kan worden in de toekomst is een waarde van 1 m/dag toegepast.
Dijkbekleding-klei	0.1	De kleibekleding is erg zandig, waardoor een doorlatendheid van 0.01m/dag niet realistisch is
Klei Echteld	0.05	

Momenteel is de toepassing van D-GeoFlow in ontwikkeling. Binnen IJsselwerken is ook gebruik gemaakt van deze berekeningen. Hierbij zijn de uitkomsten van de D-GeoFlow berekeningen getoetst op basis van de onderstaande formule.

Stabiliteitsfactor
De stabiliteitsfactor voor de zonering tpv Nieuw Harculo kan berekend worden met de volgende formule:

$$F_p = \frac{h_c - (z_{exit} + r_c * D_{deklaag})}{h - (z_{exit} + r_c * D_{deklaag})}$$

Hierin is:

F_p	De stabiliteitsfactor voor terugschrijdende erosie [-].
h	Waterstand Bij de Norm (WBN) van de rivier IJssel ten opzichte van NAP [m].
h_c	Maximale waterstand waarbij de dijk voldoet opzichte van NAP [m] (resultaat critical head berekening Dgeoflow).
z_{exit}	Maaiveldhoogte ter plaatse van het uittredepunt NAP [m]
r_c	Reductiefactor voor weerstand bij uittredepunt = 0,3 [-].
$D_{deklaag}$	Dikte van de afdekkende pakket bij uittredepunt [m].

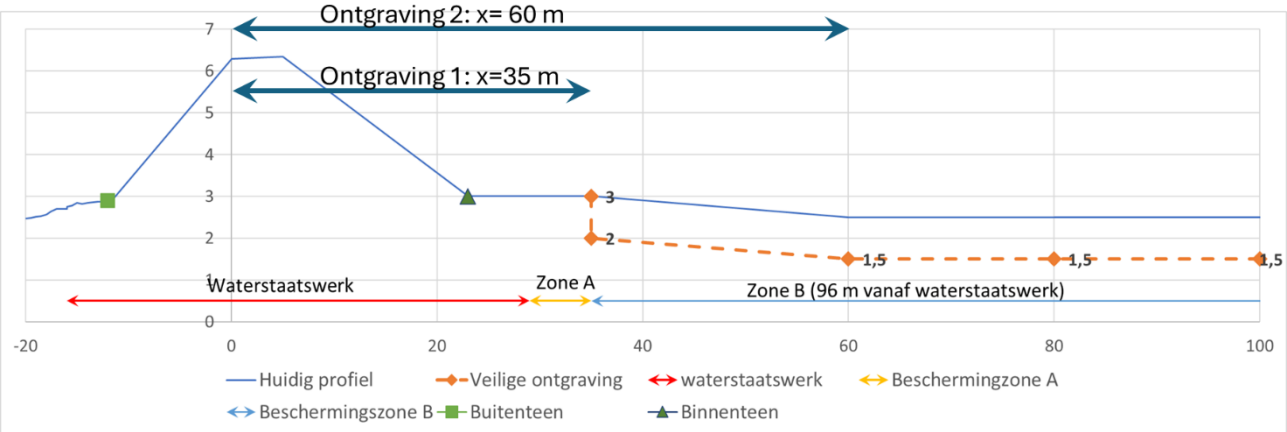
De veiligheidsfactor voor piping is 1,41 voor dit traject. Deze wordt vermenigvuldigd met een schematiseringsfactor van 1,05, wat resulteert in een vereiste stabiliteitsfactor (Fp) voor terugschrijdende erosie van 1,48. Met deze veiligheidsfactor kan de maximale waterstand berekend worden waarbij de dijk voldoet ten opzichte van NAP (hc). In de software D-GeoFlow wordt deze waarde berekend met de optie "Critical Head". De formule is als volgt:

$$h_c = F_p * \left(h - \left(z_{exit} + r * D_{deklaag}\right)\right) + \left(z_{exit} + r * D_{deklaag}\right)$$

Hierbij de is z_{exit} de ontgravingsdiepte. De ontgravingsdiepte is bepaald via een iteratief proces, waarbij de berekende "Critical Head" uit D-GeoFlow groter of gelijk is aan de benodigde "Critical Head". Voor elk profiel zijn in eerste instantie twee locaties berekend:

1. **Locatie 1**: Op 35 meter vanaf de buitenkruinlijn, op de plek waar de ontgraving geen invloed heeft op de macrostabiliteit.

2. **Locatie 2**: Op 60 meter vanaf de buitenkruinlijn, waarbij de diepte van de ontgraving gevarieerd is om te voorkomen dat een ontgraving verder van de kering piping kan veroorzaken.



Vervolgens zijn voor profielen C en F nog een extra locatie berekend, namelijk op x=25. Dit zijn de dwarsprofielen waar nog optimalisatie van het leggerprofiel mogelijk was doordat hier het maaiveld wordt opgehoogd naar NAP+3,8m. Hierdoor kunnen de tuinen buiten beschermingszone A vallen. Deze locatie is vervolgens weer met een stabiliteitsberekening gecontroleerd en voldoet ruim aan de vereiste veiligheid.

De volgende profiellocaties zijn berekend met D-GeoFlow:

- 38.9 is het profiel ter plaatse van het geplande kunstatelier
- 39.0 is de meest maatgevende locatie op basis van de Sellmeijer berekening
- 39.6 betreft de locatie waarbij het maaiveld niet opgehoogd wordt naar NAP+3,8m aangezien het maaiveld van Harculo weer langzaam aan moet sluiten op het huidige maaiveld.
- Profiel C en F– overeenkomstig met de dwarsprofielen uit Bijlage D. Op deze locaties is het maaiveld opgehoogd tot NAP+3,8m, wat resulteert in een verlegging van de binnenteen, maar ook in de ontgravingsdiepte van NAP+2,9m, waarvoor de hydraulic head gecontroleerd wordt. .

Resultaat

In Tabel 5-7 zijn de resultaten van de berekeningen van deze profiellocaties opgenomen.

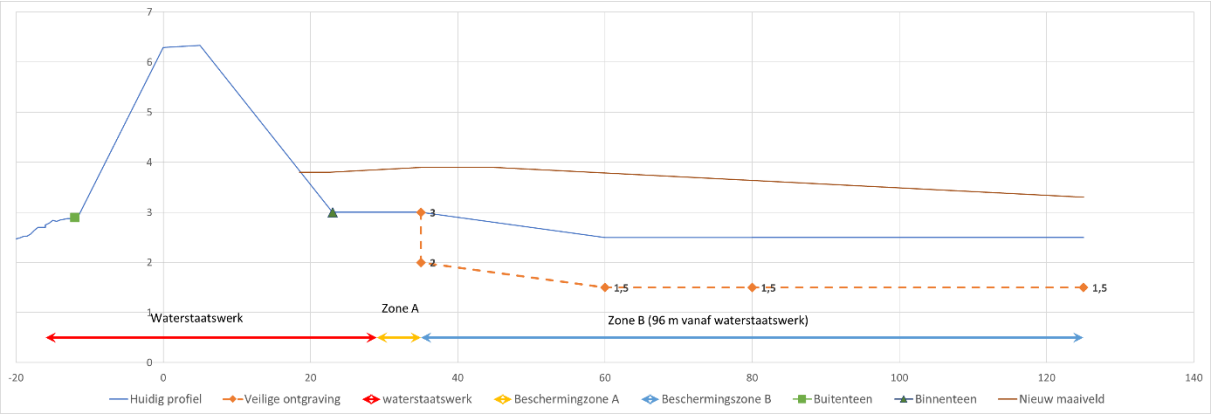
Tabel 5-7: Resultaten berekening critical head. X = afstand ontgraving ten opzichte van de buitenkruinlijn

Profiel	Afstand vanaf de BUK	Diepte ontgraving [m+NAP]	Onderkant deklaag [m+NAP]	0,3D [m+NAP]	Vereiste Hc [m+NAP]	Berekende Hc [m+NAP]	Voldoet
38.9	35	1,75	-0,8	2,52	6,8	6,8	Ja
38.9	60	1,3	-0,8	1,93	7,1	7,1	Ja
39.0	35	2	-0,2	2,66	6,7	6,9	Ja
39.0	60	1,5	-0,2	2,01	7,1	7,1	Ja
39.6	35	2	-0,5	2,75	6,7	7,1	Ja
39.6	60	1,5	-0,5	2,1	7	7,3	Ja
C	25	2,8	-0,2	3,7	6,2	7,5	Ja
F	25	2,8	-0,5	3,79	6,2	8,1	Ja

Op een afstand van 35 meter vanaf de buitenkruinlijn kan een ontgraving veilig worden uitgevoerd met betrekking tot het faalmechanisme piping tot een niveau van NAP+2,0m. Op een afstand van 60 meter is een ontgravingsdiepte van NAP+1,5m veilig. In Figuur 5-2 is met de oranje stippellijn aangegeven tot welke diepte ontgraven kan worden, zonder een risico op piping te veroorzaken. De bruine lijn geeft het toekomstige maaiveld weer. Binnen de ontwikkeling van Nieuw-Harculo zijn geen plannen om ontgravingen uit te voeren die de onder de oranje stippellijn vallen. De werkzaamheden vinden over het algemeen plaats boven het huidige maaiveld. Bovenstaande resultaten zijn verwerkt in de dwarsprofielen in Bijlage D. Op basis van de rekenresultaten is gebleken dat over het gehele gebied een ontgraving van 35 meter van de buitenkruinlijn tot een diepte van NAP+2,0m veilig is. Op een afstand van 60 meter vanaf de buitenkruinlijn kan tot NAP+1,5m veilig worden ontgraven. Deze wordt voor het gehele plangebied toegepast. Daar waar het maaiveld bij de kering wordt opgehoogd naar NAP+3,8m is op 25 meter vanaf de buitenkruinlijn een ontgraving van NAP+2,8m geen probleem. Deze resultaten zijn opgenomen in Tabel 5-8.

Tabel 5-8: Veilige ontgravingdieptes in relatie tot piping

Afstand vanaf de buitenkruinlijn	Veilige ontgravingsdiepte	Opmerkingen
35 meter	NAP+2,0 meter	Geldt voor het gehele gebied
60 meter	NAP+1,5 meter	Geldt voor het gehele gebied
25 meter (bij maaiveld ophoging)	NAP+2,8 meter	Waar het maaiveld wordt opgehoogd naar NAP+3,8 meter



Figuur 5-2: Schematische weergave veilige ontgravingsdiepte in Zone B.

Opmerking: De methode waarbij het vereiste kritieke verval wordt berekend is erg conservatief. Er zijn veel veiligheidsfactoren meegenomen. Hierdoor komt het vereiste kritieke verval in alle gevallen binnen het plangebied hoger uit dan de huidige dijkhoogte die op circa NAP+6,5m ligt. Dit zou in principe betekenen dat bij een dergelijk geval geen piping optreedt, maar dat wel een groot deel van het beheergebied van WDOD onder water zou staan.

6 Leggerprofiel en profiel van vrije ruimte

De berekeningen uit Hoofdstuk 5 resulteren in het leggerprofiel. Bij deze berekeningen is uitgegaan van de huidige geometrie van de waterkering, waarbij sprake is van een flauwe taludhelling van 1:5,5.

Het leggerprofiel kent vier zoneringen, deze zijn weergegeven in Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Omschrijving leggerzoneringen en PVVR

Zone	Omschrijving
Profiel van vrije ruimte	Door middel van het profiel van vrije ruimte (PVVR) reserveert het waterschap ruimte bij de waterkering voor toekomstige versterkingen. In het PVVR is het volgens de Keur verboden om zonder vergunning werken te plaatsen, bijvoorbeeld een woning, en infrastructuur. Dit betreft een ruimte 1 meter boven op het waterstaatswerk en beschermingszone A.
Waterstaatswerk	Het waterstaatswerk omvat het profiel en een strook van 4 meter aan weerszijden uit de teen. Voor het waterstaatswerk geldt het strengste regime. ***Door de ophoging van het binnendijkse maaiveld verschuift de binnenteen. De locatie van de binnenteen moet na de realisatie van het plangebied worden ingemeten. Op basis van de nieuwe binnenteen + een strook van 4 meter bepaald de ligging van het waterstaatswerk.**
Beschermingszone A	Beschermingszone deel A beschermt de directe invloedszone van de waterkering. De beschermingszone deel A varieert in breedte. Voor deel A geldt een milder regime dan voor het waterstaatswerk.
Beschermingszone B	Beschermingszone deel B beschermt de waterkering tegen invloeden van grootschaligere handelingen. De beschermingszone deel B varieert in breedte. De breedte is afhankelijk van de breedte van de beschermingszone A. De begrenzing verandert niet, die blijft 96 meter uit het waterstaatswerk. Voor deel B geldt het mildste regime. De grens tussen zone A en B wordt rekenkundig bepaald met een ontgraving van 1m diepte. Zone B mag dus pas beginnen waar die ontgraving geen effect meer heeft op de stabiliteit en piping. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor piping en macrostabiliteit met een ontgraving van 1m diep, beginnend 4m vanaf de binnenteen (=grens waterstaatswerk). Als dat geen veilige situatie opleverde werd de berekening herhaald met een ontgraving beginnend 5m vanaf de binnenteen, net zo lang tot de uitkomst veilig genoeg is.

Voor de binnendijkse zoneringen is het leggerprofiel berekend. Op een afstand van 35 meter vanaf de buitenkruinlijn heeft de ontgraving van 1 meter diepte (NAP +1,9 m) geen invloed op de stabiliteit van de kering. Dit betreft de grens tussen beschermingszone A en B.

Uit de pipingberekening blijkt dat op deze locatie een ontgraving tot NAP+2,0m het faalmechanisme piping niet lijdt tot een pipe op basis waarvan de waterkering kan falen. Buitendijks zijn de zoneringen niet rekenkundig bepaald, omdat op deze locatie geen plannen zijn met betrekking tot de ontwikkeling van het plangebied. Hier is een afstand van 10 meter vanaf de grens van het waterstaatswerk als grens aangehouden.
In Tabel 6-3 en Tabel 6-4 zijn de resultaten van het leggerprofiel en de veilige ontgravingsdiepte opgenomen. Voor het PVVR wordt één meter ruimte ten opzichte van leggerprofiel in rekening gebracht. De dwarsprofielen en overzichtstekening met bijbehorende zoneringen zijn opgenomen in Bijlage D. In Tabel 6-2 zijn de dijkpalen opgenomen die corresponderen met de dwarsprofiellocaties.

Tabel 6-2 Profielnamen en dijkpalen

Profiel	Dijkpaal
A	38.7
B	38.9
C	39.1

Profiel	Dijkpaal
D	39.2+50
E	39.3+50
F	39.5
G	39.7

Tabel 6-3: Dwarsprofielen A en G (zonder ophoging maaiveld tot NAP+3,8m)

Beschrijving	Afstand t.o.v. buitenkruin [m]	Hoogte legger profiel [m+NAP]	Veilige ontgravingsdiepte [m+NAP]
Beschermingszone B	-112	-	Nvt
Beschermingszone A	-26	2,75	Nvt
Waterstaatswerk	-16	-	Nvt
Buitenkruinlijn	0	6,3	Nvt
Binnenkruinlijn	5	6,3	Nvt
Binnenteen	25	3,0	Nvt
Waterstaatswerk	29	3,0	Nvt
Beschermingszone A	35	3,0	2,0
Beschermingszone B1	60	2,5	1,5
Beschermingszone B2	125	2,5	1,5

Tabel 6-4: Dwarsprofielen B, C, D, E en F (met ophoging maaiveld tot NAP+3,8m)

Beschrijving	Afstand t.o.v. buitenkruin [m]	Hoogte legger profiel [m+NAP]	Veilige ontgravingsdiepte [m+NAP]
Beschermingszone B	-112	-	Nvt
Beschermingszone A	-26	2,75	Nvt
Waterstaatswerk	-16	-	Nvt
Buitenkruinlijn	0	6,3	Nvt
Binnenkruinlijn	5	6,3	Nvt
Binnenteen	20	3,8	Nvt
Waterstaatswerk		3,8	Nvt
Beschermingszone A	25	3,8	2,8
Beschermingszone B1	35	3,0	2,0
Beschermingszone B2	60	2,5	1,5
Beschermingszone B3	125	2,5	1,5

In Bijlage D zijn de dwarsprofielen opgenomen in combinatie met het leggerprofiel het PVVR en de geplande inrichting van het plangebied. Hierbij ligt de geplande bebouwing buiten deze zoneringen. Voor de bouw van de woningen is een ontgraving mogelijk van 1m-mv (NAP +2,0 m) voor de realisatie van de funderingen. Uit de berekeningen blijkt dat tijdelijke ontgravingen in beschermingszone B geen negatieve effecten hebben op de waterveiligheid.

7 Toekomstige ontwikkelingen waterveiligheid

7.1 Actualisatie PVVR vanuit I&W

Op 1 januari 2024 is de Omgevingswet in werking getreden. Vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) hebben waterschappen de opdracht gekregen om voor 1 januari 2026 een plan van aanpak op te stellen voor het actualiseren van het profiel van vrije ruimte voor de primaire keringen in samenwerking met Provincies en Gemeenten. Met de geactualiseerde profielen van vrije ruimte heeft het Ministerie tot doel om voldoende ruimte te reserveren voor toekomstige dijkversterkingen. De geactualiseerde profielen van vrije ruimte moeten op 31 december 2029 gereed zijn. Voor deze actualisatie is een Beslisdocument en een Handreiking opgesteld.

Op basis van deze handreiking wordt het PVVR bepaald door de dijk te ontwerpen voor een periode van 100 jaar waarbij de kering voldoet aan de eisen vanuit het BOI. Hierbij mag eventueel een goed onderbouwde robuustheidstoeslag toegepast worden. Deze toeslag mag niet samenvallen met andere toeslagen zoals bijvoorbeeld het toepassen van de schematiseringfactor. Voor het dijkontwerp behorende bij het PVVR wordt uitgegaan van een verbetering in grond. Daar waar versterking in grond niet mogelijk is, wordt gekeken naar een andere oplossing en het ruimtegebruik daarvan. Wanneer voor piping sprake is van lange bermen, kan hiervoor gekozen worden. In de praktijk wordt in deze situaties vanuit financiële redenen gekozen voor een verticale oplossing.

De methode waarop het PVVR van Nieuw Harculo bepaald is, sluit deels aan bij de uitgangspunten die in de handreiking zijn vermeld. Voor het rivierengebied geldt een periode van 100 jaar. Bij het PVVR van Nieuw Harculo is sprake van een dubbele robuustheidstoeslag. Er geldt een extra ruimtereservering van 1 m boven op het vereiste profiel benodigd voor stabiliteit binnenwaarts. Daarnaast is ook nog een schematiseringsfactor toegepast op de vereiste veiligheidsfactor voor stabiliteit. De extra ruimtereservering van 1 m is mogelijk, maar moet door het waterschap goed worden onderbouwd.

7.2 Toekomstige dijkverbeteringen

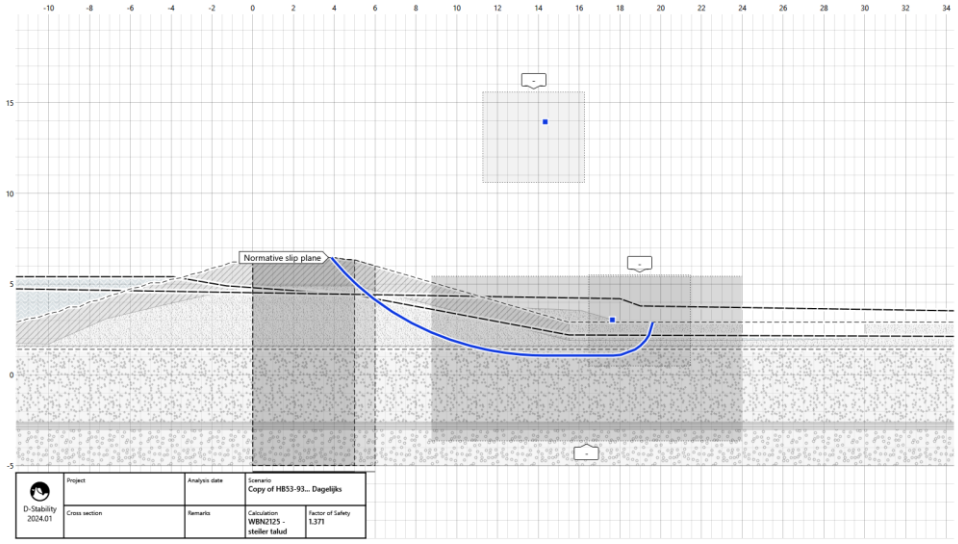
Door de aanleg van de woonwijk wordt de ruimte om toekomstige dijkverbeteringen uit te voeren kleiner. WDOD wil weten of over 100 jaar nog voldoende ruimte beschikbaar is om de dijk te kunnen versterken.

Ten eerste is het niet waarschijnlijk dat er in de toekomst op deze locatie een dijkverbetering nodig zal zijn, specifiek met betrekking tot binnenwaartse stabiliteit. Dit komt doordat het binnendijkse maaiveld ter hoogte van Nieuw Harculo aanzienlijk hoger ligt dan bij andere dijksecties binnen dit dijktraject. Hierdoor is het risico op instabiliteit aanmerkelijk kleiner. Daarnaast zijn de berekende veiligheidsfactoren op deze locatie al uitzonderlijk hoog. Zelfs met nieuwe inzichten over klimaatverandering of veranderingen in de sterkte van de ondergrond, blijft de kans dat er een versterkingsopgave nodig is, verwaarloosbaar klein. Het toevoegen van een extra robuustheidstoeslag is daarom overbodig. Dit zou enkel leiden tot een opeenstapeling van veiligheidsmarges, zonder dat dit daadwerkelijk bijdraagt aan de waterveiligheid. Bovendien zou het extra ruimte en middelen vereisen die beter kunnen worden ingezet voor andere ruimtevragende ontwikkelingen in het gebied.

In deze paragraaf zijn optimalisaties van het huidige dijkprofiel opgenomen, zoals het toepassen van een steiler binnendijks talud en het ophogen van het binnendijkse maaiveld naar NAP+3,8m. Het is daarbij belangrijk om te beseffen dat bij een dijkversterking de kering moet voldoen aan de vereiste normering. Binnen het project IJsselwerken is de vereiste veiligheidseis 1,27. Bij de hieronder genoemde optimalisaties is deze veiligheidseis dan ook als uitgangspunt genomen.

7.2.1 Optimalisatie 1: talud naar 1:3 en binnenteen op NAP+2,9m

De huidige kering heeft een binnendijks een taludhelling van 1:5 tot 1:6. Dit is een erg flauw talud, waarbij de binnenteen ver weg ligt. Momenteel wordt bij dijkverbeteringen uitgegaan van een taludhelling van 1:3 in combinatie met een stabiliteitsberm. Bij optimalisatie kan het talud aangepast worden naar 1:3. In dit geval is een kleine stabiliteitsberm van 3 meter lang en 0,9 m hoogte nodig. Hiermee komt de binnenteen op een afstand van 18,05m vanaf de buitenkruinlijn te liggen. De berekende veiligheidsfactor is 1,37. Een kortere berm toepassen is niet wenselijk in verband met beheer en onderhoud.



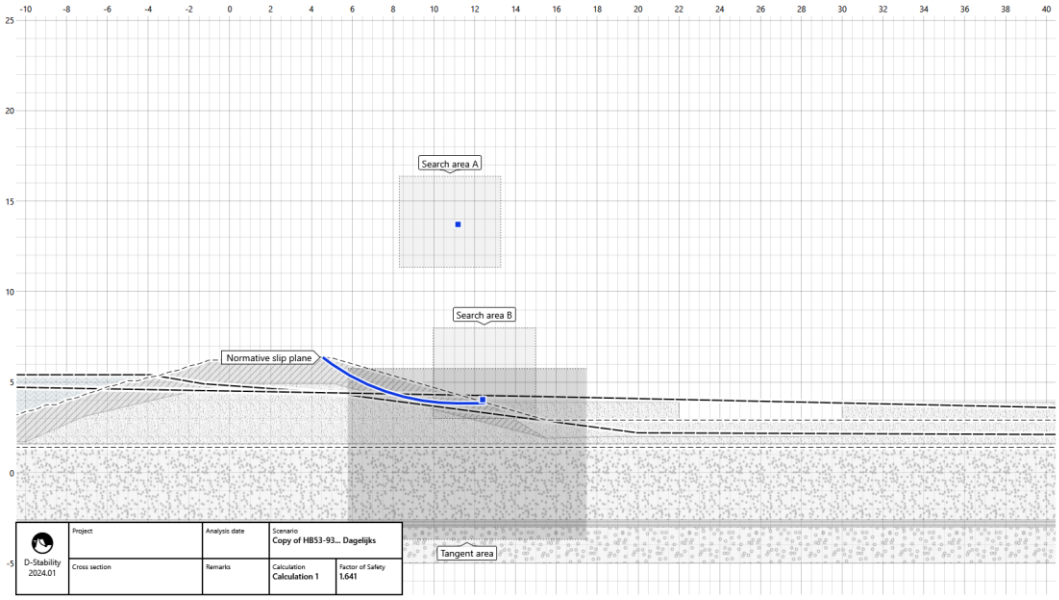
Figuur 7-1: rekenresultaat optimalisatie 1, taludhelling 1:3 + berm en ontgraving van 1 m op x=24

Tabel 7-1: Resultaat optimalisatie 1: leggerprofiel en PVVR (afstanden en hoogtes)

Beschrijving	Berekend leggerprofiel [1] [m]	Afstanden Optimalisatie 1 [m]	Hoogte huidig profiel [m+NAP]	Hoogte PVVR [m+NAP]
Buitenkruinlijn	0	0	6,3	7,3
Binnenkruinlijn	5	5	6,3	7,3
Binnenteen	25	18,1	2,9	3,9
Waterstaatswerk	29	22,1	-	-
Beschermingszone A	35	24	2,9	3,9
Beschermingszone B	125	118,1	-	-

7.2.2 Optimalisatie 2: talud naar 1:3 en binnenteen op NAP+3,8m

Bij optimalisatie 1 is uitgegaan van een binnendijkse maaiveldhoogte van NAP+2,9m. Wanneer het maaiveld bij de kering opgehoogd wordt naar NAP+3,8m, dan komt de teen bij een taludhelling van 1:3 op 12,5 m vanaf de buitenkruinlijn te liggen en voldoet de kering op basis van de waterstand van 2125 ruim aan de vereiste veiligheidsfactor van 1,27. De berekende veiligheidsfactor is 1,64. De grens van het waterstaatswerk ligt op een afstand van 16,5 meter (=binnenteen + 4m). Bij een ontgraving van 1m diepte op 22 meter vanaf de buitenkruinlijn wordt de berekende stabiliteit niet negatief beïnvloed.



Figuur 7-2: Rekenresultaat optimalisatie taludhelling van 1:3 en maaiveldhoogte van NAP+3,8m

Tabel 7-2: Resultaat optimalisatie 2,leggerprofiel en PVVR (afstanden en hoogtes)

Beschrijving	Afstand t.o.v. buitenkruin [m]	Afstanden Optimalisatie 2 [m]	Hoogte [m+NAP]
Buitenkruinlijn	0	0	6,3
Binnenkruinlijn	5	5	6,3
Binnenteen	25	12,5	3,8
Waterstaatswerk	29	16,5	-
Beschermingszone A	35	24	3,8
Beschermingszone B	125	112,5	-

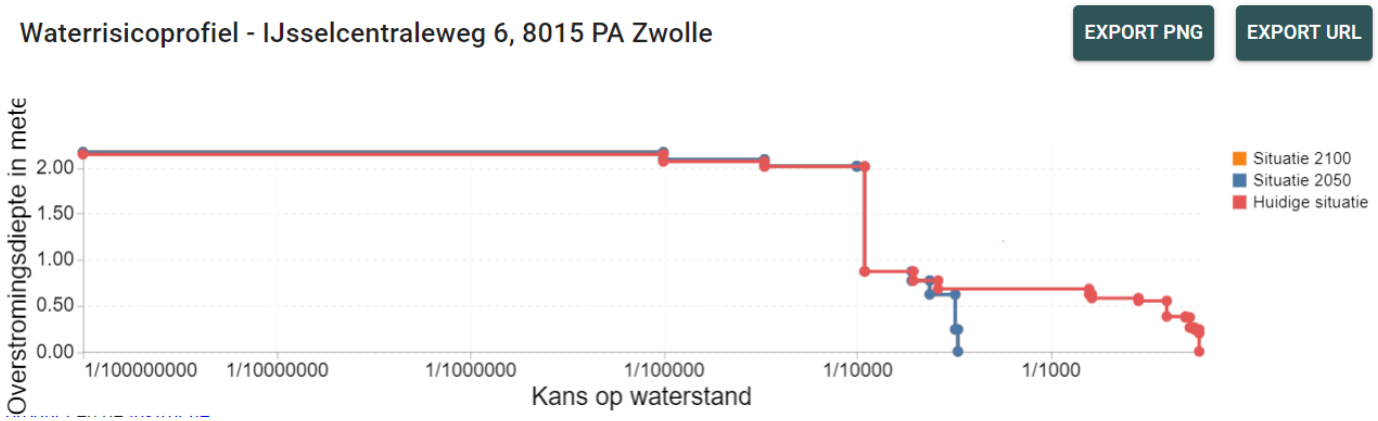
8 Overstromingsrisicoparagraaf

Voor het wijzigen van een omgevingsplan (voorheen bestemmingsplan) is het vereist om een “Overstromingsrisicoparagraaf” op te nemen wanneer er sprake is van een overstromingsrisico doordat het plangebied binnen een “overstroombaar gebied” ligt. Als er gebouwd wordt in dijkringgebieden, verplicht de Provincie Overijssel in het omgevingsplan een overstromingsrisicoparagraaf op te nemen. Deze paragraaf heeft aandacht voor voorzieningen die zorgen dat er bij een overstroming minder slachtoffers vallen en dat de schade beperkt blijft.

8.1 Risico-inventarisatie overstroming plangebied

Het plangebied ligt in een risicogebied. Het betreft beschermd gebied langs een hoofdwatersysteem, namelijk de IJssel. Voor alle primaire keringen zijn normen opgesteld. Deze normen zijn gebaseerd op de kans op overstromen en de gevolgen van een overstroming. Ze zijn als omgevingswaarde in het Besluit kwaliteit leefomgeving vastgelegd. Voor dijktrajecten 53-2 geldt de omgevingswaarde van 1/3000 per jaar. De overstromingskans wordt in het Besluit kwaliteit leefomgeving als onderdeel van de Omgevingswet toegelicht als: ‘kans op verlies van waterkerend vermogen van een dijktraject, waardoor het door het dijktraject beschermde gebied zodanig overstroomt, dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade’.

Via de site: https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/mijn-waterrisicoprofiel kan per locatie in Nederland het waterrisicoprofiel worden bepaald. Hieruit blijkt dat er een zeer kleine kans bestaat tot een overstroming waarbij de waterdiepte groter is dan 2 meter. Wanneer dit scenario optreedt, is de stijgsnelheid van het water 0,25 m per uur. In Figuur 8-1 is het waterrisicoprofiel weergegeven. In Figuur 8-2 en Figuur 8-3 zijn de waterdiepte en de stijgsnelheid van het water zichtbaar. De combinatie van de zeer kleine kans dat een overstroming plaatsvindt met een waterdiepte groter dan 2 meter en de bijbehorende stijgsnelheid van het water, zorgt ervoor dat de kans op slachtoffers zeer klein is. In geval van een dergelijke overstroming kan wel schade aan woningen en infrastructuur ontstaan. Deze kans is voor het plangebied kleiner dan voor de omliggende omgeving. Het plangebied ligt hoger dan de directe omgeving.



Figuur 8-1: Risicoprofiel vanuit de klimaateffectatlas voor het plangebied



Figuur 8-2: Waterdiepte extreem kleine overstromingskans



Figuur 8-3: Stijgsnelheid waterrisicoprofiel (https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/scenarios/6/13374?center=52.47137,6.07473&zoom=15)

Tabel 8-1: Overstromingsscenario's ter plaatse van het plangebied

Naam van het scenario	LIWO url	Waterdiepte in meter	Overschrijdingskans per jaar
Neerslag eens per 10 jaar	Link	0.10	1/ 6.8
Neerslag eens per 100 jaar	Link	0.15	1/ 67
Dijkring 53 - Salland_Zwolle Zuidwest_kans 1 op 12500	Link	0.28	1/ 560
Neerslag eens per 1000 jaar	Link	0.30	1/ 590
Dijkring 53 - Salland_Wijhe_kans 1 op 12500	Link	0.43	1/ 4200
Dijkring 53 - Salland_Windesheim_kans 1 op 12500	Link	0.53	1/ 5200
Dijkring 53 - Salland_Olst_kans 1 op 12500	Link	1.67	1/ 9200
geëxtrapoleerd 1/10000	Link	1.68	1/ 10000
geëxtrapoleerd 1/30000	Link	1.75	1/ 30000
geëxtrapoleerd 1/100000	Link	1.83	1/ 100000

8.2 Maatregelen

Binnen het plangebied zijn verschillende maatregelen van toepassing om het waterveiligheidsrisico te beperken. Maatregelen die wateroverlast en het overstromingsrisico verminderen zijn onder andere:

- Het in acht nemen van regels vanuit de keur van WDOD. De bebouwing blijft buiten het profiel van vrije ruimte, waardoor toekomstige dijkverbeteringen mogelijk blijven en de huidige waterveiligheid gewaarborgd is.
- Binnendijks ontstaat kwel in geval van hoogwaterstand in de IJssel; zonder maatregelen kan dit resulteren in (grond)wateroverlast (volle kruipruimtes, natte tuinen). Door de aanleg van een Drainage-Transportriool wordt de situatie beheersbaar door het afvoeren van de kwel. Bij normale IJsselstanden is er geen sprake van kwel en functioneert het systeem als opvang en infiltratie van regenwater. Het systeem voert dan alleen af naar het oppervlaktewater als het systeem gevuld raakt door hevige of langdurige neerslag om zo water op straat te voorkomen. Binnen de zoneringen van de kering worden geen kelders gerealiseerd.
- De kering rondom het plangebied voldoet ruim aan de eis vanuit de Omgevingswet. Wanneer in het uiterste geval een overstroming ontstaat door een dijkdoorbraak elders in de dijkring, dan kunnen de bewoners vanuit het plangebied vluchten naar de kering. Deze kering is voldoende hoog en stabiel om slachtoffers te voorkomen.

Omdat bovenstaande maatregelen reeds voldoende waarborgen bieden, zijn geen aanvullende maatregelen bovenop de bestaande noodzakelijk.

9 Conclusie

Sinds 2023 wordt er onderzoek gedaan naar de herontwikkeling van het terrein van de IJsselcentrale voor woningbouw. In Nederland is er een tekort aan woningen en op dit perceel rust al een woonbestemming. Reales Projecten wil hier graag woningen realiseren en streeft daarbij naar een goede balans tussen woningbouw en waterveiligheid. Als onderdeel hiervan heeft Reales het initiatief genomen om het leggerprofiel en het Profiel van Vrije Ruimte (PVVR) te actualiseren volgens de huidige normen. Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) heeft het jaar 2125 als zichtjaar vastgesteld, met een ontwerpperiode van 100 jaar. Voor dijkverbeteringen in grond geldt normaal gesproken een ontwerpperiode van 50 jaar. Met de langere ontwerpperiode wil WDOD voldoende ruimte reserveren voor toekomstige dijkversterkingen.

Arcadis heeft het leggerprofiel en PVVR berekend op basis van de geldende richtlijnen en de actuele geometrie van de waterkering. Hiervoor zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd met D-Stability en pipingberekeningen met Sellmeijer en D-GeoFlow. De berekeningen zijn gebaseerd op gegevens uit het dijkversterkingsproject IJsselwerken zoals buitenwaterstanden, geotechnische sterkteparameters, locatiespecifieke grondonderzoeken en data uit het geohydrologisch model. Deze gegevens zijn aangevuld met lokaal onderzoek dat is uitgevoerd in het plangebied.

Zowel voor de faalmechanismes stabiliteit als piping voldoen de berekende leggerprofielen aan de vereiste veiligheid voor zichtjaar 2125 op basis van de huidige kennis en inzichten. Hierdoor is de kans dat in de nabije toekomst een dijkverbetering nodig is klein.

Daarnaast is in het waterhuishoudkundig plan rekening gehouden met de kwel die ontstaat als gevolg van hoge rivierwaterstanden in de IJssel. Binnen het plangebied wordt het huidige maaiveld naast de kering opgehoogd en wordt een IT-riool aangelegd om overtollig water af te voeren en te voldoen aan de vereiste drooglegging met betrekking tot de inrichting van het terrein.

Er is ook gekeken naar de mogelijke effecten van nieuw beleid dat momenteel wordt ontwikkeld door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Uitgangspunt van dit beleid is dat het PVVR gelijk moet zijn aan het dijkontwerp met een ontwerpperiode van 100 jaar, waarbij wordt voldaan aan de normering. Een robuustheidstoeslag mag alleen worden toegepast met een duidelijke motivatie. Een cumulatie van robuustheidstoeslagen is niet toegestaan. Het berekende leggerprofiel en PVVR voldoen ruimschoots aan deze voorwaarden. Dit komt mede door de robuustheidstoeslagen, zoals het toepassen van een schematiseringsfactor, de eis dat de veiligheid niet mag afnemen en een extra ruimtereservering van 1m boven het leggerprofiel.

Het voorgestelde leggerprofiel en PVVR voldoen volledig aan de huidige en toekomstige veiligheidsnormen, inclusief de robuustheidseisen en extra reserveringen. Dit biedt een solide basis voor zowel woningbouw als waterveiligheid in het gebied. Ook in de toekomst is er voldoende ruimte beschikbaar voor eventuele dijkversterkingen.

Bijlage A Verhardingshoeveelheden uitgesplitst

Oppervlakte overzicht bebouwd en verhard Nieuw Harculo datum: 13-05-2024

	Verhard	Half verhard	Bebouwd		Verhard	Half verhard			Verhard	Half verhard	Bebouwd		Verhard	Half verhard	Bebouwd		Verhard	Half verhard	Bebouwd
	NATUURBLOKKEN				KLIMAATPARK				DE CENTRALE				UITSPANNING				ENTREE		
B1	1.138	588	1.967																
B2	35		689																
B3	406	1.242	1.871																
B4	369	1.407	1.857																
B5	100	375	2.651																
B6	-	-	3.118																
B7									1.212	1.016	2.432								
B8									1.208	991	2.460								
B9									2.446	1.027	3.736								
B10													2.924	887	3.414				
B10 bestaand													-1.631	-362	-3.415				
B11																		640	277
G1	994																		
G1b	1.780																		
G2	237																		
G3	380																		
G3b	1.256	390																	
G4					1.394														
G4b					1.400														
G5					451														
G5b													739	1.543	495				
G5b bestaand													-463	-2.399	-				
G6									984										
G7									792										
G7b									681	376									
G8									6.153	2.138									
G8 bestaand									-2.130										
G8c																	1.058	1.170	360
G8c bestaand																	-1.750		-467
Totaal	**6.695**	**4.002**	**12.153**		**3.245**	**-**	**-**		**11.346**	**5.548**	**8.628**		**1.569**	**-331**	**494**		**-692**	**1.810**	**170**
	10.697		**12.153**		**3.245**		**-**		**16.894**		**8.628**		**1.238**		**494**		**1.118**		**170**

Bijlage B Gevoeligheidsanalyse ‘Drainage- en opbollingsberekening Nieuw Harculo’

Memo

ONDERWERP
Drainage- en opbollingsberekening Nieuw Harculo

PROJECTNUMMER
30199276

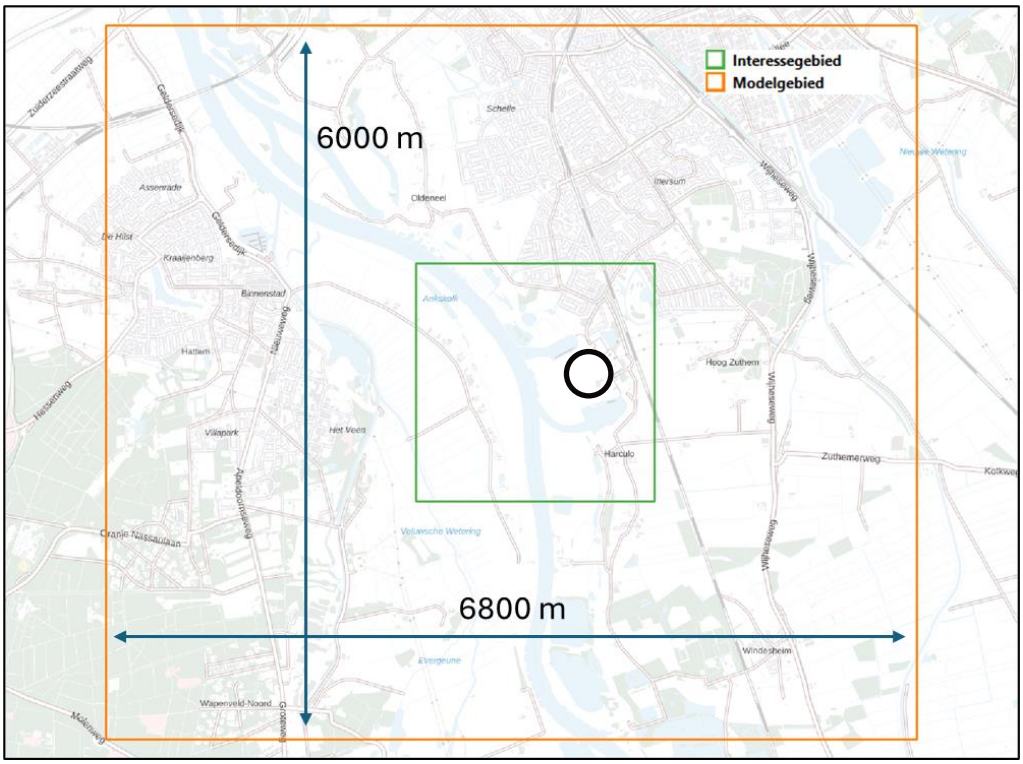
DATUM
28 mei 2025

ONZE REFERENTIE
5DYPZFHQQ2R3-373810282-2778:3.0

VAN
Sebastian Huizer en Ruud Kloosterman

Aanleiding

Op het terrein van de voormalige IJsselcentrale Harculo is het plan om woningbouw te ontwikkelen (Figuur 1). Reales ontwikkelt hier de komende jaren een klimaatbestendig en duurzame woonwijk onder de naam ‘Nieuw Harculo’. Om inzicht te krijgen in de robuustheid van het ontworpen drainagesysteem bij hoge waterstanden in de IJssel is een geohydrologisch (model)onderzoek uitgevoerd. In deze memo zijn de uitgangspunten en resultaten van de uitgevoerde drainage- en opbollingsberekening beschreven.



Figuur 1 Interessegebied Nieuw Harculo (groen) en modelgebied (oranje) en woningbouw (zwart omcirkeld)

Uitgangspunten model

Omdat het geohydrologische systeem op de planlocatie complex is, is een 3-dimensionale (3D) modelberekening uitgevoerd om een betrouwbaar en volledig inzicht te kunnen geven. Hiervoor is een (stationair) grondwatermodel ontwikkeld van 6 bij 6,8 km (Figuur 1), met een celgrootte van 20 x 20 m. Bij de definiëring van de randen van het modelgebied zijn de grenzen zo gekozen, dat een betrouwbare uitspraak kan worden gedaan over de invloed in het interessegebied. Dit betekent dat het model voldoende groot is gekozen om de invloed van modelrandvoorwaarden op de grondwaterberekeningen te minimaliseren (tot een verwaarloosbaar effect). De modelberekeningen zijn uitgevoerd met de modelcode MODFLOW 6.

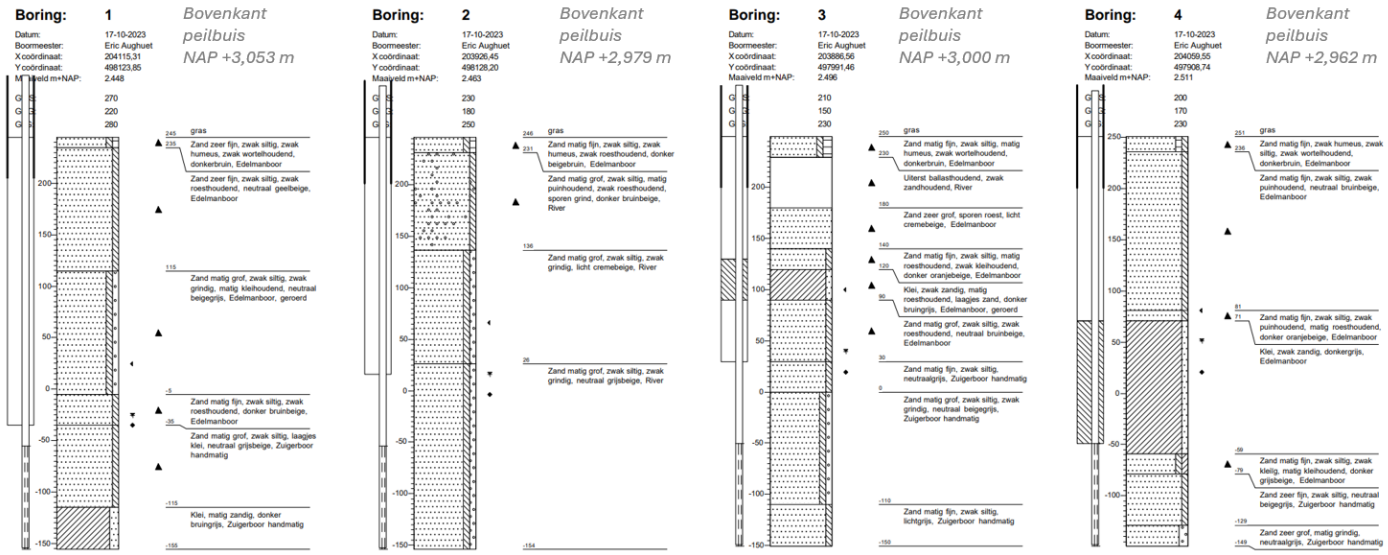
De schematisatie van de ondergrond van het model is gebaseerd op boringen en sonderingen in en rondom het interessegebied, en het landelijke hydrogeologisch model REGIS II (v2.2.2). De geohydrologische interpretatie en laagindeling van dit model is samengevat in Tabel 1.

Tabel 1 Bodemopbouw en geohydrologische interpretatie ter plaatse van het interessegebied

Laag	Top (m NAP)	Basis (m NAP)	Formatie	Lithologie	Type*	K_H (m/d)	K_V (m/d)
1	2	-0,8	Holoceen	fijn tot matig grof zand, klei	DKL	2,5	0,5
2	-0,8	-1,8	Boxtel	fijn zand	WVL	7	0,7
3	-1,8	-11	Kreftenheye	grof zand, grindig	WVL	60	6
4	-11	-11,5	Kreftenheye	klei (Zutphen)	SDL	0,4	0,04
5	-11	-35	Kreftenheye	grof zand, grindig	WVL	60	6
6	-35	-50	Kreftenheye	Klei (Twello)	SDL	0,004	0,0004
7 (12)	-50	-79	Gestuwd	fijn zand, kleilagen	CX	30	6
8 (13)	-79	-79,5	Peize & Waalre	grof zand, grindig	CX	60	6
9 (14)	-79,5	-101	Peize	fijn zand, kleilagen	WVL	6,5	0,04
10 (15)	-101	-108	Peize & Waalre	grof zand, grindig	WVL	22	2,2
11 (16)	-108	-109	Maassluis	fijn zand	WVL	11	1,1
			Maassluis	klei	GHB		0,004

* Geohydrologische interpretatie: DKL = deklaag, CX = complexe eenheid, WVL = watervoerende laag, SDL = scheidende laag, GHB = geohydrologische basis van het model

De samenstelling en doorlatendheid van de Holocene deklaag is onderzocht aan de hand van boringen (Figuur 2). Hierbij gaat het zowel om openbaar beschikbare boringen in en nabij het plangebied (BROloket: B27E0147, B27E0148, B27E0149, B27E204, B27E0071) en boringen en sonderingen die zijn uitgevoerd in het kader van het project. Uit de boor- en sondeergegevens volgt dat binnendijks geen doorlopende kleilaag aanwezig is in de deklaag (tot ca. 3 m – mv), en dat de deklaag bestaat uit zeer fijn tot matig grof zand, met lokaal zandige klei.

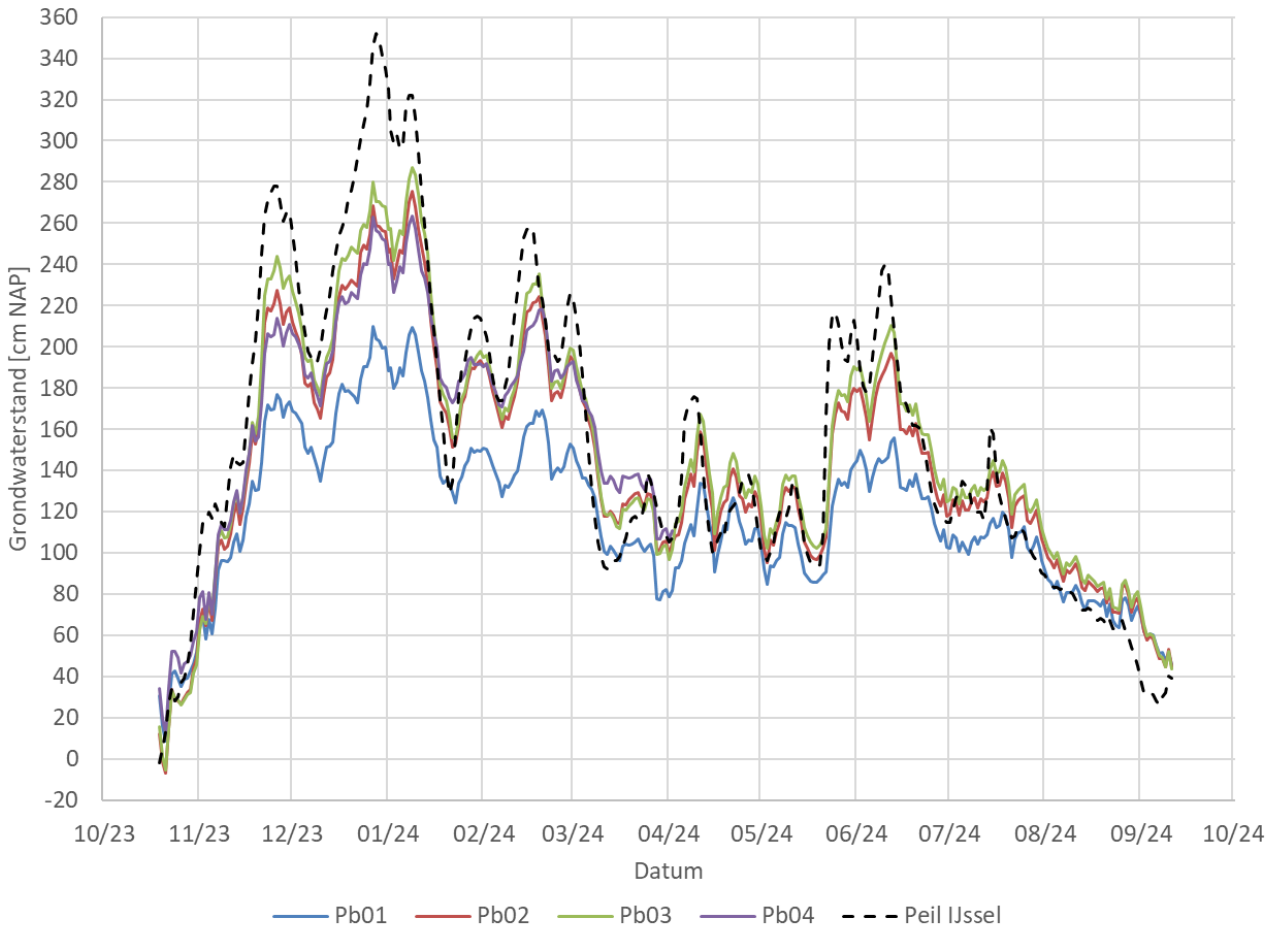


Figuur 2 Boringen in het plangebied (gestippeld: zand, gestreept: klei). Voor de locatie van de boringen zie Figuur 5

De doorlatendheid van de deklaag is bepaald op basis van een infiltratiemetingen, die in een voorgaand project zijn uitgevoerd nabij boorlocaties 1 t/m 4 (Figuur 2). Uit deze infiltratiemetingen volgde een verticale doorlatendheid van 0,2 tot 8,6 m/d. Op basis van het gemiddelde van alle uitgevoerde infiltratiemetingen is de horizontale doorlatendheid van de deklaag geschat op 2,5 m/d, en de verticale doorlatendheid op 0,5 m/d. Voor meer informatie over de uitgevoerde infiltratiemeting verwijzen we naar het rapport ‘Ontwerptoelichting Waterhuishouding Nieuw Harculo, d.d. 13 mei 2024’.

Voor de overige modelparameters en randvoorwaarden is het volgende aangenomen of gehanteerd:

- De stijghoogten ter plaatse van de modelranden zijn in alle watervoerende modellagen vastgelegd met behulp van isohypsen, die zijn gegenereerd op basis van metingen uit 2015 met grondwatertools.nl.
- Voor de grondwateraanvulling (op onverhard terrein) zijn twee varianten gehanteerd, gebaseerd op metingen van het KNMI-neerslagstation in Zwolle:
  - De gemiddelde langjarige grondwateraanvulling is ca. 0,82 mm per dag.
  - De gemiddelde neerslag in de periode van oktober 2023 t/m januari 2024: ca. 5 mm per dag.
- Voor het peil van de IJssel is uitgegaan van de door het waterschap (WDOD) aangeleverde waterstanden die ter hoogte van gemaal Harculo zijn gemeten (Figuur 3).
- Voor de schematisatie van het oppervlaktewatersysteem is uitgegaan van de legger en peilgebieden van het Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) en Waterschap Vallei en Veluwe.
- Voor de bodemweerstand van het oppervlaktewatersysteem is uitgegaan van 2 dagen.
- De schematisatie van buisdrainage is overgenomen uit de Buisdrainagekaart 2015 (Alterra WUR).



Figuur 3 Gemeten grondwaterstanden (in cm t.o.v. NAP) in Peilbuis 01 t/m 04 en de gemeten waterstand van de IJssel ter hoogte van gemaal Harculo over de periode oktober 2023 t/m september 2024. Voor de locatie van de peilbuizen zie Figuur 5.

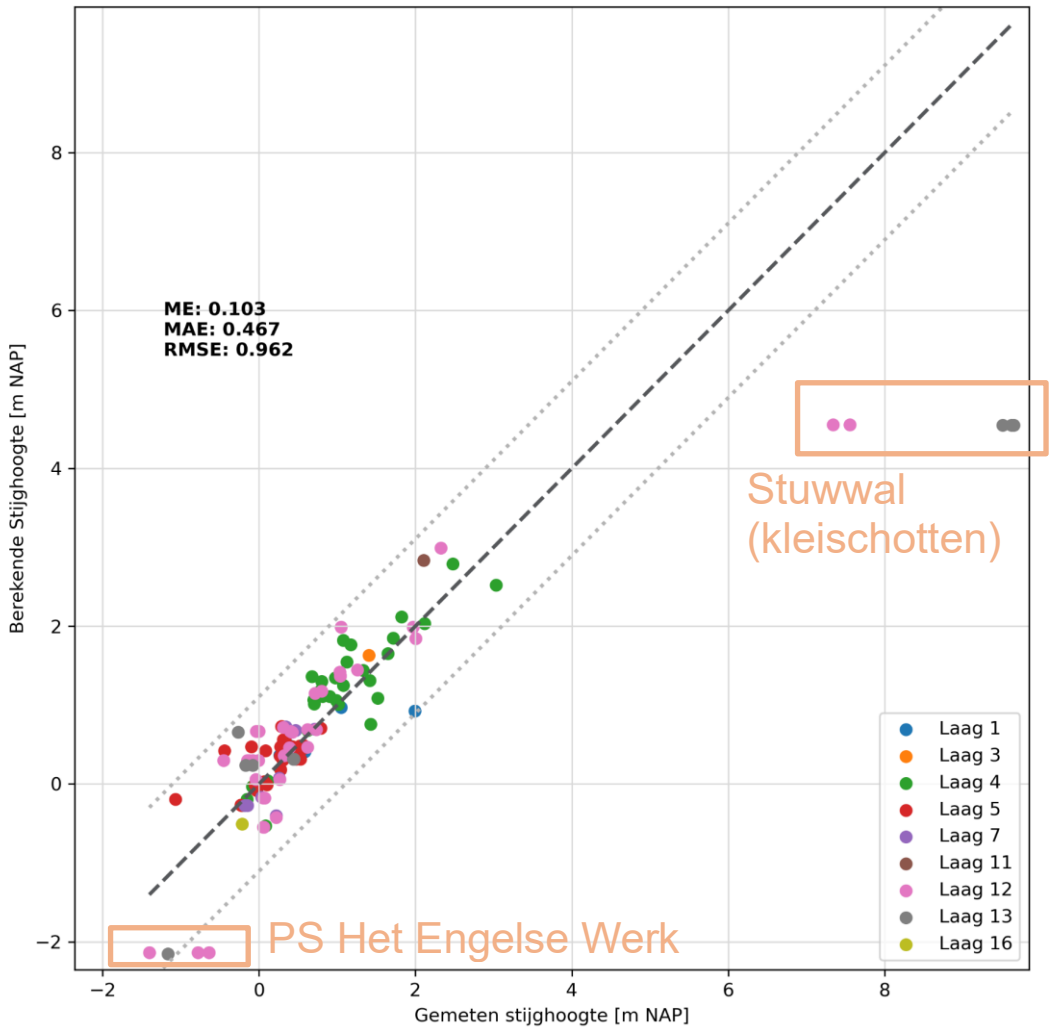
Kalibratie

Het stationaire grondwatermodel is gekalibreerd op basis van openbare peilbuisgegevens (i.e. DINOloket / BROloket) en de gemeten grondwaterstanden in de (project)peilbuizen 01 t/m 04 (zie Figuur 3). De kalibratie is uitgevoerd op de gemeten gemiddelde grondwaterstand en stijghoogte. Het eindresultaat van de stationaire kalibratie – voor het hele modelgebied – is weergegeven in Figuur 4. De gemiddelde afwijking tussen de gemeten en berekende gemiddelde stijghoogte (ME) is 0,103 m en de absoluut gemiddelde afwijking (MAE) 0,467 m.

Op de meeste locaties komt de berekende stijghoogte naar benadering goed overeen met metingen. Echter, er zijn ook een aantal duidelijk (grote) uitschieters te zien, die zijn onder te verdelen in 2 groepen. Deze groepen zijn met oranje aangeduid in Figuur 4:

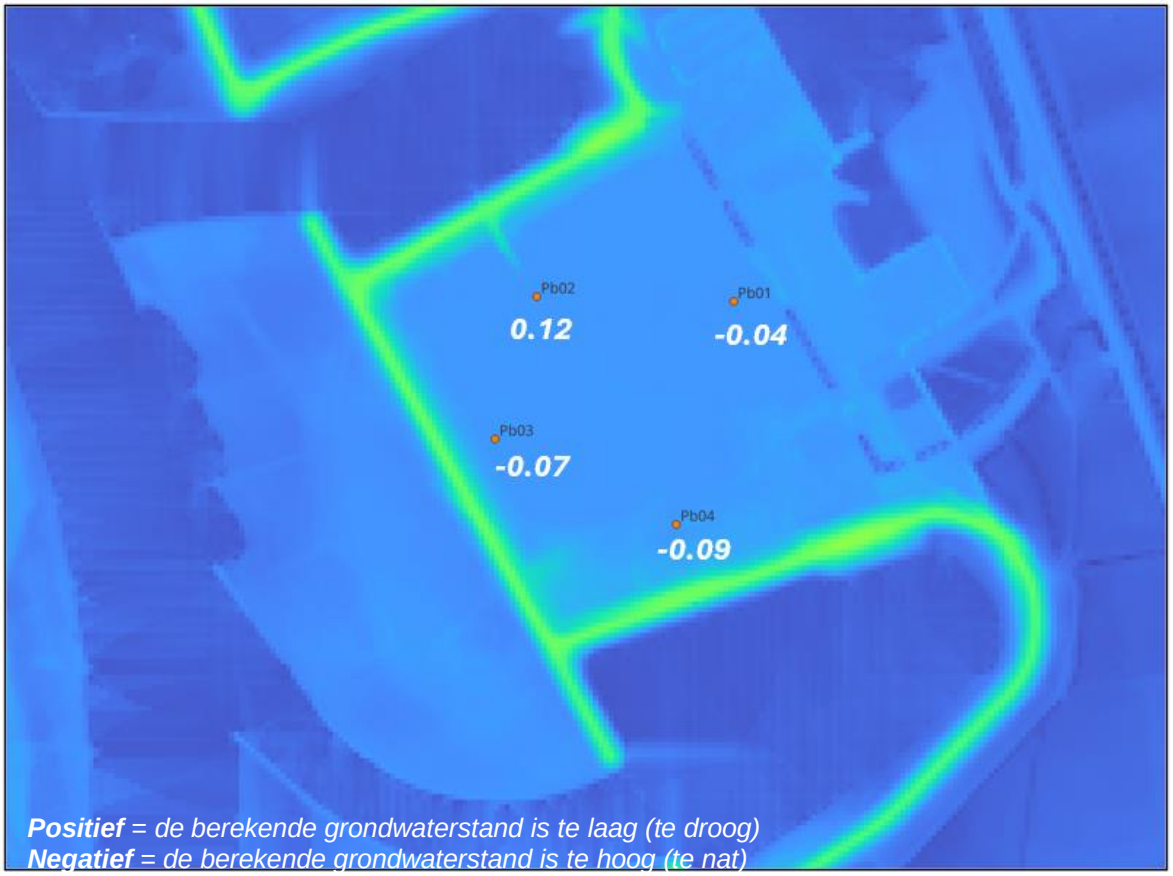
1. Peilbuizen in de stuwwal (gelegen ten zuidwesten van Hattem)
2. Peilbuizen op korte afstand van het Pompstation Het Engelse Werk

Voor de peilbuizen die gesitueerd zijn op de stuwwal ten zuidwesten van Hattem is de gemeten stijghoogte enkele meters hoger dan berekend, dit komt naar verwachting door de aanwezigheid van kleischotten die niet afzonderlijk zijn opgenomen in het model. De peilbuizen die op korte afstand van het pompstation Het Engelse Werk gelegen zijn worden sterk beïnvloedt door de (grote) drinkwaterwinning.
Voor beide groepen geldt dat ze zich op relatief grote afstand van het plangebied bevinden, met een filter in het gestuwd complex of net daaronder (in modellaag 12 en 13), dat de (grote) afwijking tussen de gemeten en berekende stijghoogte te verklaren is en een kleine tot verwaarloosbare invloed hebben op de rekenresultaten in het plangebied.



Figuur 4 Eindresultaat stationaire kalibratie voor het volledige modelgebied

Als aanvullende controle van de betrouwbaarheid van het model, is het model doorgerekend voor de hoogwater-situatie, die is opgetreden in de winter van 2023-2024 (zie Figuur 3). Dit was naar benadering een T10 situatie, met een waterpeil in de IJssel (nabij de planlocatie) van +3,46 m NAP. De gemiddelde grondwateraanvulling tijdens deze periode - oktober 2023 t/m januari 2024 – was 5 mm per dag. De berekende (stationaire) grondwaterstand is vergeleken met de gemeten maximale grondwaterstand in de periode van oktober 2023 t/m januari 2024. Het resultaat is weergegeven in Figuur 5. Hieruit volgt dat de afwijking van de berekende (maximale) grondwaterstand met de meting varieert van +0,12 (te laag / te droog) tot -0,09 (te hoog / te nat). Dit is een relatief kleine afwijking, en dit laat zien dat het model ook betrouwbare resultaten geeft bij hoogwatersituaties.

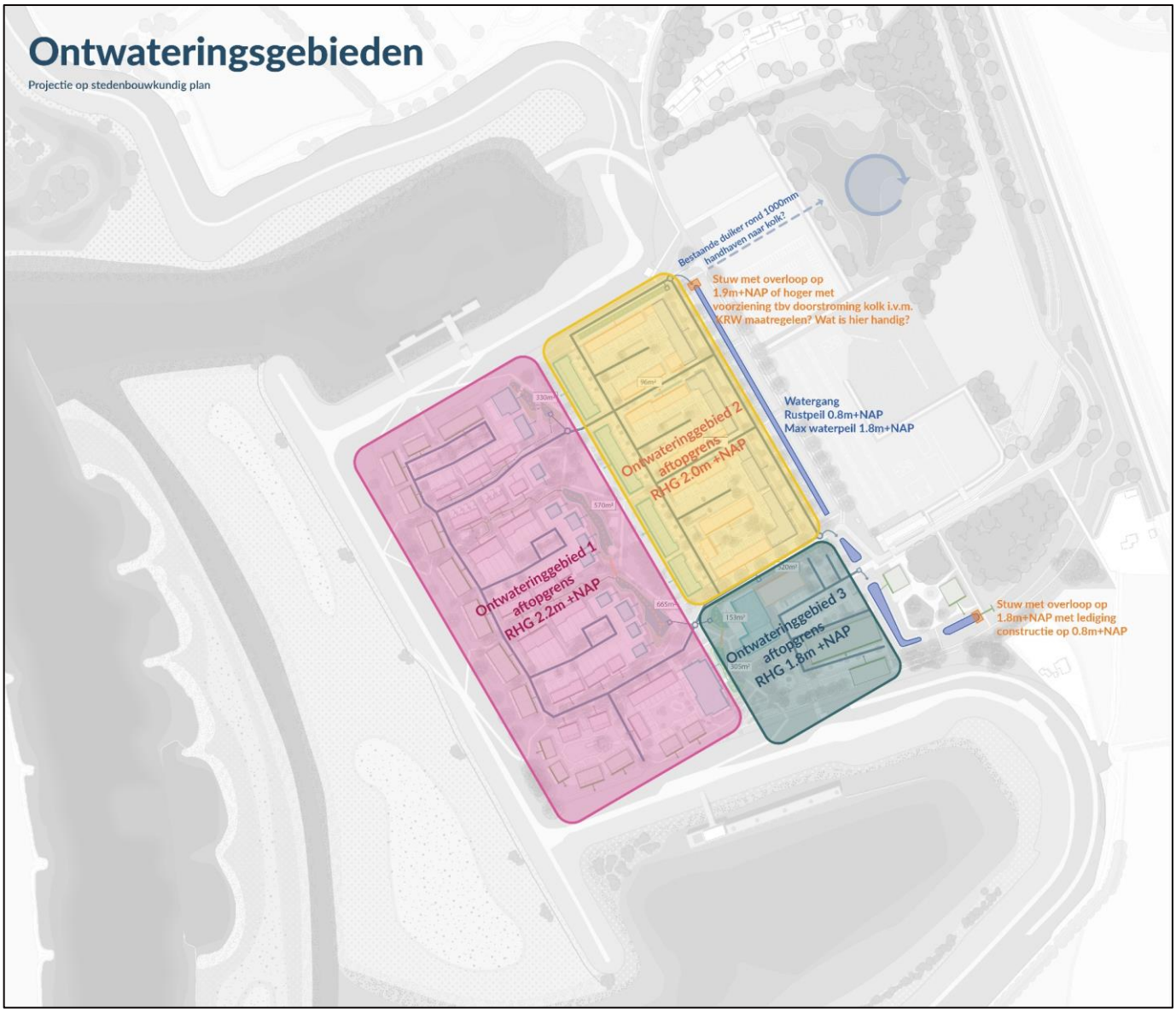


Figuur 5 Bovenaanzicht met de projectpeilbuizen 01 t/m 04 met de afwijking van het model van de gemeten maximale grondwaterstand in de periode oktober 2023 t/m januari 2024.

Uitgangspunten ontwerp

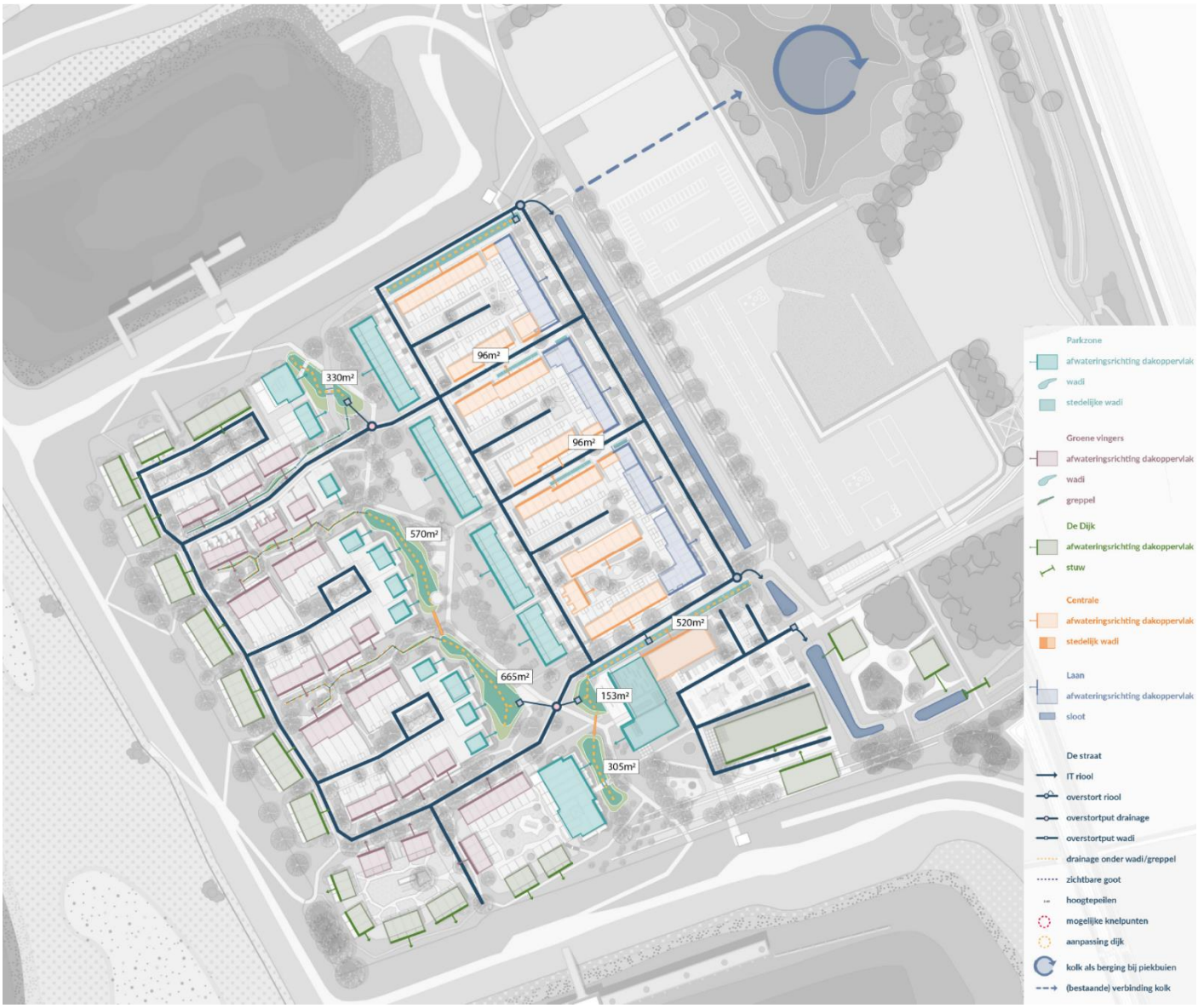
Op basis van het stedenbouwkundig ontwerp en de ontwateringsgebieden dat is weergegeven in Figuur 6 is het grondwatermodel doorgerekend. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Ter plaatse van de IT-riolering (blauwe lijn) en onder wadi's/ greppels (oranje lijn) is drainage aanwezig.
- De ontwateringshoogte van de drainage varieert van +1,8, +2,0 tot +2,2 m NAP (zie Figuur 6).
- Het IT-riool heeft een diameter van 600mm. In het model is overal met een drain van 300 mm gerekend en een drainageweerstand van 2 dagen.
- De bestaande sloot in het oosten van het plangebied wordt aangepast, het peil blijft ongewijzigd
- Het maaiveld in het plangebied wordt opgehoogd naar +2,9 m NAP.
  N.B. naar aanleiding van de berekeningsresultaten is een aanvullende ophoging van de dijkwoning tot +3,6 m NAP en aanliggende wegen van +3,40 m NAP voorzien.
- Voor de grondwateraanvulling in het plangebied is aangenomen dat 50% onverhard terrein is.
- Bij hoge grondwaterstanden wordt neerslag op verhard terrein niet via de bodem afgevoerd.



Figuur 6 Ontwateringsgebieden (drainage) op stedenbouwkundig plan, d.d. 24 november 2024

In Figuur 7 is voor de volledigheid het afwaterings- en waterbergingssysteem op het stedenbouwkundig plan weergegeven. Te zien is dat regenwater van verhardingen via IT-riolen, bermen en wadi's worden opgevangen. De wadi's en hebben een overloop op het IT-riool om uiteindelijk over te lopen naar de verbrede watergang. Een stuw zorgt ervoor dat er voldoende regenwater wordt vastgehouden zonder dat het bestaand watersysteem zwaarder wordt belast. Bij extremen (>bergingsnorm) kan de kolk via een bestaande duikerverbinding worden ingezet.
Het IT-riool kent interne stuwdrempels om regenwater zoveel mogelijk te laten infiltreren, bij hoge IJsselstanden zorgen de stuwdrempels in het IT-riool voor voldoende ontwatering (zie Figuur 6) in combinatie met de ophoging van het plangebied.



Figuur 7 Afwatering en Waterbergingssysteem op stedenbouwkundig plan, d.d. 24 november 2024

Resultaten

Om inzicht te krijgen in de robuustheid van het ontworpen drainagesysteem zijn verschillende hoogwatersituaties doorgerekend, met twee varianten voor de grondwateraanvulling:

1. Gemiddeld IJsselpeil (+0,70 m NAP), met gemiddelde neerslag
2. Gemiddeld IJsselpeil (+0,70 m NAP), met 5 mm/dag aan neerslag
3. IJsselpeil in een T10 hoogwatersituatie (+3,46 m NAP), met gemiddelde neerslag
4. IJsselpeil in een T10 hoogwatersituatie (+3,46 m NAP), met 5 mm/dag aan neerslag
5. IJsselpeil in een T30 hoogwatersituatie (+3,86 m NAP), met gemiddelde neerslag
6. IJsselpeil in een T30 hoogwatersituatie (+3,86 m NAP), met 5 mm/dag aan neerslag
7. IJsselpeil in een T100 hoogwatersituatie (+4,17 m NAP), met gemiddelde neerslag
8. IJsselpeil in een T100 hoogwatersituatie (+4,17 m NAP), met 5 mm/dag aan neerslag

De resultaten van 8 doorgerekende combinaties van het IJsselpeil en de grondwateraanvulling zijn samengevat in Tabel 2. Voor de T10, T30 en T100 hoogwatersituatie in combinatie met hoge neerslag (5 mm/d) zijn ook de berekende isohypsenkaarten weergegeven (Figuur 8, Figuur 9 en Figuur 10).

Tabel 2 Berekende grondwaterstand (west - oost) en het berekende afvoerdebiet in het plangebied (Nieuw Harculo)

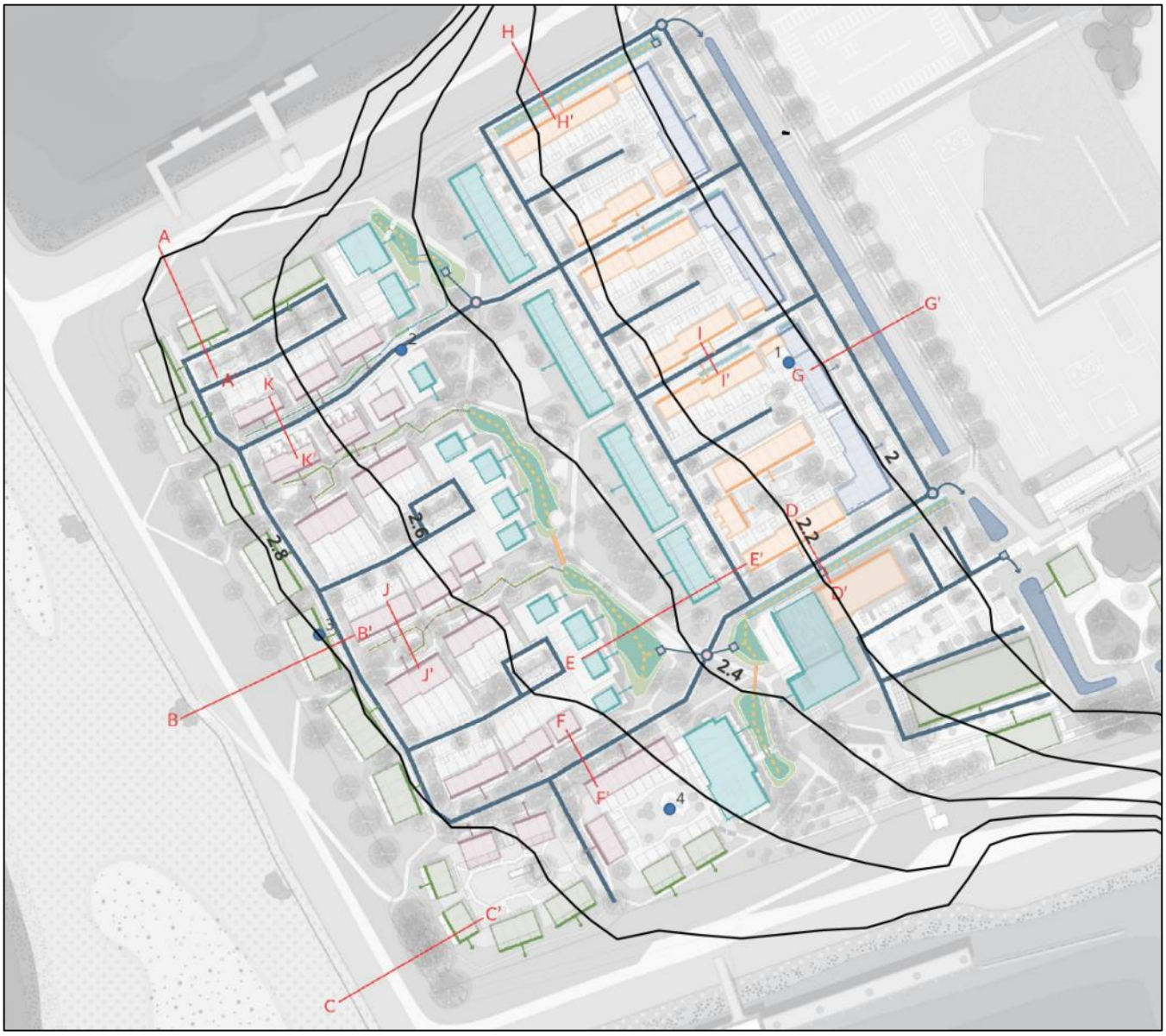
Variant	Peil IJssel (m NAP)	Grondwaterstand* (m NAP)	Afvoerdebiet drainage (m^3/d)
Gem. IJsselpeil + gem. neerslag	+0,70	+0,78 tot +0,73 tot +0,7	-
Gem. IJsselpeil + neerslag 5 mm/d	+0,70	+0,95 tot +0,92 tot +0,9	-
T10 IJsselpeil + gem. neerslag	+3,46	+2,7 tot +2,3 tot +1,9	305
T10 IJsselpeil + neerslag 5 mm/d	+3,46	+2,8 tot +2,4 tot +2	506
T30 IJsselpeil + gem. neerslag	+3,86	>2,9 (3) tot +2,5 tot +2	593
T30 IJsselpeil + neerslag 5 mm/d	+3,86	>2,9 (3,05) tot +2,6 tot +2,2	814
T100 IJsselpeil + gem. neerslag	+4,17	>2,9 (3,15) tot +2,6 tot +2,1	826
T100 IJsselpeil + neerslag 5 mm/d	+4,17	>2,9 (3,25) tot +2,75 tot +2,3	1059

* Verloop grondwaterstand van west naar oost: t.p.v. PB03 – middelpunt – t.p.v. PB01

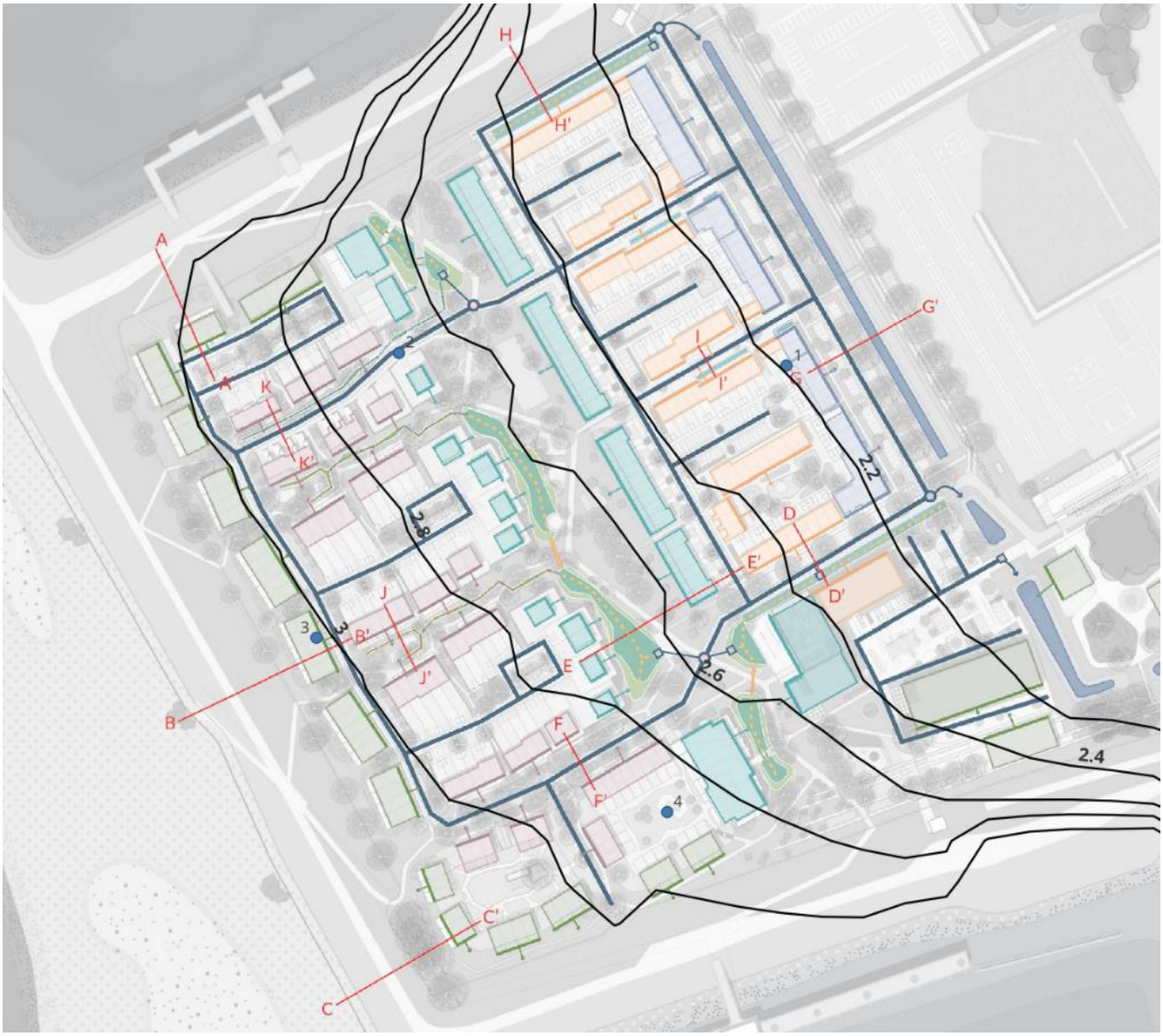
In tabel 2 zijn afvoerdebieten gegeven tot 1059 m3/dag. De toegestane afvoer is op basis van het bruto plangebied van 14,5 ha en de afvoernorm van 1,6 l/sec/ha bepaald op 23,2 l/sec (83 m^3/u). Dit geeft een dagdebiet van 1.992m^3. De toegestane afvoer is groter dan het drainagedebiet bij een worst-case scenario. Dit betekent dat het overschot aan toegestane afvoercapaciteit beschikbaar is om het rustwaterpeil te handhaven en bij peilstijgingen door neerslag het waterpeil weer uit te laten zakken tot aan rustwaterpeil.

Met de verkregen berekeningsresultaten is het westelijk plan deel verder opgehoogd om ook bij een calamiteit van langdurig hoog water en veelvuldig neerslag voldoende droge voeten te houden en schade te voorkomen. De dijkwoningen hebben een vloerpeil van +3,60 m NAP en de wegen zijn er op +3,40 m NAP aangelegd. De woningen verder van de dijk af krijgen een vloerpeil van +3,40 m NAP en een wegpeil van +3,20 m NAP.

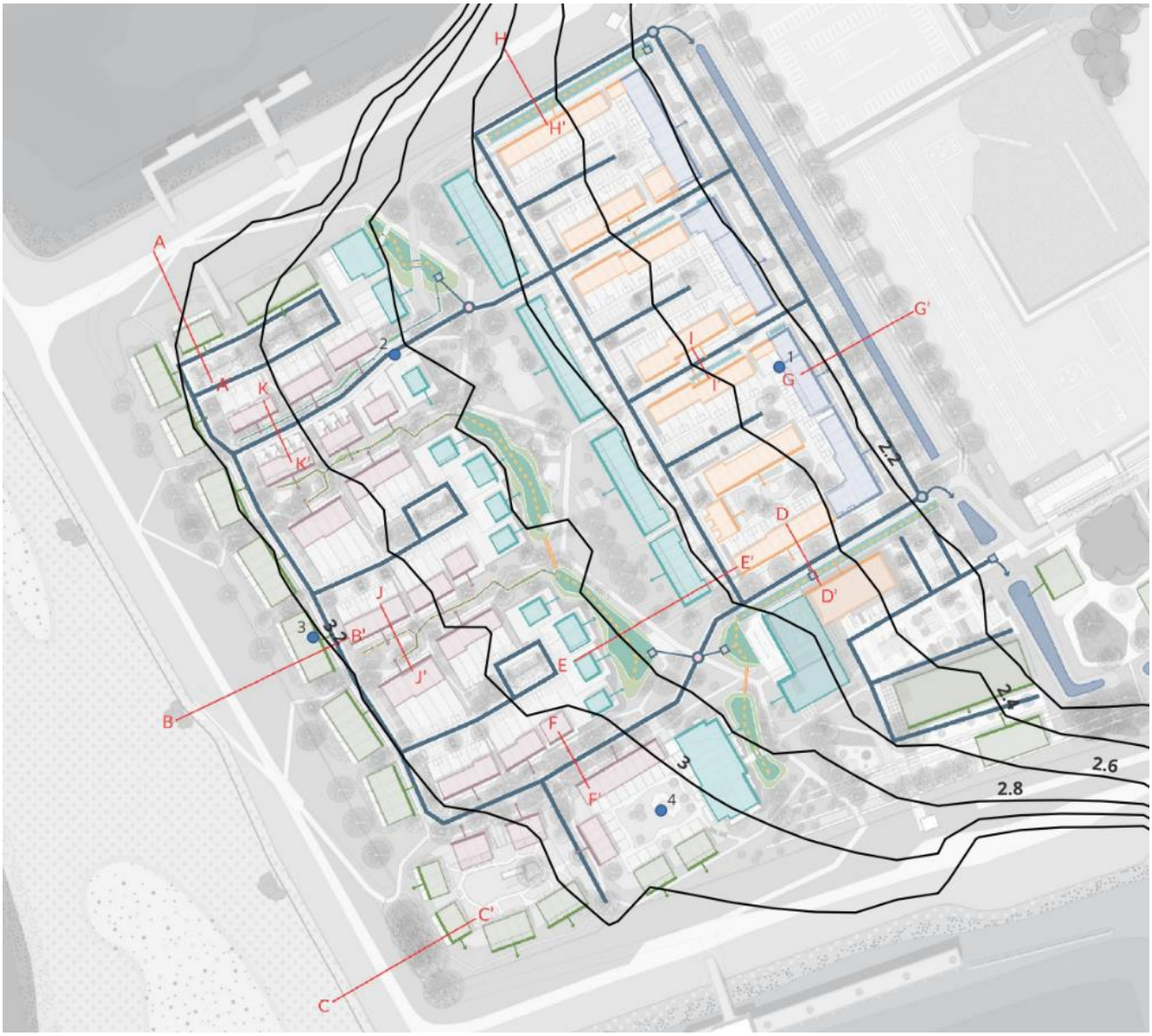
In figuur 8, 9 en 10 zijn de grondwaterstand-isohypsen van de scenario's T=10, T=30 en T=100 bij 5mm/dag aan neerslag weergegeven. Voor de actuele dwarsprofielen van het dijklichaam en toekomstige dijkwoningen wordt verwezen naar PLANN.ing.



Figuur 8 Berekende isohypsen (m NAP) bij een T10 hoogwatersituatie met een hoge neerslag (5 mm/d)

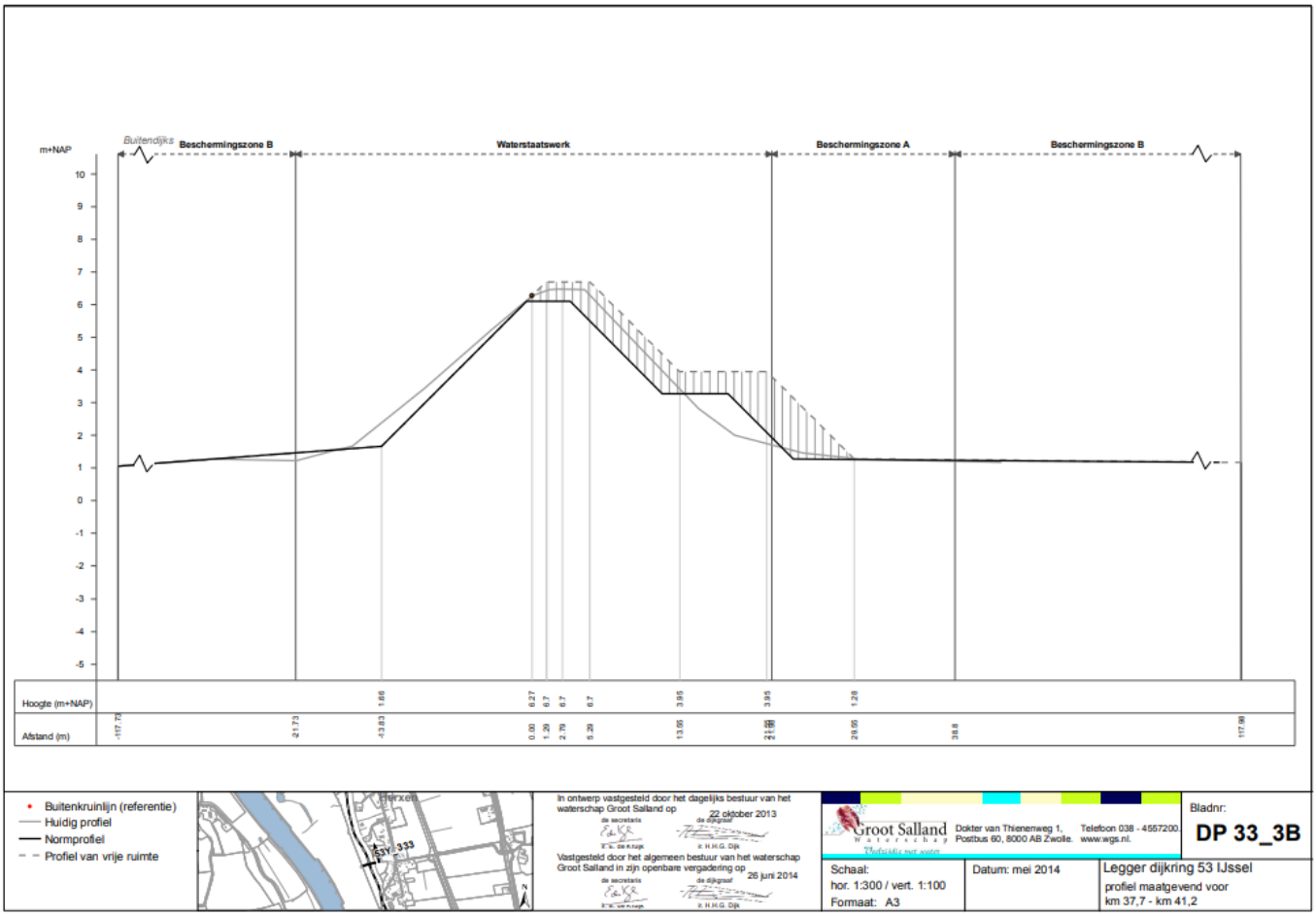


Figuur 9 Berekende isohypsen (m NAP) bij een T30 hoogwatersituatie met een hoge neerslag (5 mm/d)




Figuur 10 Berekende isohypsen (m NAP) bij een T100 hoogwatersituatie met een hoge neerslag (5 mm/d)

Bijlage C Huidig leggerprofiel en PVVR


Figuur 9-1: Geldige leggerprofiel voor km 37,7 tot 41,2

Bijlage D Dwarsprofielen – leggerprofiel, PVVR en geplande bebouwing



Profiel A-A
schaal 1:50



Profiel B-B
schaal 1:50

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN A EN B

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T3-01

SCHAAL
1:50

FORMAAT
594x2100

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing


Blankenstein 134c
7943 PE Meppel

Lavendelheide 21.111
9202 PD Drachten


info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

plann.ing adviseurs en ingenieurs

O4084A1-VO-T3-DP-XX-V1.0.dwg



Profiel C-C
schaal 1:50



Profiel D-D
schaal 1:50

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN C EN D

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T3-02

SCHAAL
1:50

FORMAAT
594x2100

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing


Blankenstein 134c
7943 PE Meppel

Lavendelheide 21.111
9202 PD Drachten


info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

PLANN.ING adviseurs en ingenieurs

O4084A1-VO-T3-DP-XX-V1.0.dwg



Profiel E-E
schaal 1:50



Profiel F-F
schaal 1:50

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN E EN F

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T3-03

SCHAAL
1:50

FORMAAT
594x2100

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing

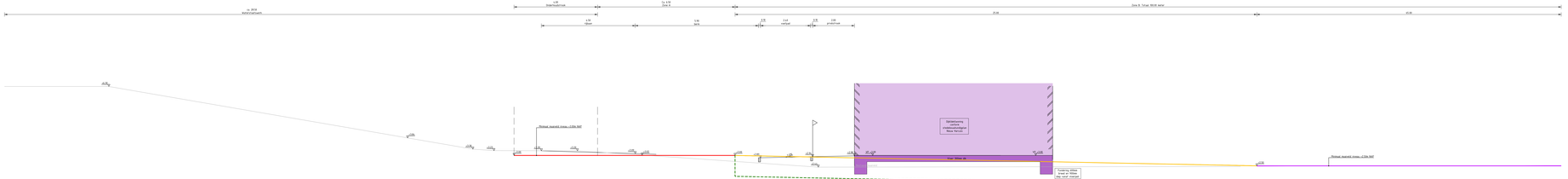
Blankenstein 134c
7943 PE Meppel

Lavendelheide 21.111
9202 PD Drachten

info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

adviseurs en ingenieurs

O4084A1-VO-T3-DP-XX-V1.0.dwg



Profiel G-G
schaal 1:50

Platen in meters en materiaalnaten in millimeters, tenzij anders vermeld.
Peilvlakken in meters t.o.v. N.A.P.

versie		datum		toelichting		tekenaar
1.0		juni 2021		VERTE UITGAVE		N.Kalter

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Mariahof

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN G

PROJECTNUMMER
OW0644.1

TEKENINGNUMMER
TO-04

SCHAAL
1:50

FORMAAT
SW420/20

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulleng

Postadres: 5200 AA 's-Hertogenbosch
Bezoekadres: Nr. 1 Hertogenbosch
Telefoon: 073 - 6 15 15 15
Email: info@plann.ing
Website: www.plann.ing

plann.ing
adviseurs en ingenieurs

Ontwerp 2021 TO-04 AO 1.0 (1).dwg



Zoneringen

- Vlak zone A, hoogte zie dwarsprofielen
- Buitenste perceelsgrens "De Uitspanning"
- Einde zone B (indicatief weergegeven)
- 60 meter lijn, zie rapport "Waterhuishouding" (indicatief weergegeven)
- Buitenkruin Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenkruin Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Buitenteen Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenteen huidig Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenteen na ophoging Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)

Zoneringen
Schaal 1:750

De op de tekening opgenomen (oppervlakte)maten zijn indicatief, waaraan geen rechten ontleend kunnen worden

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
Overzicht zoneringen

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T1-00 - pres

SCHAAL
1:750

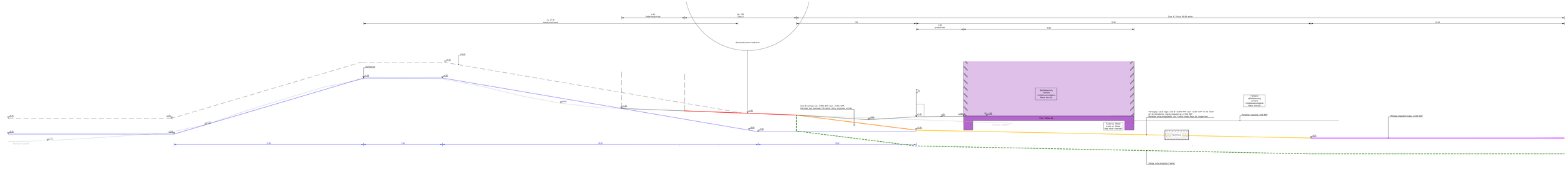
FORMAAT
A0

CONTROLE

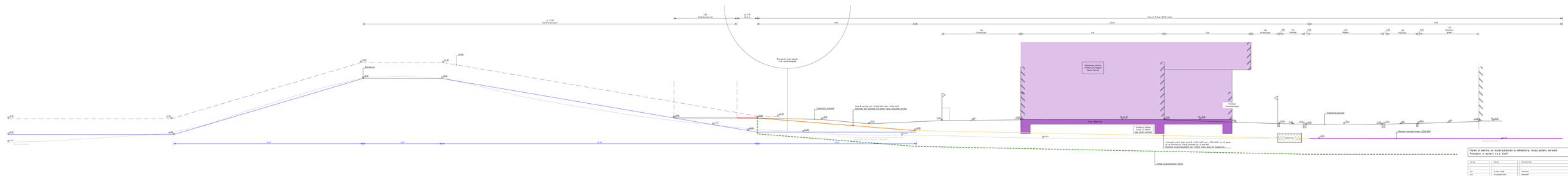
PROJECTLEIDER
J. Hulsing

Plann.ing adviseurs en ingenieurs
Stadskanaal 134c
5502 PE Veldhoven
Leonardolaan 22-111
5652 PR Eindhoven
info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

O4084A1-VO-T1-NS-XX-V1.0.dwg



Profiel C-C
schaal 1:50



Profiel D-D
schaal 1:50

Platen in meters en materiaalnaten in millimeters, tenzij anders vermeld
Peilvlakken in meters t.o.v. N.A.P.

versie	datum	omschrijving	tekenaar
1.0	27 mei 2021	definitief	M Kleinhout
1.1	10 oktober 2021	definitief	M Kleinhout / M Wachtmeester
1.2	juni 2022	DWRO uitvoerd	M Kleinhout

OPDRACHTGEVER
Realiz Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Marcuslo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN E EN D

PROJECTNUMMER
OWD0441

TEKENNUMMER
T3-03

SCHAAL
1:50

FORMAAT
SW4A200

CONTROLE
R. Wichers Schreur


PROJECTLEIDER
J. Hulleng

plann.ing
adviseurs en ingenieurs


Plannersgroep CURO
Postbus 84
3990 DB Houten

Plannersgroep CURO
Utrechtseweg 310
B&A gebouw, kamer A.12
6812 RH Arnhem

T 088 - 4 CURO 00
E info@curo.nl
I www.curo.nl



Profiel E-E
schaal 1:50



Profiel F-F
schaal 1:50

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
3.0	27 febr. 2026	Definitief	B. Kramer
2.0	22 oktober 2025	Definitief	M. Nijen Twilhaar
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN E EN F

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T3-04

SCHAAL
1:50

FORMAAT
594x2100

CONTROLE
R. Wichers Schreur

PROJECTLEIDER
J. Hulsing

Blankenstein 134c
7943 PE Meppel

Lavendelheide 21.111
9202 PD Drachten

info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

plann.ing adviseurs en ingenieurs

O4084A1-UO-T3-DWARSPROFIELEN A_F - MW.dwg



Zoneringen

Vlak zone A, hoogte zie dwarsprofielen

Onderhoudsstrook 4.00 meter (vanaf nieuwe teen)

Buitenste perceelsgrens "De Uitspanning"

Einde zone B
(indicatief weergegeven)

60 meter lijn, zie rapport "Waterhuishouding"
(indicatief weergegeven)

Buitenkruin Waterstaatswerk
(indicatief weergegeven)

Binnenkruin Waterstaatswerk
(indicatief weergegeven)

Buitenteen Waterstaatswerk
(indicatief weergegeven)

Binnenteen na ophoging Waterstaatswerk
(indicatief weergegeven)

Zoneringen
Schaal 1:750

De op de tekening opgenomen (oppervlakte)maten zijn indicatief, waaraan geen rechten ontleend kunnen worden

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
3.0	27 febr. 2026	Aanpassing zonering	B. Kramer
2.0	okt. 2025	Totaal	B. Kramer
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
Overzicht zoneringen

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T1-00 - zon - MW

SCHAAL
1:750

FORMAAT
A0

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing

PLANN.ING
adviseurs en ingenieurs
Stadsdennen 134c
3925 PE Woudenberg
Leusderlandlaan 23-113
3925 PD Driebergen
info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

O4084A1-ZONERINGEN - - MW.dwg



Zoneringen
Schaal: 1:1000

Zoneringen

- Vlak zone A, hoogte zie dwarsprofielen
- Onderhoudsstrook 4.00 meter (vanaf nieuwe teen)
- Buitenste perceelsgrens "De Uitspanning"
- Einde zone B (indicatief weergegeven)
- 60 meter lijn, zie rapport "Waterhuishouding" (indicatief weergegeven)
- Buitenkruin Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenkruin Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Buitenteen Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenteen na ophoging Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)

De op de tekening opgenomen loppervlakfelmaten zijn indicatief, waaraan geen rechten ontleend kunnen worden

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
3.0	27 febr. 2026	Aanpassing zonering	B. Kramer
2.0	okt. 2025	Tekal	B. Kramer
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
Overzicht zoneringen

PROJECTNUMMER
04084A1

TEKENINGNUMMER
T1-00 - zon - MW

SCHAAL
1:1000

FORMAAT
A0

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing

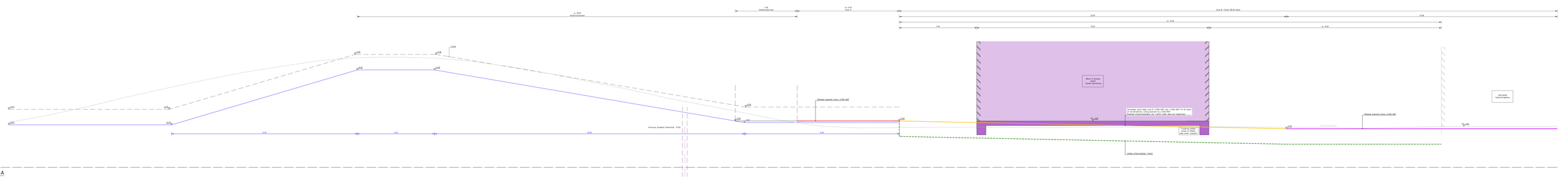
Weidekamp 194
8023 PE Zwolle

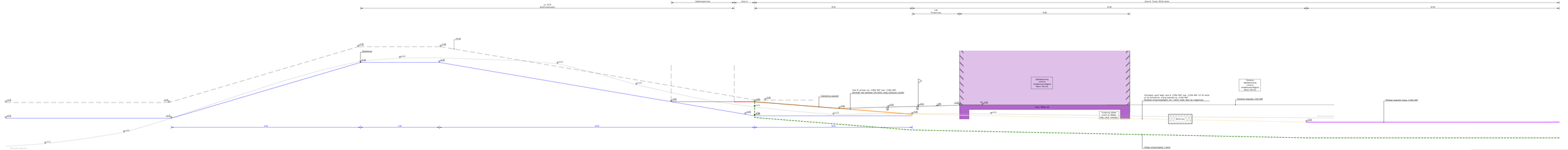
Leonardo Da Vincilaan 11
8017 JA Zwolle

info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

plann.ing
adviseurs en ingenieurs

04084A1-Xref-ZONERING - MW.dwg





Platen in meters en materiaalnaten in millimeters, tenzij anders vermeld.
Peilvlakken in meters t.o.v. N.A.P.

versie	datum	omschrijving	tekenaar
1.0	27 feb 2025	definitief	N Wijnand
1.1	10 oktober 2025	definitief	W Wijnand Tolhuis
1.2	juni 2025	DWRO uitgaand	N Wijnand

OPDRACHTGEVER
Realco Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken Nieuw Marcluto

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN A EN B

PROJECTNUMMER
OWD0441

TEKENINSTRUCTIE
T3-02

SCHAAL
1:50

FORMAAT
SWA2100

CONTROLE
R. Wichers Schreur

PROJECTLEIDER
J. Hulleng

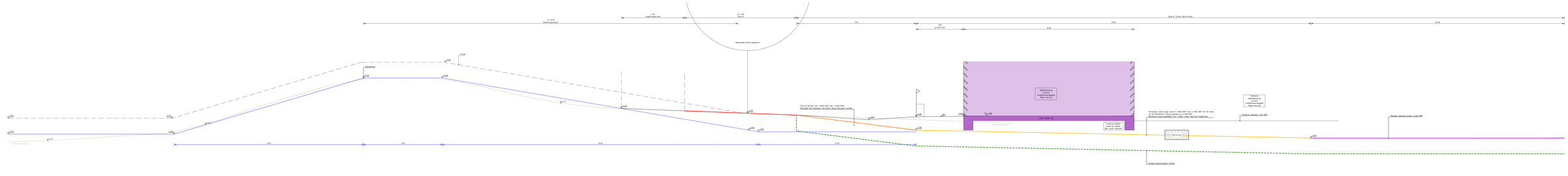
plann.ing
adviseurs en ingenieurs

Postadres: Postbus 1100
7500 BC Enschede

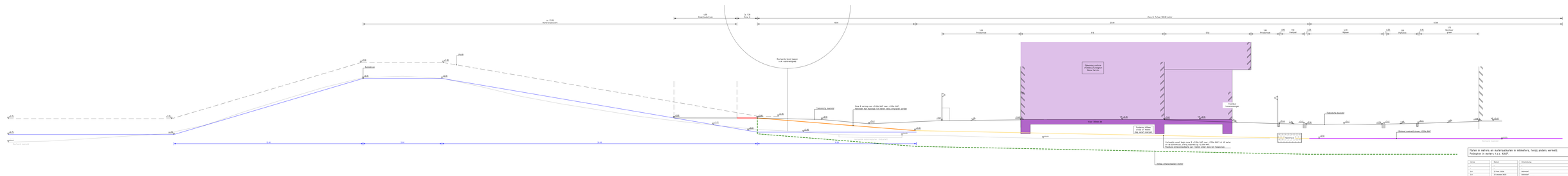
Bezoekadres: Ite 7
7544 PW Enschede

T 088 8 75 75 75
info@plann.ing
www.plann.ing

AUTEURSRECHT: DEZE TEKENING/PRESENTATIE IS N_P - WWW.PLANN.ING



Profiel C-C
schaal 1:50



Profiel D-D
schaal 1:50

Platen in meters en materiaalnaten in millimeters, tenzij anders vermeld
Peilvlakken in meters t.o.v. N.A.P.

versie	datum	omschrijving	tekenaar
1.0	27 mei 2021	definitief	M Kleinhout
1.1	10 oktober 2021	definitief	M Kleinhout / M Wachtmeester
1.2	juni 2022	DWRO uitvoerd	M Kleinhout

OPDRACHTGEVER
Realiz Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Marcuslo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN E EN D

PROJECTNUMMER
OWD0441

TEKENNUMMER
T3-03

SCHAAL
1:50

FORMAAT
SW4A200

CONTROLE
R. Wichers Schreur


PROJECTLEIDER
J. Hulleng

plann.ing
adviseurs en ingenieurs


Plannersgroep CURO
Postbus 84
3990 DB Houten

Plannersgroep CURO
Utrechtseweg 310
B&A gebouw, kamer A.12
6812 RH Arnhem

T 088 - 4 CURO 00
E info@curo.nl
I www.curo.nl



Profiel E-E
schaal 150



Profiel F-F
schaal 150

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
3.0	27 febr. 2026	Definitief	B. Kramer
2.0	22 oktober 2025	Definitief	M. Nijen Twilhaar
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN E EN F

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T3-04

SCHAAL
1:50

FORMAAT
594x2100

CONTROLE
R. Wichers Schreur

PROJECTLEIDER
J. Hulsing

Blankenstein 134c
7943 PE Meppel

Lavendelheide 21.111
9202 PD Drachten

info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

PLANN.ING
adviseurs en ingenieurs

O4084A1-UO-T3-DWARSPROFIELEN A_F - MW.dwg



Zoneringen

Vlak zone A, hoogte zie dwarsprofielen

Onderhoudsstrook 4.00 meter (vanaf nieuwe teen)

Buitenste perceelsgrens "De Uitspanning"

Einde zone B
(indicatief weergegeven)

60 meter lijn, zie rapport "Waterhuishouding"
(indicatief weergegeven)

Buitenkruin Waterstaatswerk
(indicatief weergegeven)

Binnenkruin Waterstaatswerk
(indicatief weergegeven)

Buitenteen Waterstaatswerk
(indicatief weergegeven)

Binnenteen na ophoging Waterstaatswerk
(indicatief weergegeven)

Zoneringen
Schaal 1:750

De op de tekening opgenomen (oppervlakte)maten zijn indicatief, waaraan geen rechten ontleend kunnen worden

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
3.0	27 febr. 2026	Aanpassing zonering	B. Kramer
2.0	okt. 2025	Totaal	B. Kramer
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
Overzicht zoneringen

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T1-00 - zon - MW

SCHAAL
1:750


FORMAAT
A0

CONTROLE


PROJECTLEIDER
J. Hulsing

PLANN.ING
adviseurs en ingenieurs
Stadsdennen 134c
3925 PE Woudenberg
Leusderlandlaan 23-113
3925 PD Driebergen
info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

O4084A1-ZONERINGEN - - MW.dwg



Profiel A-A
schaal 1:50



Profiel B-B
schaal 1:50

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN A EN B

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T3-01

SCHAAL
1:50

FORMAAT
594x2100

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing


Blankenstein 134c
7943 PE Meppel

Lavendelheide 21.111
9202 PD Drachten


info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

plann.ing adviseurs en ingenieurs

O4084A1-VO-T3-DP-XX-V1.0.dwg



Profiel C-C
schaal 1:50



Profiel D-D
schaal 1:50

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN C EN D

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T3-02

SCHAAL
1:50

FORMAAT
594x2100

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing


Blankenstein 134c
7943 PE Meppel

Lavendelheide 21.111
9202 PD Drachten


info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

plann.ing adviseurs en ingenieurs

O4084A1-VO-T3-DP-XX-V1.0.dwg



Profiel E-E
schaal 1:50



Profiel F-F
schaal 1:50

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN E EN F

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T3-03

SCHAAL
1:50

FORMAAT
594x2100

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing

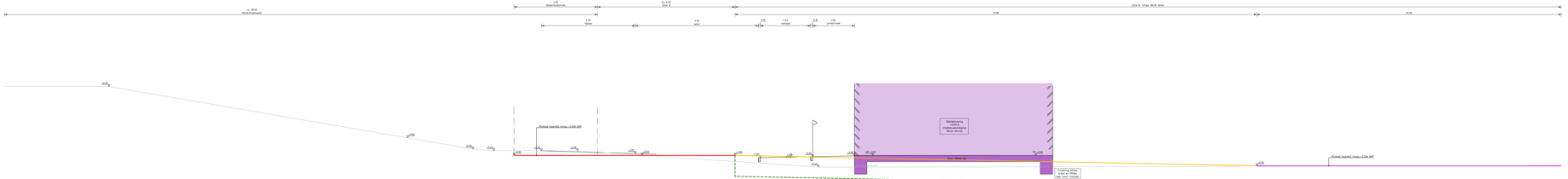
Blankenstein 134c
7943 PE Meppel

Lavendelheide 21.111
9202 PD Drachten

info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

adviseurs en ingenieurs

O4084A1-VO-T3-DP-XX-V1.0.dwg



Profiel G-G
schaal 1:50

Platen in meters en materiaalnaten in millimeters, tenzij anders vermeld.
Peilvlakken in meters t.o.v. N.A.P.

versie		datum		toelichting		tekenaar
1.0		juni 2021		VERTE UITGAVE		N.Kalter

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Mariahof

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
DWARSPROFIELEN G

PROJECTNUMMER
OW0644.1

TEKENINGNUMMER
TO-04

SCHAAL
1:50

FORMAAT
SW420/20

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulleng

Postadres: 5200 AA 's-Hertogenbosch
Bezoekadres: Nr. 1 Hertogenbosch
Telefoon: 073 - 6 15 15 15
Email: info@plann.ing
Website: www.plann.ing

plann.ing
adviseurs en ingenieurs

Ontwerp 2021 TO-04 AO 1.0 (1).dwg



Zoneringen

- Vlak zone A, hoogte zie dwarsprofielen
- Buitenste perceelsgrens "De Uitspanning"
- Einde zone B (indicatief weergegeven)
- 60 meter lijn, zie rapport "Waterhuishouding" (indicatief weergegeven)
- Buitenkruin Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenkruin Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Buitenteen Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenteen huidig Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenteen na ophoging Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)

Zoneringen
Schaal 1:750

De op de tekening opgenomen (oppervlakte)maten zijn indicatief, waaraan geen rechten ontleend kunnen worden

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
Overzicht zoneringen

PROJECTNUMMER
O4084A1

TEKENINGNUMMER
T1-00 - pres

SCHAAL
1:750

FORMAAT
A0

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing

Plann.ing adviseurs en ingenieurs
Stadskanaal 134c
5502 PE Veldhoven
Leonardolaan 22-111
5652 PR Eindhoven
info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

O4084A1-VO-T1-NS-XX-V1.0.dwg



Zoneringen
Schaal: 1:1000

Zoneringen

- Vlak zone A, hoogte zie dwarsprofielen
- Onderhoudsstrook 4.00 meter (vanaf nieuwe teen)
- Buitenste perceelsgrens "De Uitspanning"
- Einde zone B (indicatief weergegeven)
- 60 meter lijn, zie rapport "Waterhuishouding" (indicatief weergegeven)
- Buitenkruin Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenkruin Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Buitenteen Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)
- Binnenteen na ophoging Waterstaatswerk (indicatief weergegeven)

De op de tekening opgenomen loppervlakfelmaten zijn indicatief, waaraan geen rechten ontleend kunnen worden

Maten in meters en materiaalmaten in milimeters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. N.A.P.

Versie	Datum	Omschrijving	Ontwerper
-	-	-	-
3.0	27 febr. 2026	Aanpassing zonering	B. Kramer
2.0	okt. 2025	Tekal	B. Kramer
1.0	juni 2025	EERSTE UITGAVE	B. Kramer

OPDRACHTGEVER
Reales Projecten 4 B.V.

PROJECT
Bouw- en Woonrijp maken
Nieuw Harculo

OMSCHRIJVING
Voorlopig ontwerp
Overzicht zoneringen

PROJECTNUMMER
04084A1

TEKENINGNUMMER
T1-00 - zon - MW

SCHAAL
1:1000

FORMAAT
A0

CONTROLE

PROJECTLEIDER
J. Hulsing

Weidekamp 194
8023 PE Zwolle

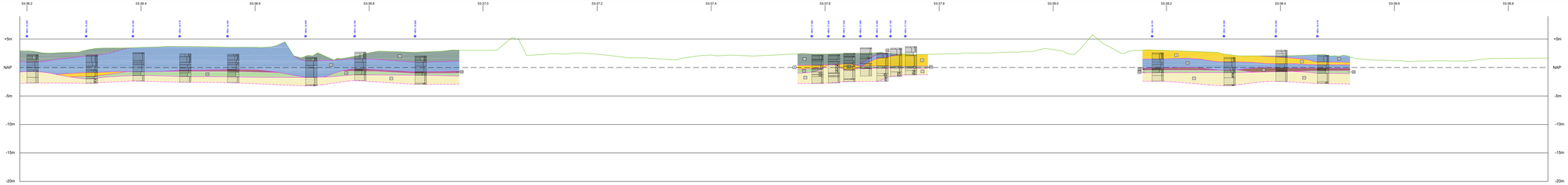
Leonardo Da Vincilaan 11
8017 JA Zwolle

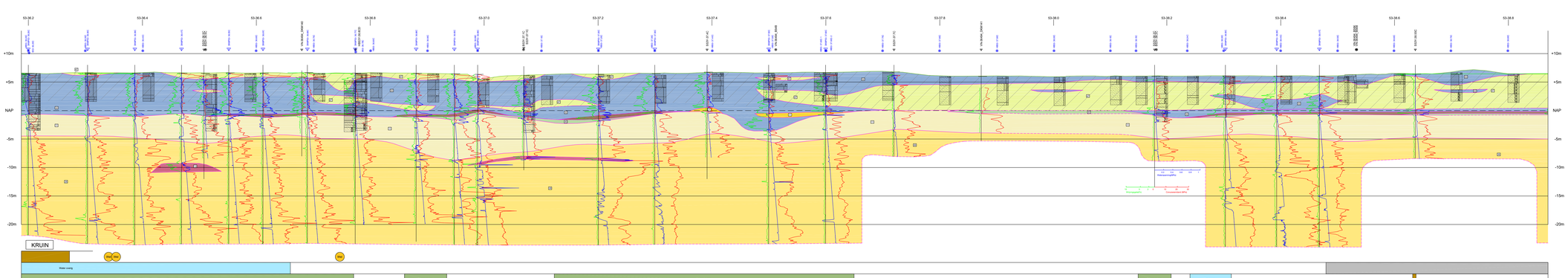
info@plann-ing.nl
www.plann-ing.nl

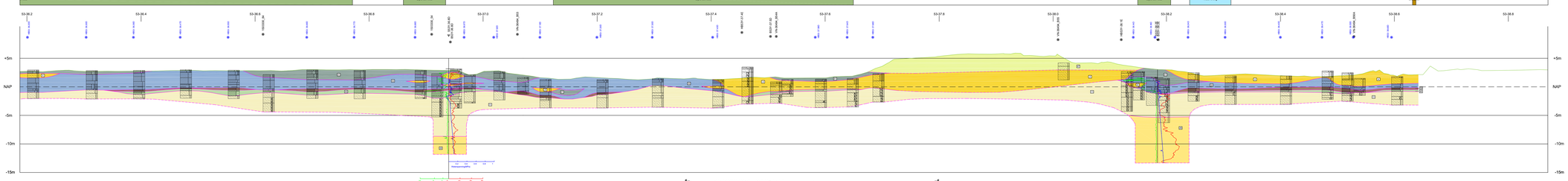
plann.ing
adviseurs en ingenieurs

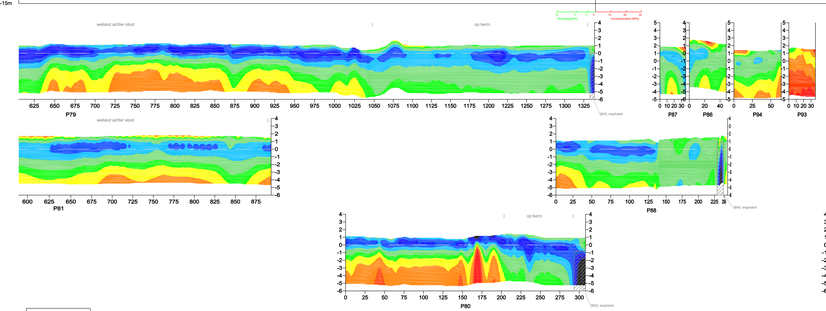
04084A1-Xref-ZONERING - MW.dwg

Bijlage E Grondonderzoek









LEGENDA

DKMP03-48.SDC	sondering WPB		
HB53-48.SDC	boring WPB		
B33Y-46.1D	sondering WAP(2015)	AHN3 (0.5m grid)	
HB53Y-45.0CD	boring WAP(2015)	Wiskundigrafische begrenzing hetmuurbase	
B53Y-46.1D	boring WAP(2015)	Wiskundigrafische begrenzing onzeker	
Vlv.0649A_DKM1A0	sondering WAP(2005)		
Vlv.0649A_B44	boring WAP(2005)		
Project-N377_DKM45	sondering Fugro(2004)	53-20.2	
Project-N377_HB90	boring Fugro(2004)		rijkswat
2012-6506_B07	boring Grontmij		sondering
311715_S1	sondering Grontmij		boring
1503330_1	boring MOS		
Medusa_1	boring Medusa(2015)		

LITHOSTRATIGRAFISCHE LEGENDA

47	Hoofdlaagkrijt zand, plaatselijk zwak tot matig humeus, plaatselijk kleiig	Antropogeen	HOLOCEEN
32	Hoofdlaagkrijt klei, plaatselijk zwak tot sterk zandig, zwak tot matig humeus		
	Hoofdlaagkrijt veen		
	Hoofdlaagkrijt puin	Dijkdoorbraak afzettingen	
36	Hoofdlaagkrijt klei		
44	Hoofdlaagkrijt zand		
32	Klei, zwak tot matig siltig, plaatselijk zwak tot matig humeus	Formatie van Echteld	
41	Klei, zwak tot matig zandig, plaatselijk zwak tot matig humeus		
4	Zand, vaak met kleilaagjes, plaatselijk zwak tot matig humeus		
61	Veen, plaatselijk kleiig en/of zandig	Formatie van Nieuwkoop	
4	Zand, vaak met kleilaagjes, plaatselijk zwak tot matig humeus	Formatie van Echteld	
7	Veen, kleiig of zandig	Formatie van Nieuwkoop *Basisveen laag*	
11	Zand, fijn tot grof, zwak siltig met bottenresten, soms grindhoudend, plaatselijk kleilaagjes	Formatie van Boxtel	PLEISTOCEEN
19	Zand, zeer fijn tot zeer grof	*Laagpakket van Delwijnen (vroeglatiestorm)*	
40	Klei, siltig met veenmoliger plaatselijk enkele dunne zandlaagjes, veen	*Laag van Singraven (hoeklatiestorm)*	
46	Klei, siltig, vaak zandig	Formatie van Kreftenheye *Laag van Wijchen*	
26	Zand, zeer fijn tot uiterst grof, vaak grindig	Formatie van Kreftenheye	
62	Zand, matig fijn tot grof, klei, zwak tot matig siltig	*Laagpakket van Twello*	
13	Klei, siltig	*Laagpakket van Zutphen*	
14	Zand, kleiig, gelaagd met klei	*Laagpakket van Zutphen*	
27	Zand, matig fijn tot zeer grof, grindhoudend	*Gestoomde eenheid vroeglatiestorm*	

N.B. Bij de interpretatie worden de formaties gebruikt en indien te onderscheiden, de lagen en laagpakketten. De grens tussen de Formatie van Boxtel en de bovenliggende Formatie van Kreftenheye is arbitrair.

Bij de lengteprofiel is gebruik gemaakt van een selectie van de meest geschikte boringen en sonderingen uit de DINOloket database (TNO, 2016). De gebruikte boringen en sonderingen zijn in het voorland is ook Aklakkkaart gecombineerde onderzoek boekhlaar (Medusa, 2015 en 2016). De onderzoek is niet gebruikt bij de interpretatie van het voorlandprofiel. Het onderzoek is wel beschikbaar in het beheersysteem van WAVOrlda.

Legenda Weiten

Zw	Zandkraters, urgentie onbekend
Zw1	Zandkraters, urgentie middel
Zw2	Zandkraters, urgentie hoog
Rm	Risico micro-instabiliteit, urgentie onbekend
Bz	Bruine vlekken of zandkraters op fosfaten, urgentie middel
Bz2	Bruine vlekken of zandkraters op fosfaten, urgentie hoog

Legenda Duikers

100 / 80 / 60 / 50 / 40 / 30 / 25 / 20 / 15 / 12.5 / 10 / 0

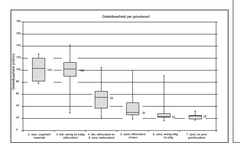
Tracé Elektriciteitsgebied onderzoek

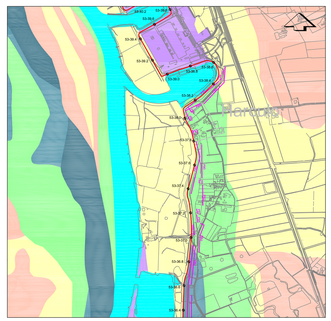
Legenda Historisch onderzoek

Afgraving
Zijdeveldveen
Hondo
Kreftenheye
Pleistocene
Rivierduinen begrip
Pleistocene
Sterrenbergen
Overig
Stortplaats gesloten tijdperk
Overig
Stortplaats gesloten tijdperk
Tijdelijke stortplaats
Overig
Stortplaats gesloten tijdperk
Tijdelijke stortplaats
Overig
water overig
Kwelz
Leegschaf
Waterweg

Legenda Zandhamerkaart

0-1 m Mv Inverzand
1-2 m Mv Inverzand
1-1.5 m Mv Inverzand
1.5 - 2m Mv Inverzand
2-3 m Mv Inverzand
3-4 m Mv Inverzand
3-4 m Mv Inverzand
4-5 m Mv Inverzand
5-6 m Mv Inverzand
Antropogeen verdacht

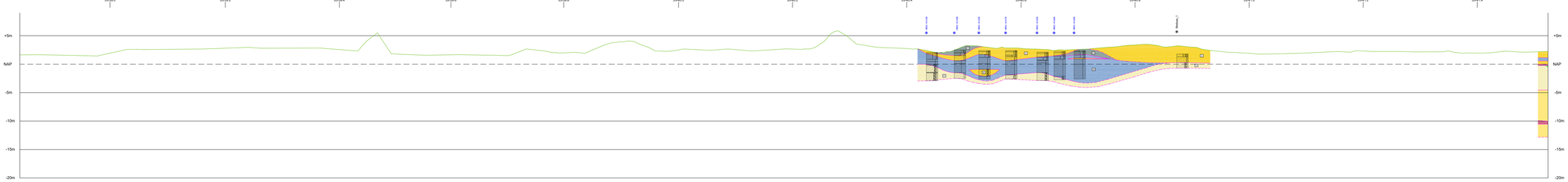




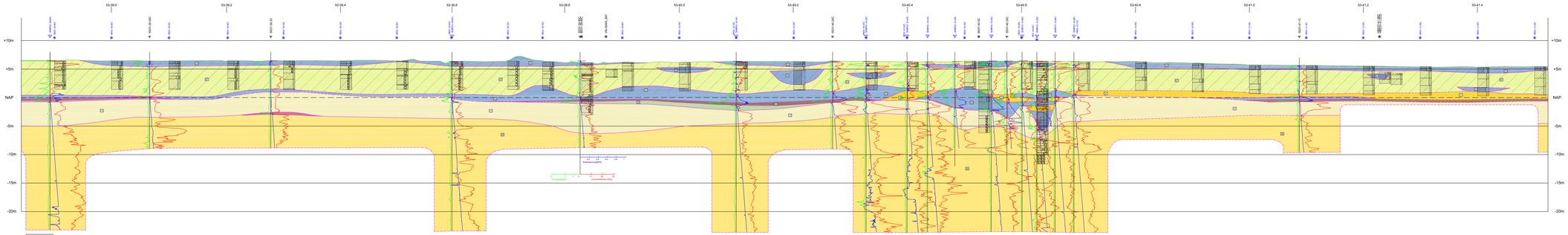
Geotechnisch lengteprofiel
Waterschap Drents Overijsselse Delta
Geotechnisch Technisch- en Laboratoriumonderzoek
Grondonderzoek HWBP Zwolle – Olst
Zwolle - Olst DP 36.2 t/ m DP 38.8

Datum:	18.09.15	Gew:	28.04.16 CL
Gekeurd:	KB	Gew:	11.05.16 CL
Schaal:	1: 200/2000	Gew:	23.03.20 TK
Formaat:	841x1680	Gew:	07.10.20 TK
Blad:	8-11	Opdracht:	Vlv.73965-1

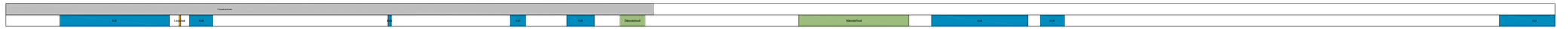
Wiertsema & Partners

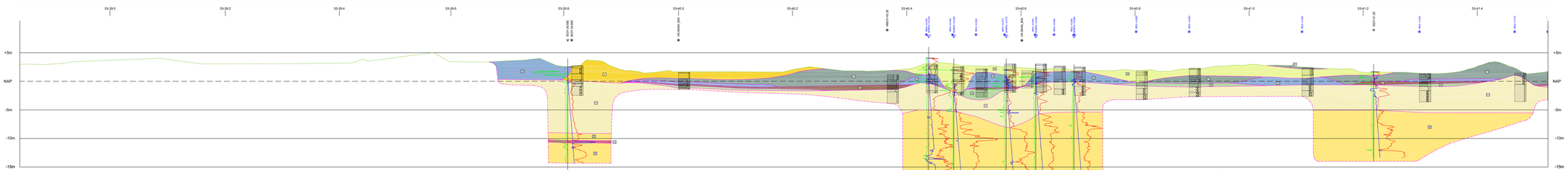


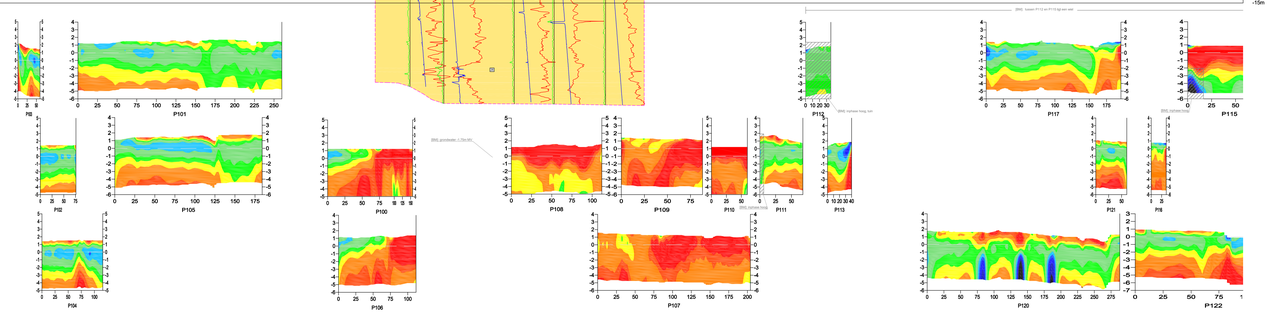
BUITENDIJKS



KRUIN





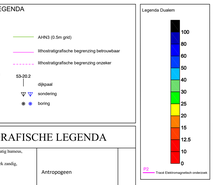


BINNENDIJKS

LEGENDA

DKMP53-48.SDC	sondering WPB	AHN3 (0.5m grid)	
HB53-48.SDC	boring WPB	Wiskundige begrenzing hetmuwbaar	
B33Y-46.1D	sondering WAP(2015)	Wiskundige begrenzing onzeker	
HB53Y-45.0CD	boring WAP(2015)		
B53Y-46.1D	boring WAP(2015)	53-20.2	dijkpaal
Vlv.39484_DKM140	sondering WAP(2005)		sondering
Vlv.39484_B44	boring WAP(2005)		boring
Project-N377_DKM45	sondering Fugro(2004)		
Project-N377_HB80	boring Fugro(2004)		
2012-6306_B01	boring Grontmij		
311715_S1	sondering Grontmij		
1503330_1	boring MOS		
Medusa_1	boring Medusa(2015)		

Legenda Duiten



LITHOSTRATIGRAFISCHE LEGENDA

47	Hoofdlaagkrijt matig, plaatselijk zwak tot matig humeus, plaatselijk kleiig	Antropogeen	
32	Hoofdlaagkrijt klei, plaatselijk zwak tot sterk zandig, zwak tot matig humeus		
31	Hoofdlaagkrijt veen		
35	Hoofdlaagkrijt puin	Dijkdoorbraak afzettingen	
36	Hoofdlaagkrijt klei		
44	Hoofdlaagkrijt zand		
32	Klei, zwak tot matig siltig, plaatselijk zwak tot matig humeus	Formatie van Echteld	HOLOCEEN
41	Klei, zwak tot matig zandig, plaatselijk zwak tot matig humeus		
4	Zand, vaak met kleilaagjes, plaatselijk zwak tot matig humeus		
63	Veen, plaatselijk kleiig en/of zandig	Formatie van Nieuwkoop	
4	Zand, vaak met kleilaagjes, plaatselijk zwak tot matig humeus	Formatie van Echteld	
7	Veen, kleiig of zandig	Formatie van Nieuwkoop *Basisveen laag*	
11	Zand, fijn tot grof, zwak siltig met bottenresten, soms grindhoudend, plaatselijk kleilaagjes	Formatie van Boxtel	
19	Zand, matig fijn tot matig grof	*Laagpakket van Delwijnen (overstromingsfacies)*	
40	Klei, siltig met veenmidden, plaatselijk enkele dunne zandlaagjes, veen	*Laag van Singraven (boskalkrijtlaag)*	PLEISTOCEEN
46	Klei, siltig, vaak zandig	Formatie van Kreftenheye *Laag van Wijchen*	
26	Zand, matig fijn tot matig grof, vaak grindig	Formatie van Kreftenheye	
62	Zand, matig fijn tot grof, klei, zwak tot matig siltig	*Laagpakket van Twello*	
13	Klei, siltig	*Laagpakket van Zutphen*	
14	Zand, kleiig, gelaagd met klei	*Laagpakket van Duyfken*	
27	Zand, matig fijn tot zeer grof, grindhoudend	*Gestoomde zandige rivierafzettingen*	

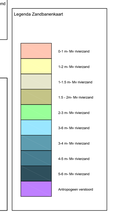
N.B. Bij de interpretatie worden de formaties gebruikt en indien ze onderscheiden, de lagen en laagpakketten. De grens tussen de Formatie van Boxtel en de bovenliggende van de Formatie van Kreftenheye is arbitrair.

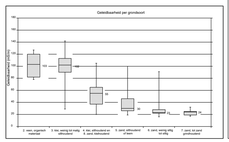
Bij de lengteprofiel is gebruik gemaakt van een selectie van de meest geschikte boringen en sonderingen uit de grondwatermodel Vecht en IJssel (WAM). Deze selectie is gemaakt door Deltares in het voorland is ook Aldakkland gecombineerd met boekhouder Medusa 2015 en 2016). Dit onderzoek is niet gebruikt bij de interpretatie van het voorlandprofiel. Het onderzoek is wel beschikbaar in het beheersysteem van WAVOrdis.

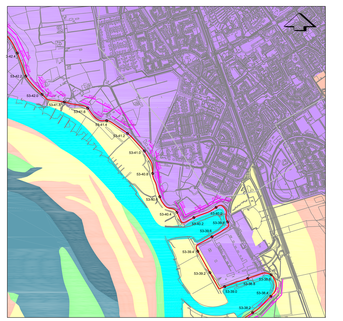
Legenda Wetten

Kvk	Zandrakers, urgentie ontwkend
Kvk	Zandrakers, urgentie middel
Kvk	Zandrakers, urgentie hoog
Kvk	Risico micro-instabiliteit, urgentie ontwkend
Kvk	Bruine vlekken of zandrakers op findern, urgentie middel
Kvk	Bruine vlekken of zandrakers op findern, urgentie hoog

Legenda Zandhamerkaart





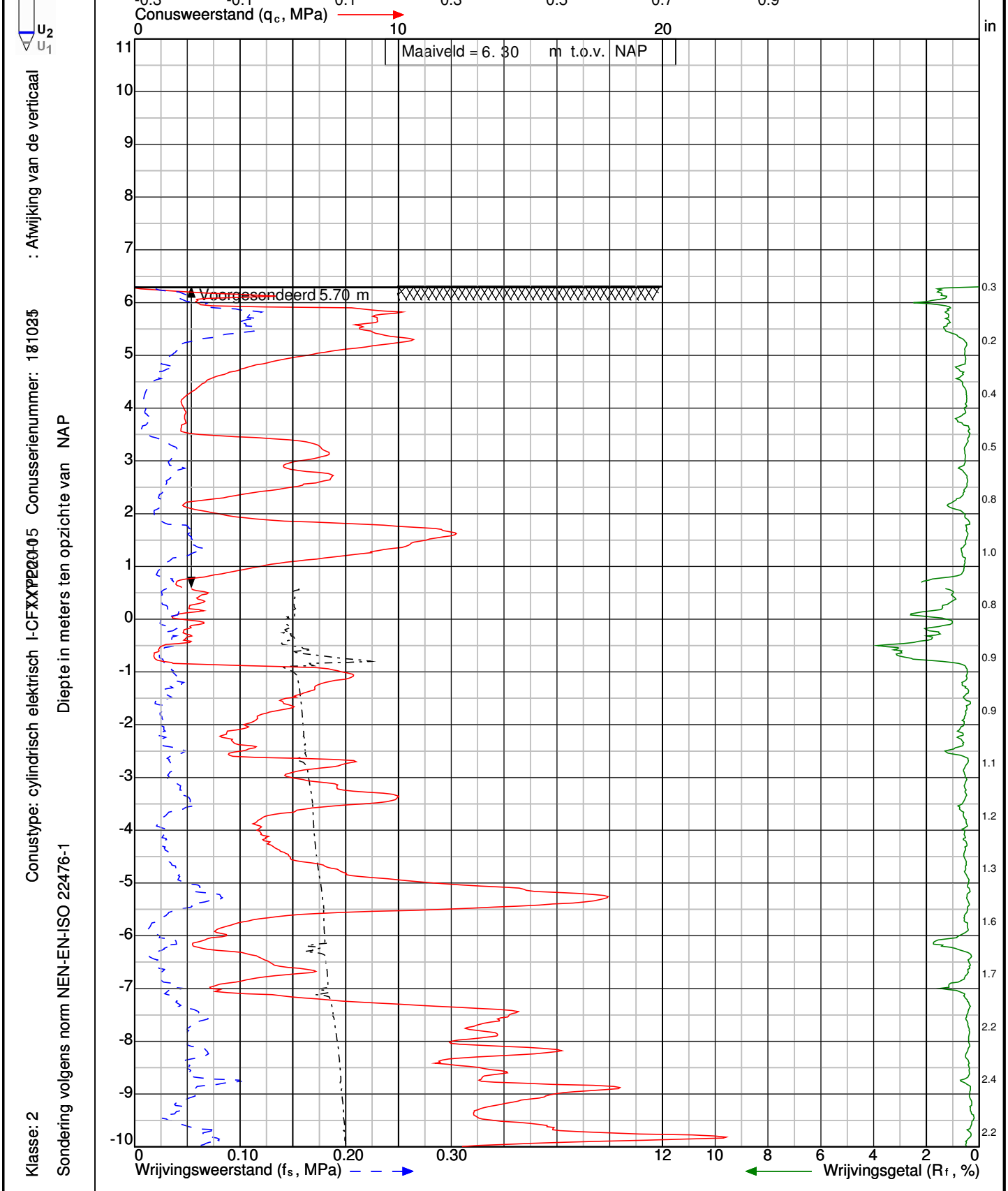


Geotechnisch lengteprofiel
Waterschap Drents Overijsselse Delta
Geotechnisch Tarieven- en Laboratoriumonderzoek
Grondonderzoek HWBP Zwolle – Olst

Zwolle - Olst DP 39.0 t/ m DP 41.4

Datum: 18.09.15	Gew: 28.04.16 CL		
Gekeurd: KB	Gew: 11.05.16 CL		
Schaal: 1: 2000/2000	Gew: 23.03.20 TK		
Formaat: 841x1680	Gew: 07.10.20 TK		
Blad: 9-11	Opdracht: VN-73965-1		

Wiertsema & Partners



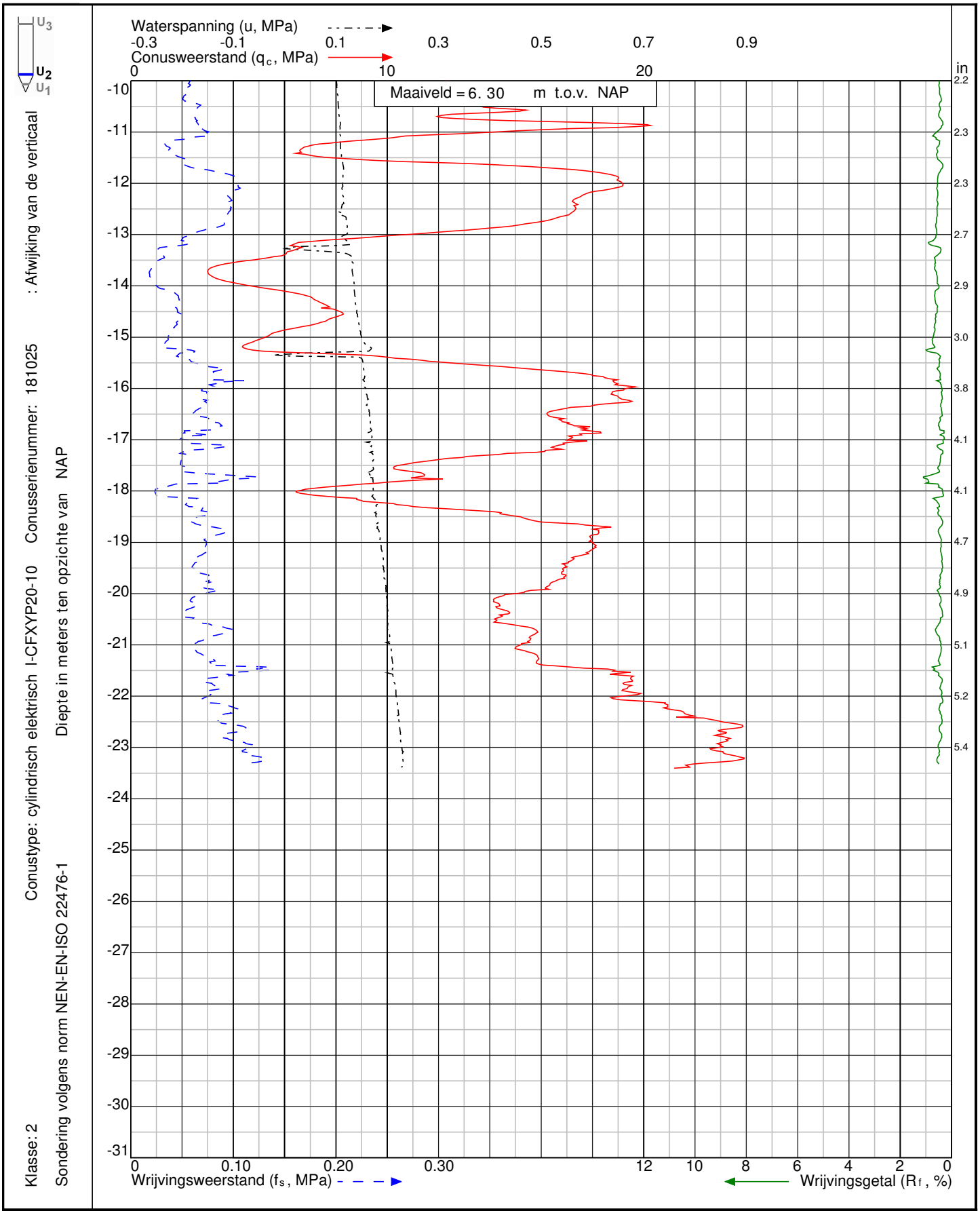
Conustype: cylindrisch elektrisch I-CFXX-T20-15 Conusserienummer: 181025

Klasse: 2 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1

: Afwijking van de verticaal

Project: HWBP-project Zwolle-Olst te Zwolle		Sondering: DKM53366C
Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	x = 203884 y = 498215	Opdr.nr: VN-73965-1
	Blad: 1 van 2	Datum: 12-9-2019

AKKOORD UITV



Conustype: cylindrisch elektrisch I-CFXYP20-10 Conusserienummer: 181025 : Afwijking van de verticaal

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Diepte in meters ten opzichte van NAP

Klasse: 2

Project: HWBP-project Zwolle-Olst
te Zwolle

Sondering:
DKMP53-39.60C

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 203884

y = 498215

Opdr.nr: VN-73965-1

Blad:2 van 2

Datum: 12-9-2019

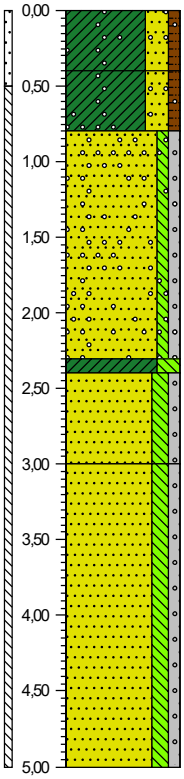
AKKOORD
UITV

Projectcode: VN-73965-1
Projectnaam: Zwolle-Olst

Boring: HB53-39.40C

X: 203768,77
Y: 498096,31
Datum: 12-9-2019

Boormeester: Arjen weijs
Z: 6,38



6,38 gras

Klei, stijf, sterk zandig, zwak humeus, sporen wortels, sporen grind, lichtbruin, Graven

5,98

Klei, stijf, sterk zandig, zwak humeus, zwak grindhoudend, resten wortels, lichtbruin, River

5,58

Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, matig grindhoudend, grijsbeige, River

4.08

Klei, vast, sterk siltig, resten planten, laagjes zand, grijsbruin, Edelmanboor

3,98

Zand, matig fijn, matig siltig, zwak grindig, brokken klei, grijsbruin, River

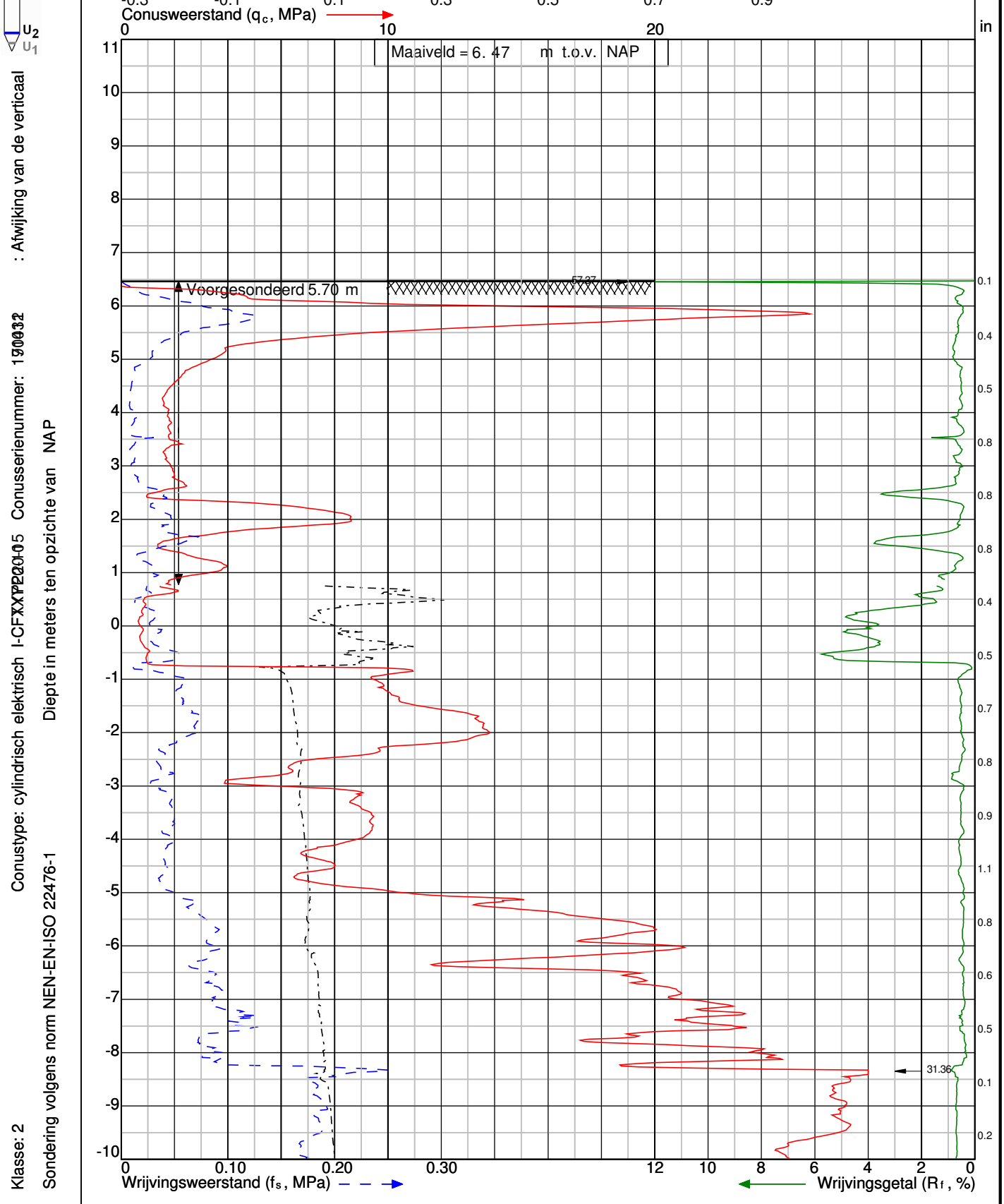
3,38

Zand, matig fijn, matig siltig, zwak grindig, neutraalgrijs, River

1,38

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

AKKOORD UITV



Project: HWBP-project Zwolle-Olst
te Zwolle

Sondering:
DKM[illegible]C

x = 204088

y = 497847

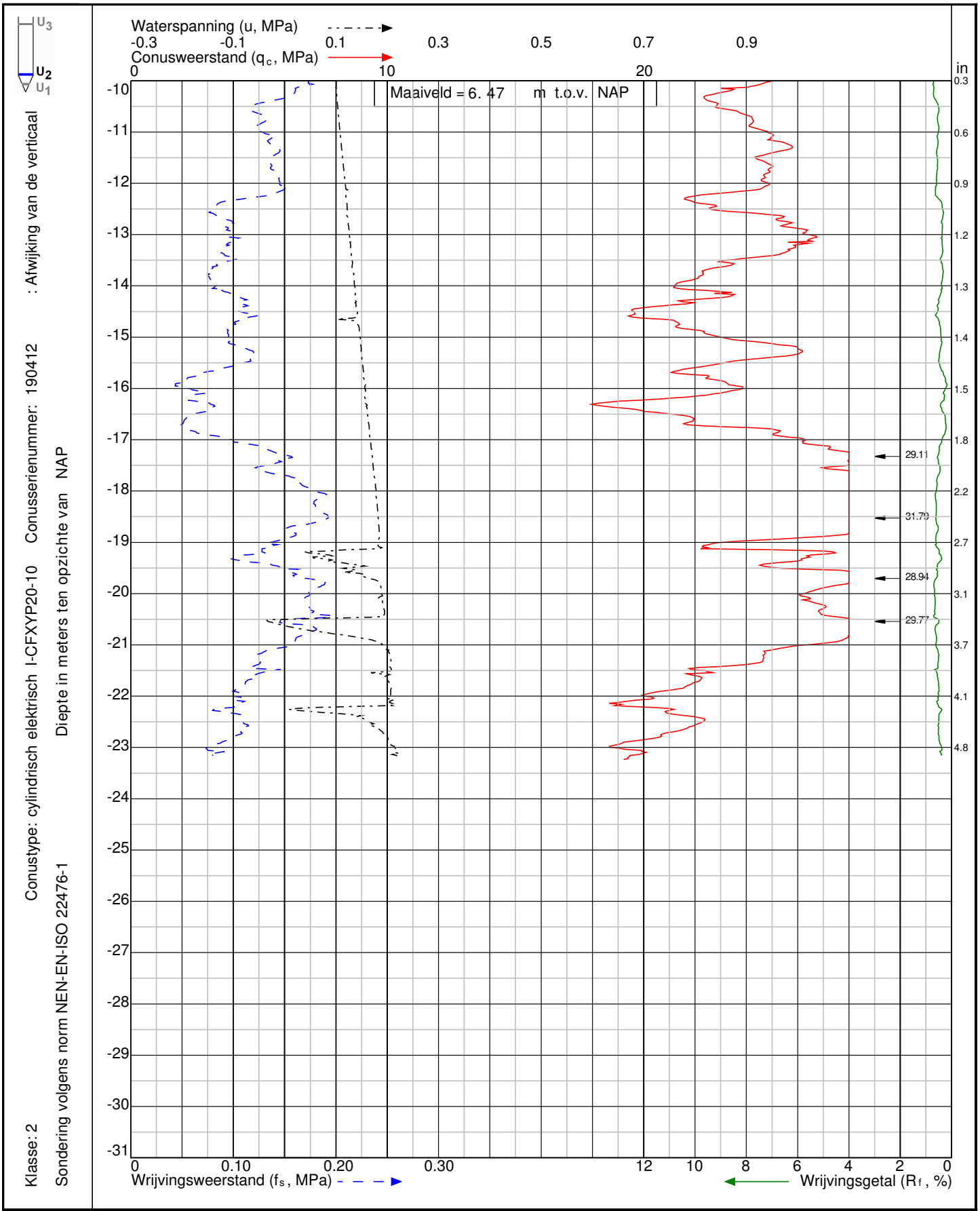
Opdr.nr: VN-73965-1

Blad: 11 van 21

Datum: 12-9-2019

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

AKKOORD
UITV



Project: HWBP-project Zwolle-Olst
te Zwolle

Sondering:
DKMP53-38.89C

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 204088

y = 497847

Opdr.nr: VN-73965-1

Blad:2 van 2

Datum: 12-9-2019

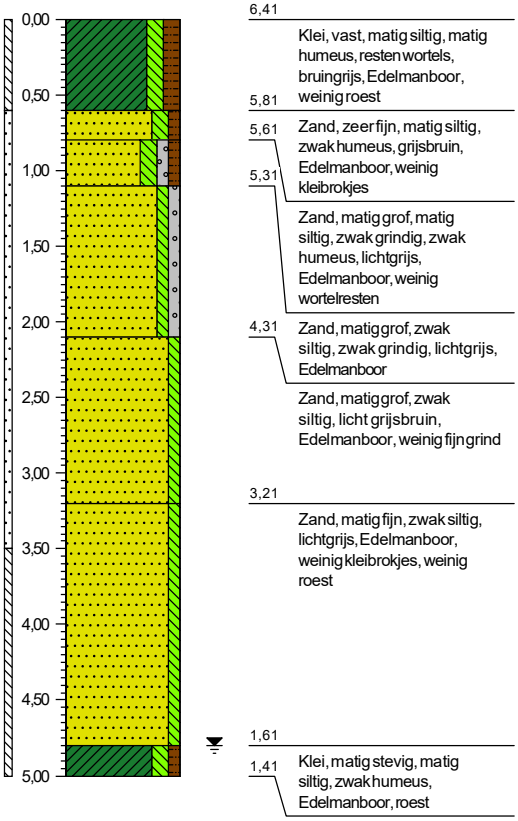
AKKOORD
UITV

Projectcode: VN-73965-1
Projectnaam: Zwolle-Olst

Boring: HB53-39.30C

X: 203817,66
Y: 498008,92
Datum: 12-9-2019
GWS: 480

Boormeester: Liekel Mellema
Z: 6,41



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

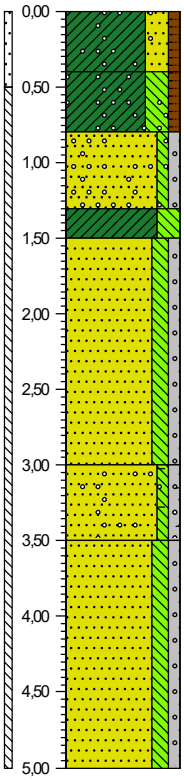
AKKOORD UITV

Projectcode: VN-73965-1
Projectnaam: Zwolle-Olst

Boring: HB53-39.20C

X: 203866,45
Y: 497923,81
Datum: 12-9-2019

Boormeester: Arjen weijs
Z: 6,41

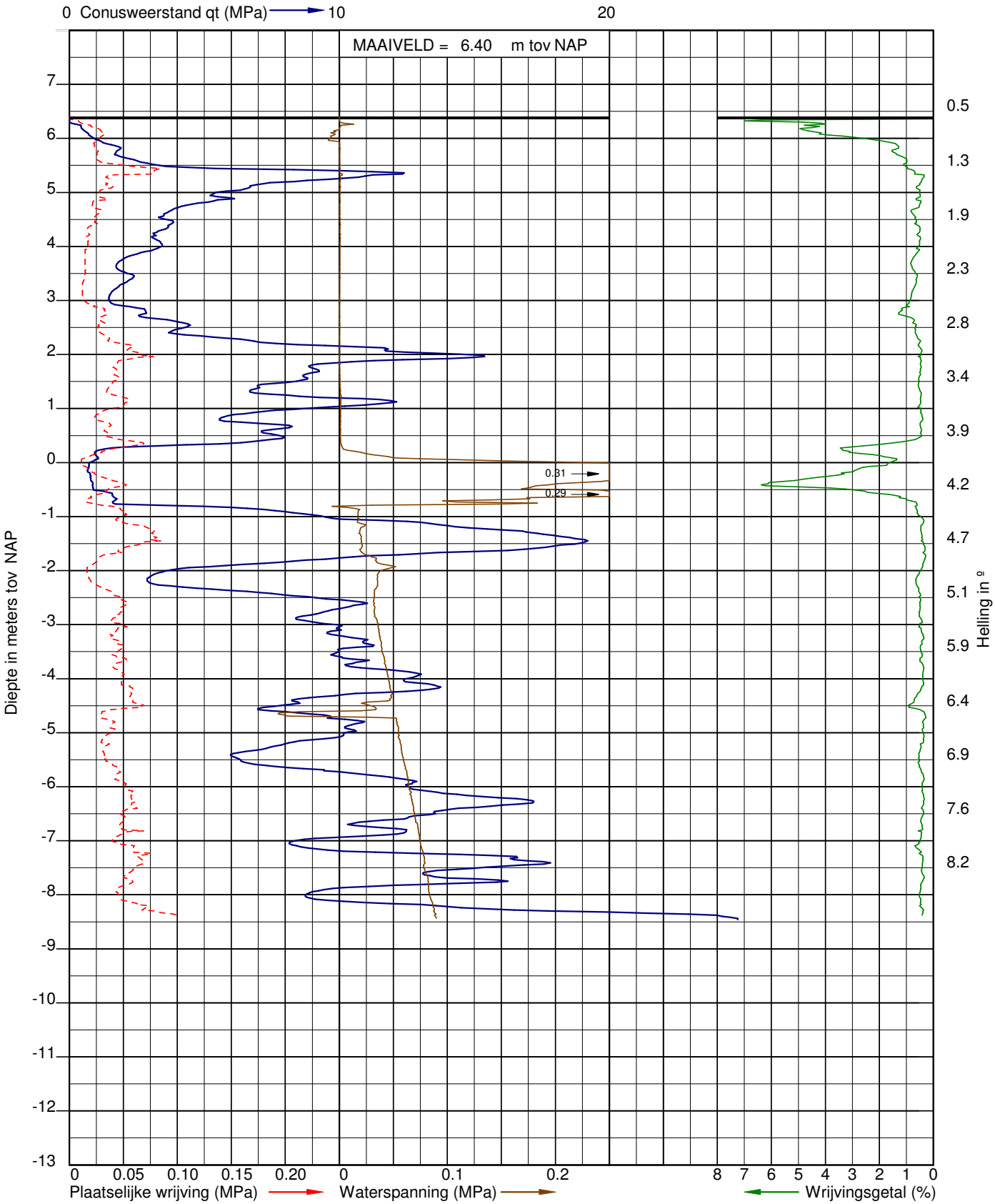


6,41	gras
	Klei, stijf, sterk zandig, zwak humeus, sporen wortels, sporen grind, lichtbruin, Graven
6,01	
5,61	Klei, stijf, sterk siltig, zwak humeus, zwak grindhoudend, resten wortels, lichtbruin, River
5,11	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, matig grindhoudend, grijsbruin, River
4,91	Klei, vast, sterk siltig, resten planten, donkerbruin, Edelmanboor
	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak grindig, brokken klei, grijsbruin, River
3,41	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig, zwak grindhoudend, resten baksteen, grijsbeige, River
2,91	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak grindig, neutraalgrijs, River
1,41	

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

AKKOORD UITV

Opdracht: 02P006593-01
Project: Grondonderzoek Zwolle-Olst-intern



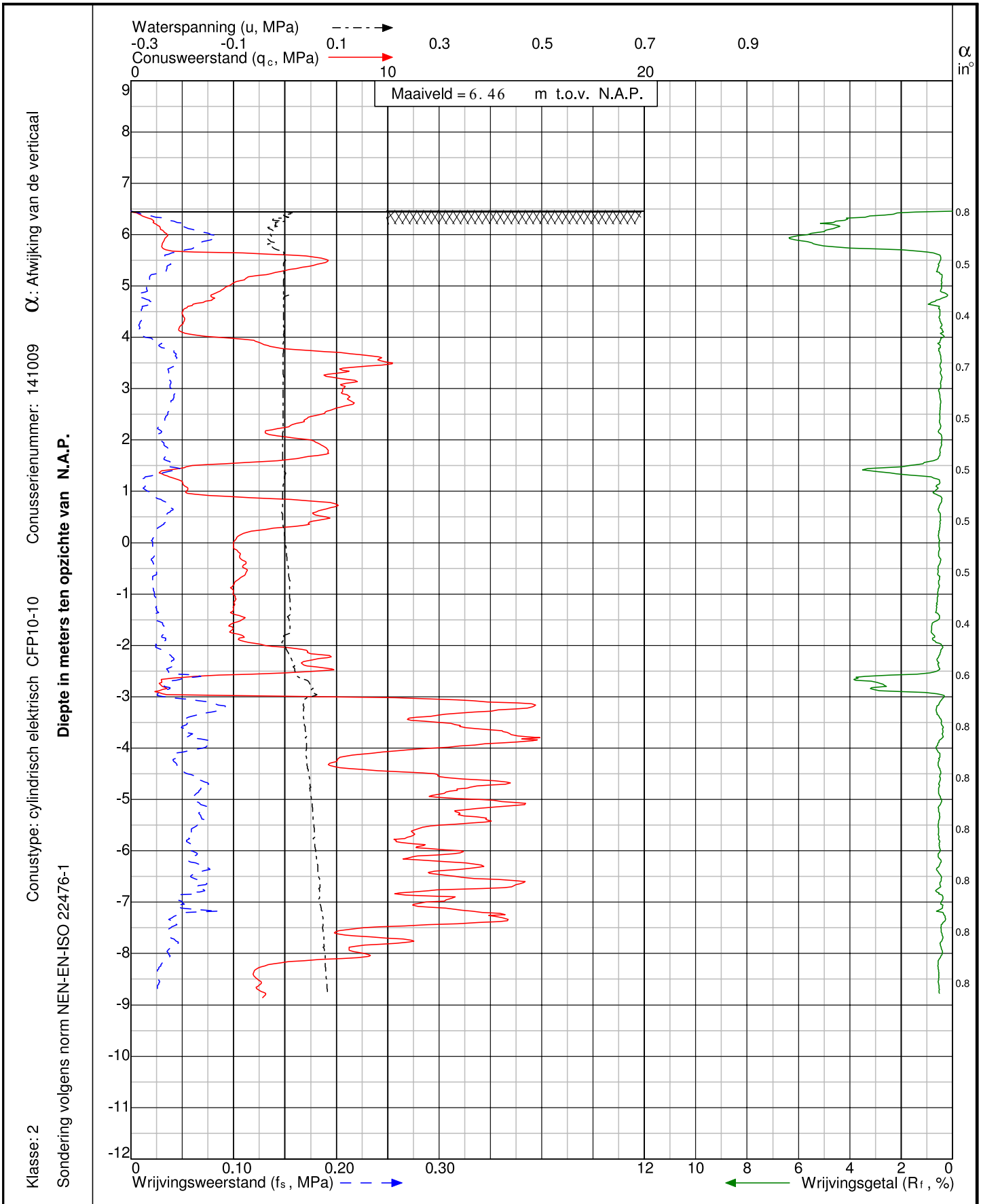
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2
Conusoppervlak cm^2
Conusnummer SUBP-10

Uitvoerder: Inpijn Blokpoel
Datum: 18-9-2015
GWS (m-mv): 6.3

X: 204331.30
Y: 497917.24

Sondering: S53Y-38.55C

INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau



Conustype: cylindrisch elektrisch CFP10-10 Conusserienummer: 141009 α: Afwijking van de verticaal

Klasse: 2 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 **Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.**

Project: Geotechnisch onderzoek Zwolle – Olst (locatie: Zwolle – Olst)
te **Zwolle**

Sondering: S53Y-39.3C

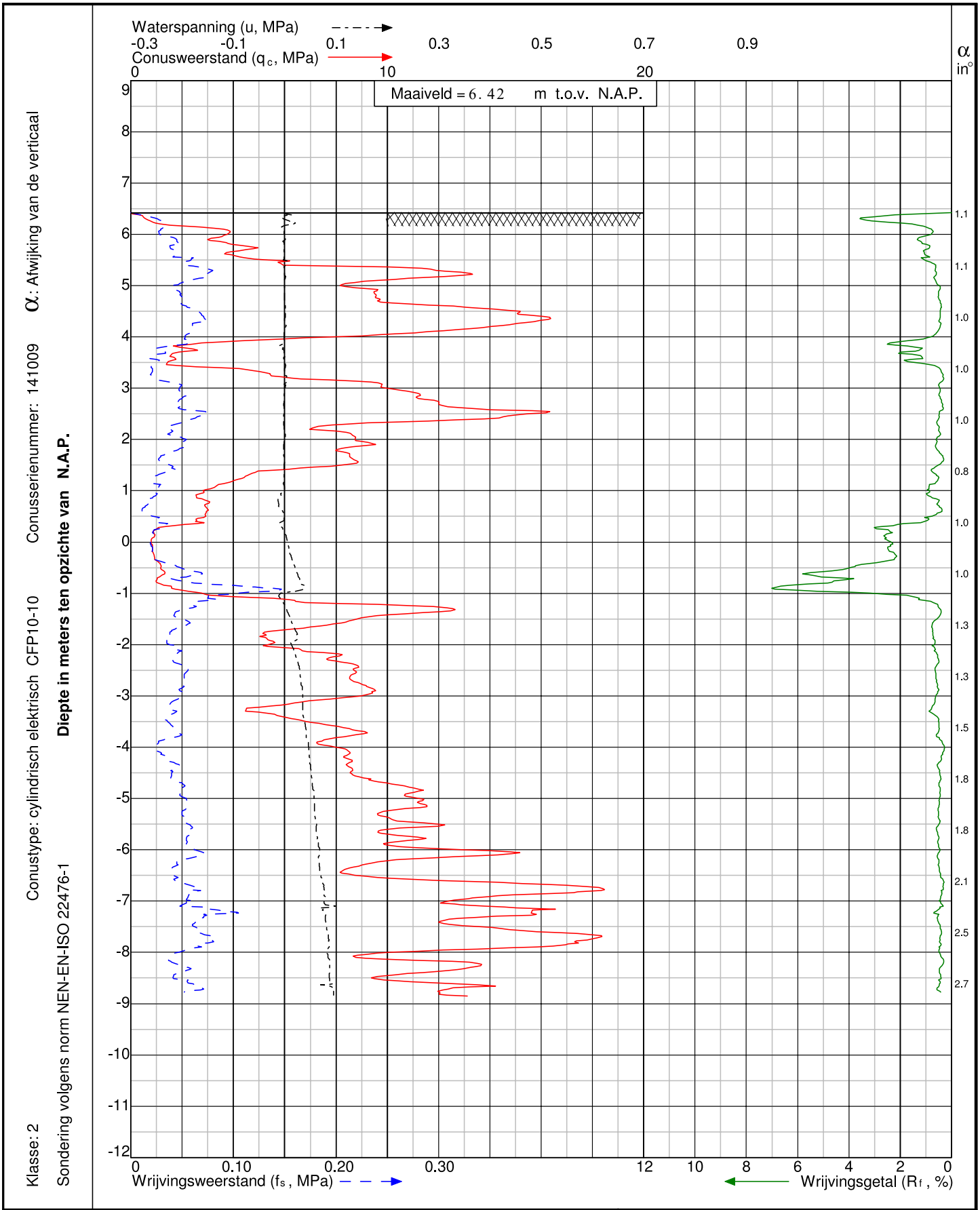
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 203829
y = 497989

Opdr.nr: VN-63376-1

Blad: 1 van 1

Datum: 24-9-2015



Conustype: cylindrisch elektrisch CFP10-10 Conusserienummer: 141009 α: Afwijking van de verticaal

Klasse: 2 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 **Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.**

Project: Geotechnisch onderzoek Zwolle – Olst (locatie: Zwolle – Olst)
te **Zwolle**

Sondering: S53Y-39.85C

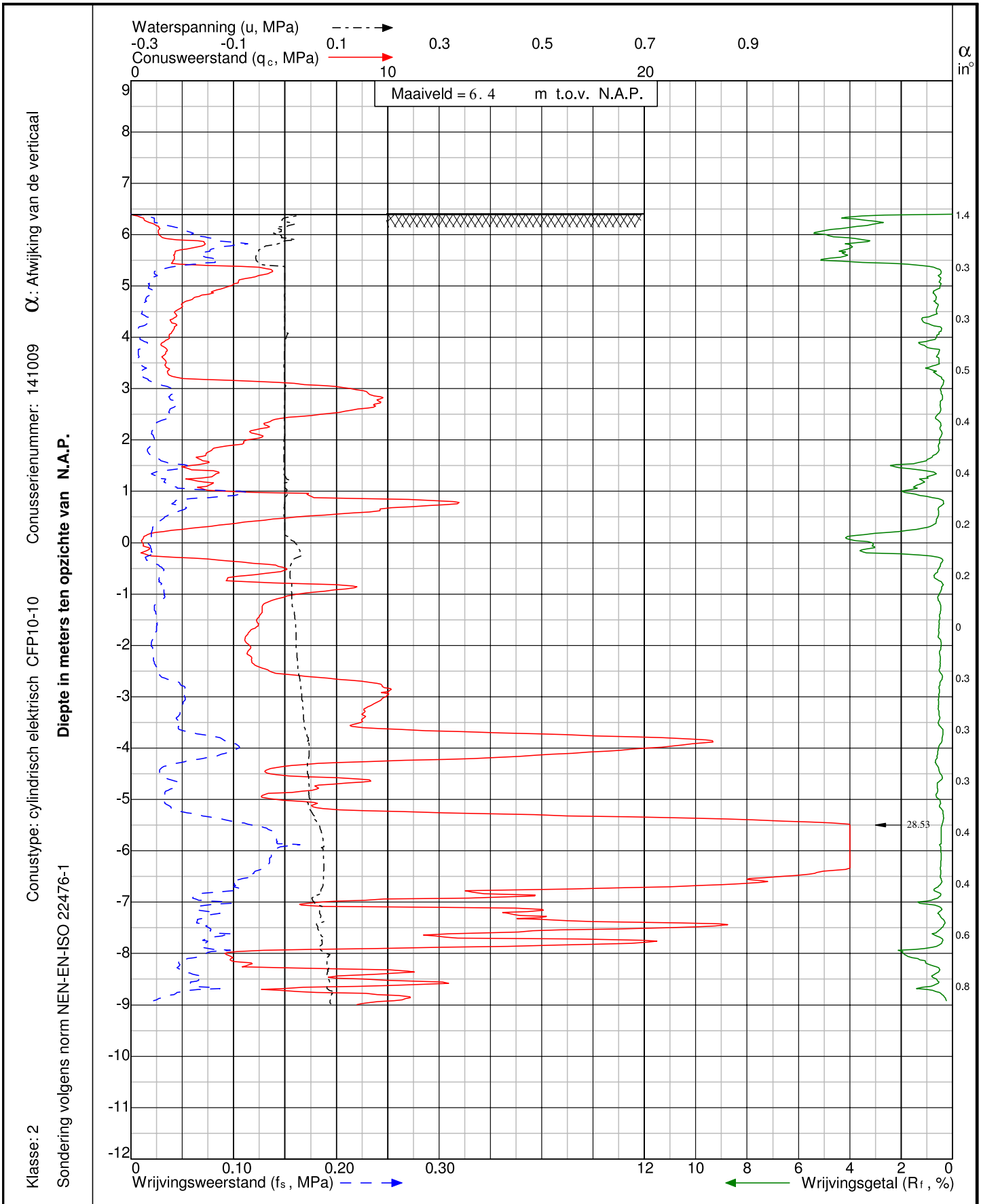
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 204000
y = 498360

Opdr.nr: VN-63376-1

Blad: 1 van 1

Datum: 24-9-2015



Conustype: cylindrisch elektrisch CFP10-10 Conusserienummer: 141009 α: Afwijking van de verticaal

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.

Klasse: 2 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1

Project: Geotechnisch onderzoek Zwolle – Olst (locatie: Zwolle – Olst)
te **Zwolle**

Sondering: S53Y-39.05C

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

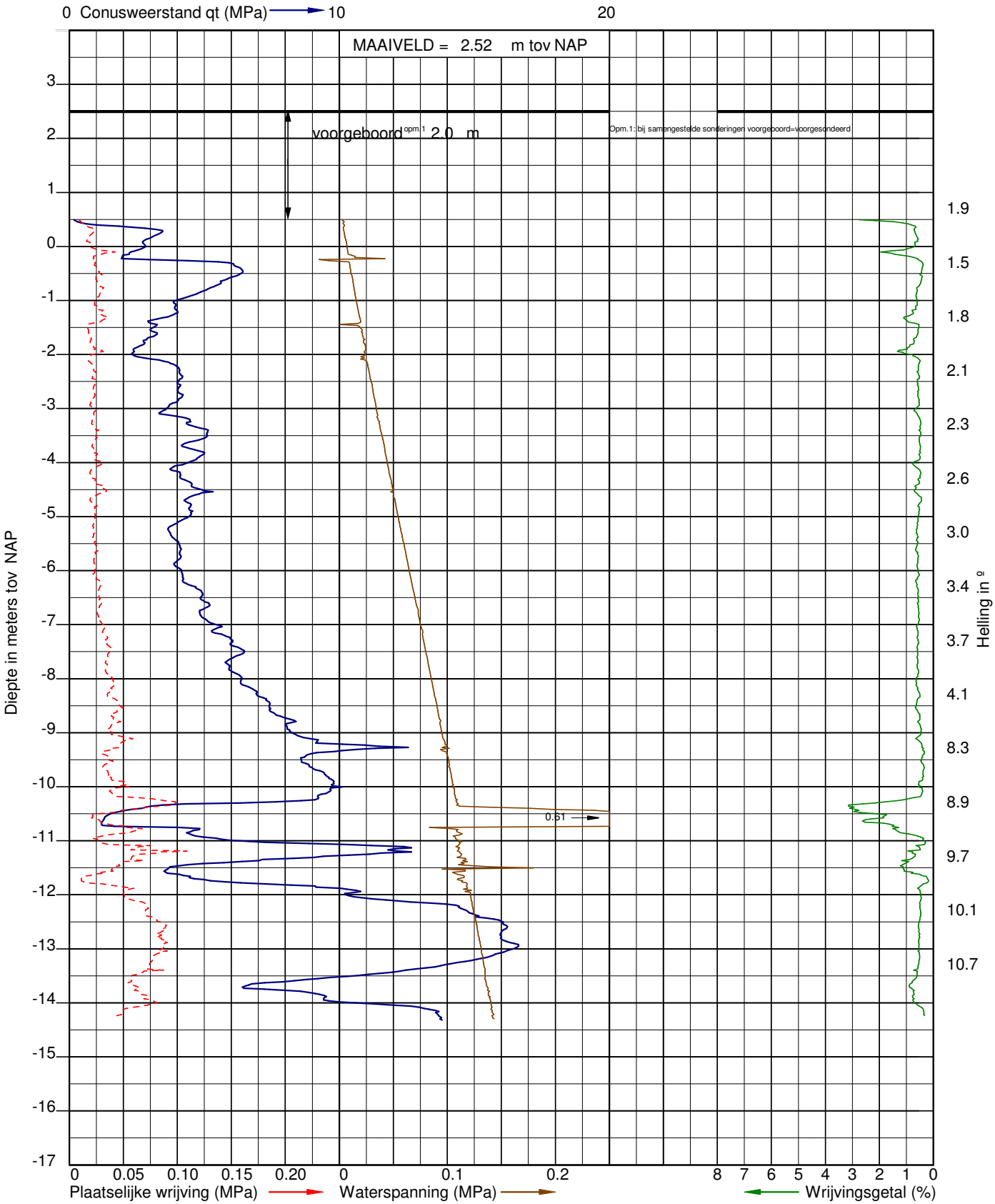
x = 203933
y = 497804

Opdr.nr: VN-63376-1

Blad: 1 van 1

Datum: 24-9-2015

Opdracht: 02P006593-01
Project: Grondonderzoek Zwolle-Olst-intern

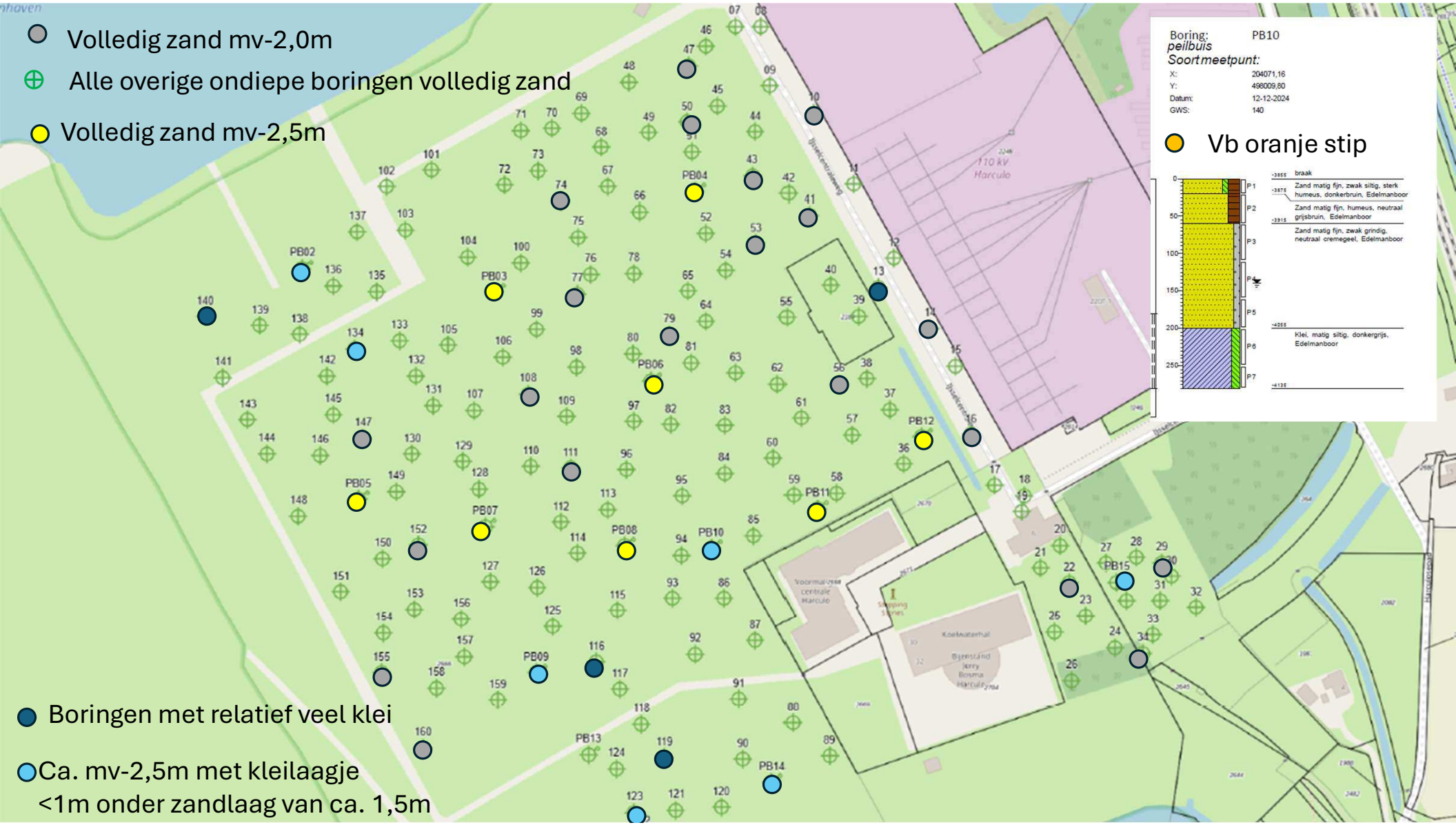


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2
Conusoppervlak 10 cm^2
Conusnummer SUBP-10

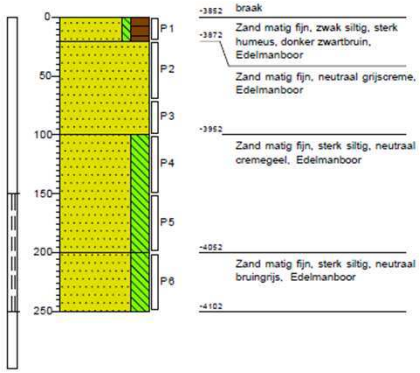
Uitvoerder: Inpijn Blokpoel
Datum: 9-10-2015
GWS (m-mv): 2.3

X: 204059.89
Y: 498362.87

Sondering: S53Y-39.85E

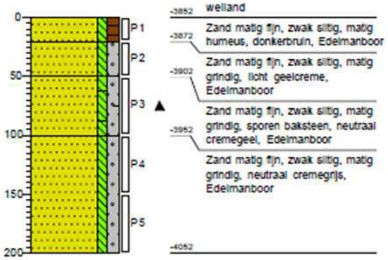

Volledig zand mv-2,0m
Alle overige ondiepe boringen volledig zand
Volledig zand mv-2,5m
Boringen met relatief veel klei
Ca. mv-2,5m met kleilaagje
<1m onder zandlaag van ca. 1,5m
Boring: PB10
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 204071,16
Y: 496009,80
Datum: 12-12-2024
GWS: 140
Vb oranje stip
braak
Zand matig fijn, zwak siltig, sterk humeus, donkerbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, humeus, neutraal grijsbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak grindig, neutraal cremegeel, Edelmanboor
Klei, matig siltig, donkergrijs, Edelmanboor
110 kV Harculo
PB02
PB03
PB04
PB05
PB06
PB07
PB08
PB09
PB10
PB11
PB12
PB13
PB14
PB15

Boring: PB04
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 204060,92
Y: 498193,39
Datum: 11-12-2024



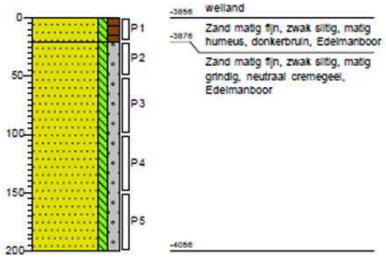
-3852 braak
-3872 Zand matig fijn, zwak siltig, sterk humeus, donker zwartbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, neutraal grijsoreme, Edelmanboor
-3962
Zand matig fijn, sterk siltig, neutraal cremegeel, Edelmanboor
-4052
Zand matig fijn, sterk siltig, neutraal bruingrijs, Edelmanboor
-4102

Boring: 43
boring
Soort meetpunt:
X: 204090,36
Y: 498201,86
Datum: 13-12-2024



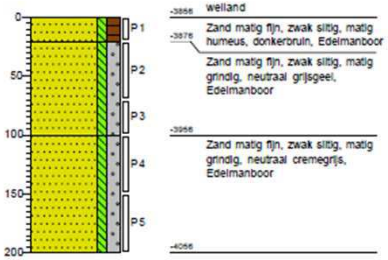
-3852 welland
-3872 Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak siltig, matig grindig, licht geelcreme, Edelmanboor
-3902
Zand matig fijn, zwak siltig, matig grindig, sporen baksteen, neutraal cremegeel, Edelmanboor
-3952
Zand matig fijn, zwak siltig, matig grindig, neutraal cremegrijs, Edelmanboor
-4052

Boring: 47
boring
Soort meetpunt:
X: 204057,07
Y: 498258,21
Datum: 13-12-2024



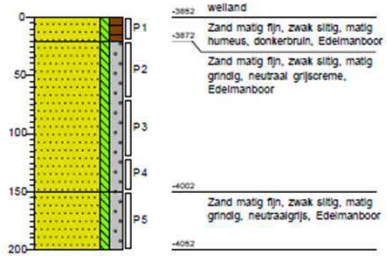
-3856 welland
-3876 Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak siltig, matig grindig, neutraal cremegeel, Edelmanboor
-4056

Boring: 74
boring
Soort meetpunt:
X: 203991,38
Y: 498188,03
Datum: 13-12-2024



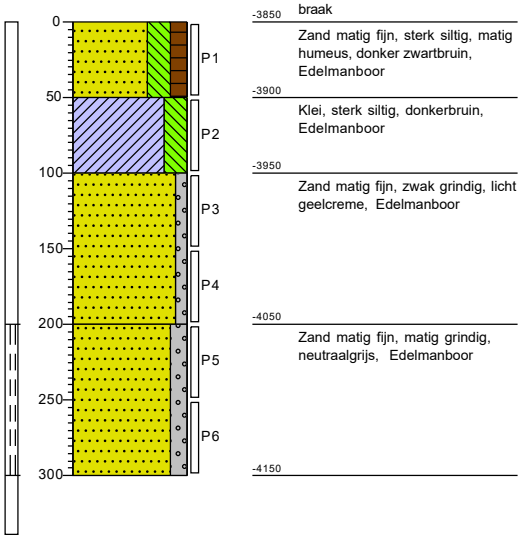
-3856 welland
-3876 Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak siltig, matig grindig, neutraal grijsgeel, Edelmanboor
-3956
Zand matig fijn, zwak siltig, matig grindig, neutraal cremegrijs, Edelmanboor
-4056

Boring: 50
boring
Soort meetpunt:
X: 204056,21
Y: 498229,32
Datum: 13-12-2024

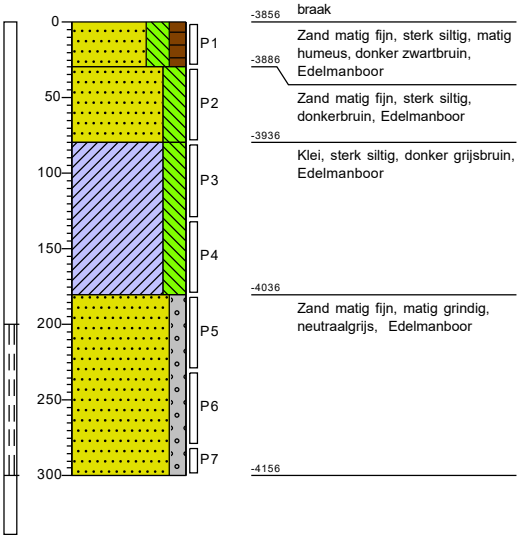


-3852 welland
-3872 Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak siltig, matig grindig, neutraal grijsoreme, Edelmanboor
-4002
Zand matig fijn, zwak siltig, matig grindig, neutraalgrijs, Edelmanboor
-4052

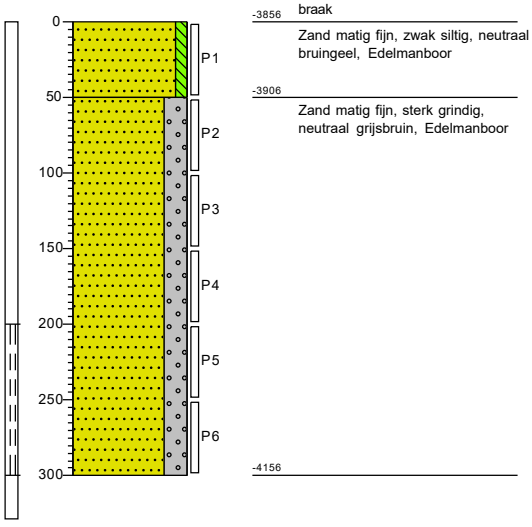
Boring: PB01
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 204075,68
Y: 498310,58
Datum: 11-12-2024



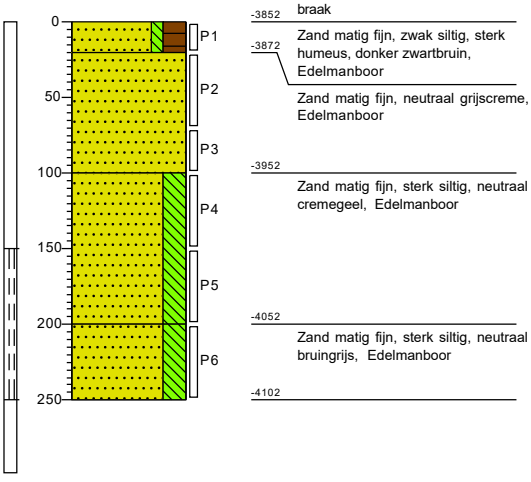
Boring: PB02
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 203857,94
Y: 498152,11
Datum: 11-12-2024



Boring: PB03
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 203957,57
Y: 498141,14
Datum: 11-12-2024



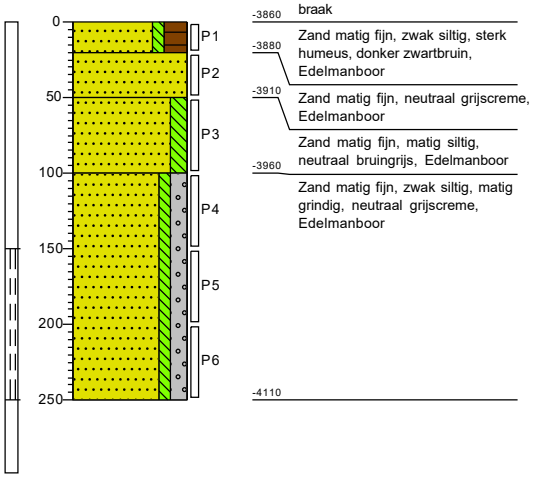
Boring: PB04
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 204060,92
Y: 498193,39
Datum: 11-12-2024



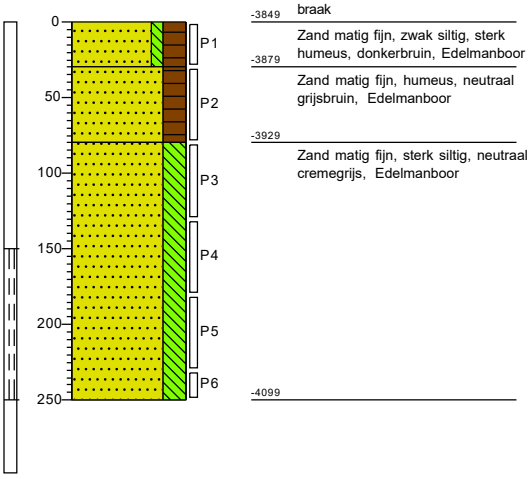
Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

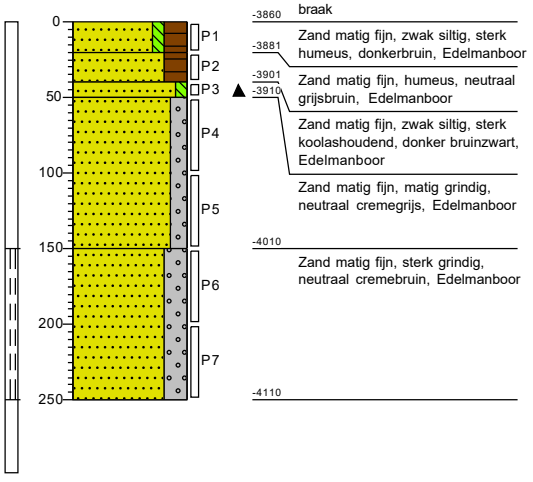
Boring: PB05
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 203888,17
Y: 498033,35
Datum: 11-12-2024



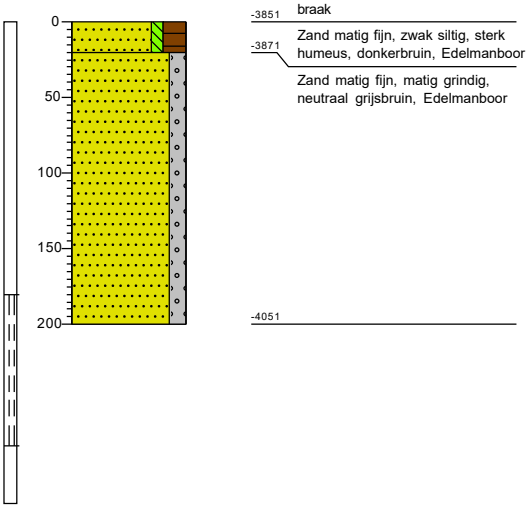
Boring: PB06
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 204038,96
Y: 498095,90
Datum: 11-12-2024



Boring: PB07
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 203954,01
Y: 498019,73
Datum: 11-12-2024



Boring: PB08
peilbuis
Soort meetpunt:
X: 204026,12
Y: 498010,69
Datum: 12-12-2024

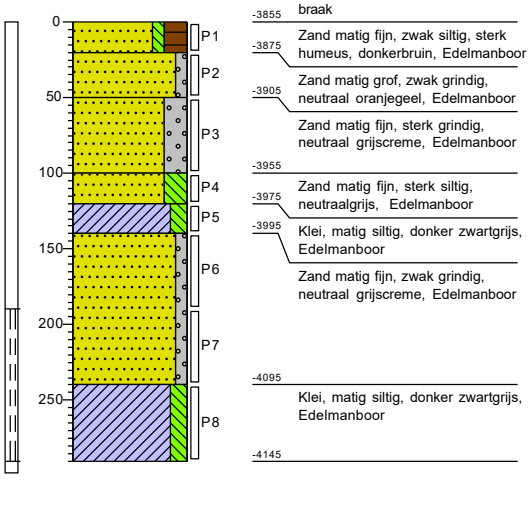


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

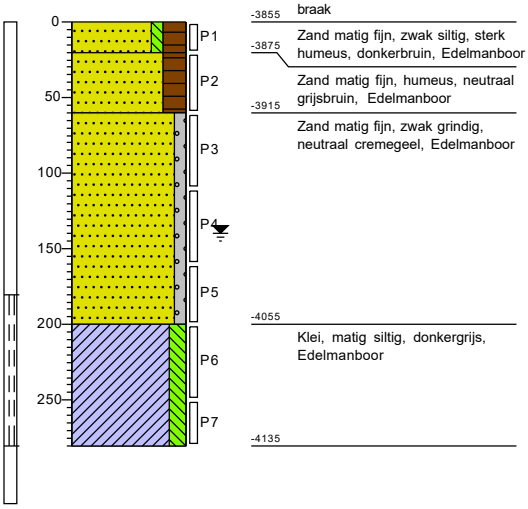
Boring: PB09
peilbuis
Soort meetpunt:

X: 203980,93
Y: 497944,47
Datum: 12-12-2024



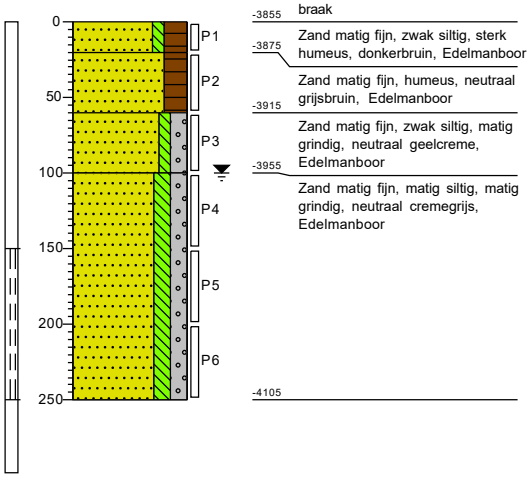
Boring: PB10
peilbuis
Soort meetpunt:

X: 204071,16
Y: 498009,80
Datum: 12-12-2024
GWS: 140



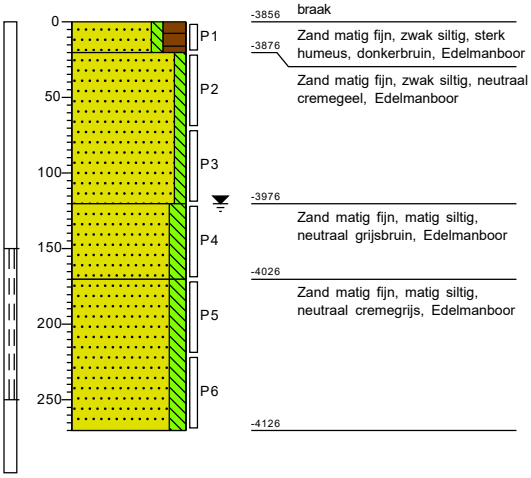
Boring: PB11
peilbuis
Soort meetpunt:

X: 204125,28
Y: 498030,92
Datum: 12-12-2024
GWS: 100



Boring: PB12
peilbuis
Soort meetpunt:

X: 204178,87
Y: 498068,31
Datum: 12-12-2024
GWS: 120

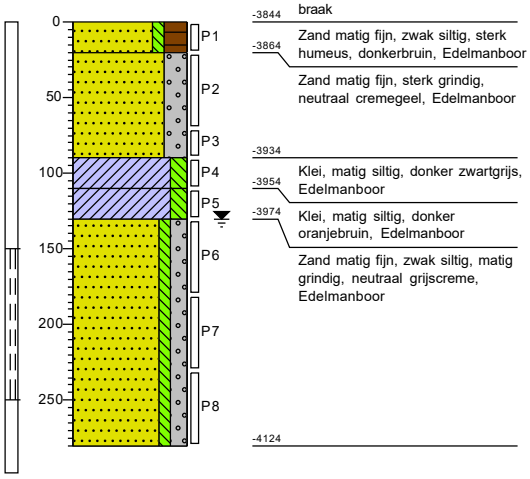


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

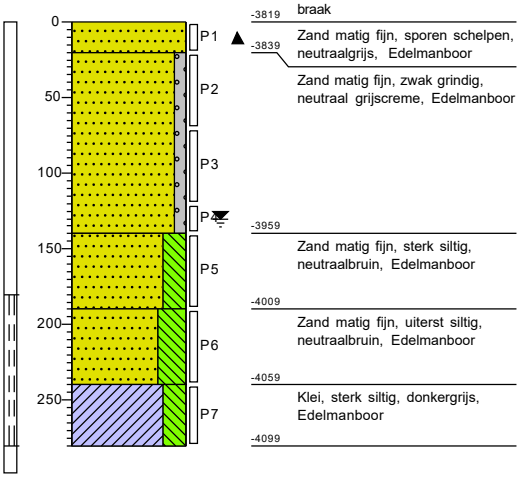
Boring: PB13
peilbuis
Soort meetpunt:

X:	204008,73
Y:	497902,62
Datum:	12-12-2024
GWS:	130



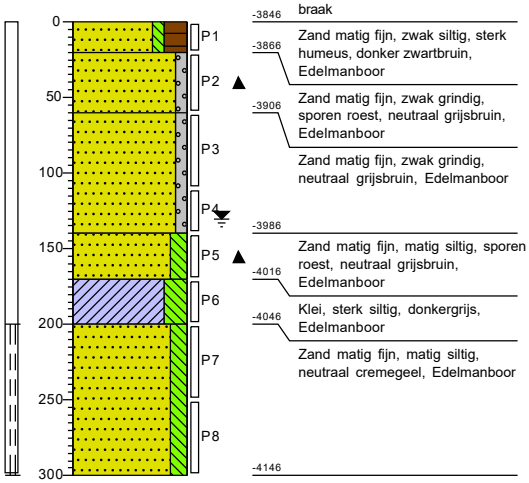
Boring: PB14
peilbuis
Soort meetpunt:

X:	204103,65
Y:	497889,44
Datum:	12-12-2024
GWS:	130



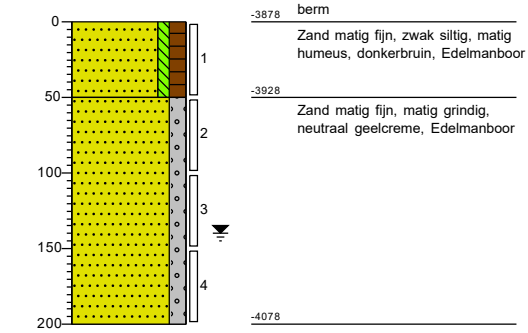
Boring: PB15
peilbuis
Soort meetpunt:

X:	204280,74
Y:	497994,29
Datum:	12-12-2024
GWS:	130



Boring: 01
boring
Soort meetpunt:

X:	204025,97
Y:	498452,50
Datum:	12-12-2024
GWS:	140

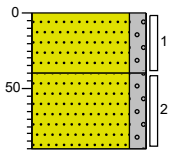


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

Boring: 02
boring
Soort meetpunt:

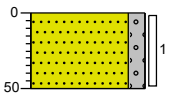
X: 204024,32
Y: 498426,11
Datum: 12-12-2024



-3865 berm
Zand matig fijn, matig grindig, neutraalbruin, Edelmanboor
-3905
Zand matig fijn, matig grindig, licht geelcreme, Edelmanboor
-3955

Boring: 03
boring
Soort meetpunt:

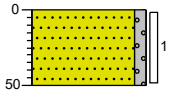
X: 204026,37
Y: 498406,96
Datum: 12-12-2024



-3861 berm
Zand matig fijn, matig grindig, sporen dakpan, neutraalbruin, Edelmanboor
-3911

Boring: 04
boring
Soort meetpunt:

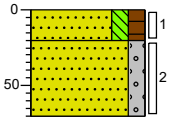
X: 204033,55
Y: 498374,09
Datum: 12-12-2024



-3834 braak
Zand matig fijn, zwak grindig, neutraal grijsbruin, Edelmanboor
-3884

Boring: 05
boring
Soort meetpunt:

X: 204048,57
Y: 498338,77
Datum: 12-12-2024



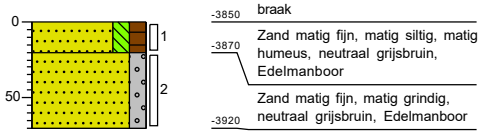
-3847 braak
-3867 Zand matig fijn, matig siltig, matig humeus, neutraal grijsbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, matig grindig, neutraal grijsbruin, Edelmanboor
-3917

Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

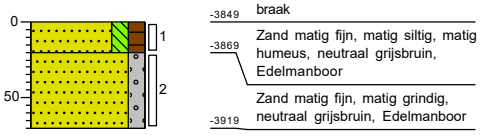
Boring: 06
boring
Soort meetpunt:

X: 204081,21
Y: 498330,17
Datum: 12-12-2024



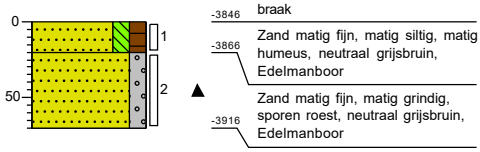
Boring: 07
boring
Soort meetpunt:

X: 204080,72
Y: 498278,82
Datum: 12-12-2024



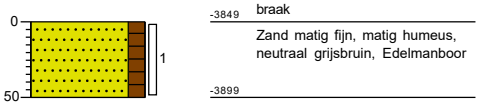
Boring: 08
boring
Soort meetpunt:

X: 204094,10
Y: 498278,71
Datum: 12-12-2024



Boring: 09
boring
Soort meetpunt:

X: 204099,17
Y: 498248,38
Datum: 12-12-2024

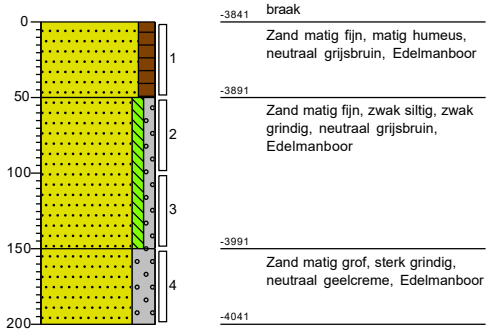


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

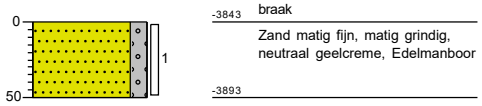
Boring: 10
boring
Soort meetpunt:

X: 204121,20
Y: 498234,23
Datum: 12-12-2024



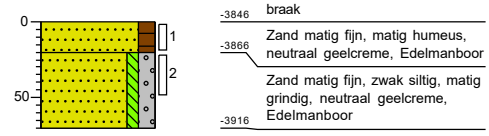
Boring: 11
boring
Soort meetpunt:

X: 204142,18
Y: 498197,98
Datum: 12-12-2024



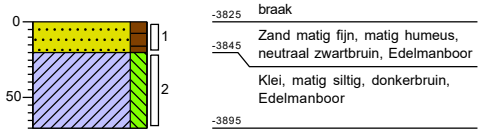
Boring: 12
boring
Soort meetpunt:

X: 204163,55
Y: 498160,47
Datum: 12-12-2024



Boring: 13
boring
Soort meetpunt:

X: 204155,54
Y: 498145,42
Datum: 12-12-2024

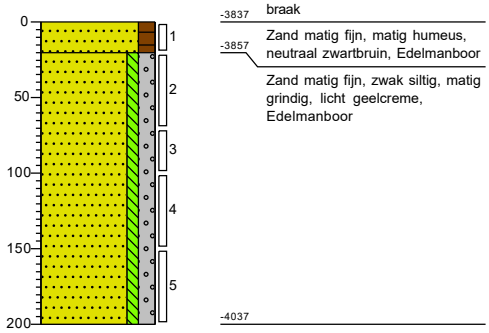


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

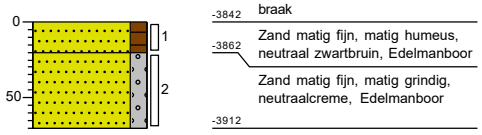
Boring: 14
boring
Soort meetpunt:

X: 204182,55
Y: 498124,60
Datum: 12-12-2024



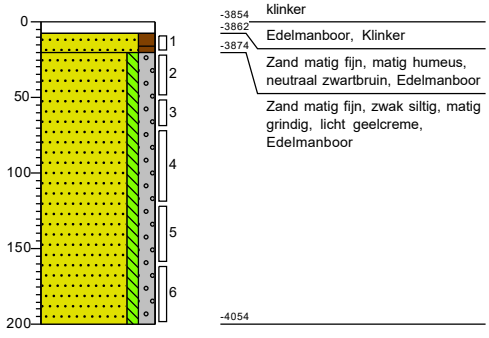
Boring: 15
boring
Soort meetpunt:

X: 204195,89
Y: 498105,11
Datum: 12-12-2024



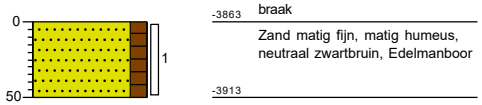
Boring: 16
boring
Soort meetpunt:

X: 204204,33
Y: 498069,91
Datum: 12-12-2024



Boring: 17
boring
Soort meetpunt:

X: 204217,04
Y: 498043,78
Datum: 12-12-2024

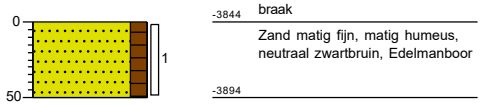


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

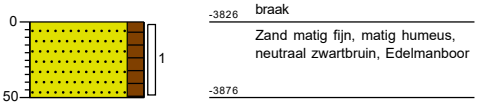
Boring: 18
boring
Soort meetpunt:

X: 204232,34
Y: 498038,76
Datum: 12-12-2024



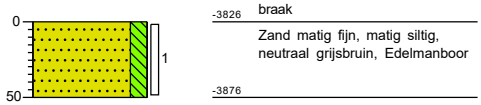
Boring: 19
boring
Soort meetpunt:

X: 204230,92
Y: 498030,40
Datum: 12-12-2024



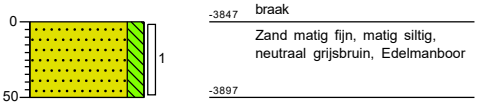
Boring: 20
boring
Soort meetpunt:

X: 204250,96
Y: 498013,06
Datum: 12-12-2024



Boring: 21
boring
Soort meetpunt:

X: 204240,95
Y: 498001,41
Datum: 12-12-2024

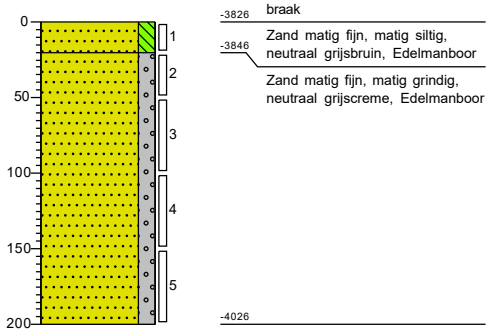


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

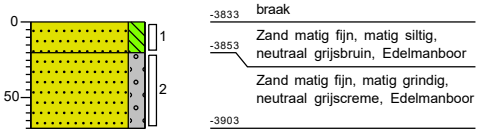
Boring: 22
boring
Soort meetpunt:

X: 204256,04
Y: 497993,86
Datum: 12-12-2024



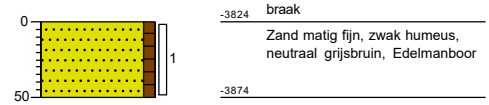
Boring: 23
boring
Soort meetpunt:

X: 204264,78
Y: 497976,86
Datum: 12-12-2024



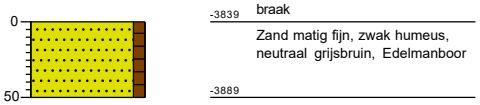
Boring: 24
boring
Soort meetpunt:

X: 204280,02
Y: 497960,54
Datum: 12-12-2024



Boring: 25
boring
Soort meetpunt:

X: 204248,65
Y: 497968,19
Datum: 12-12-2024

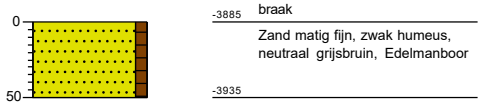


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

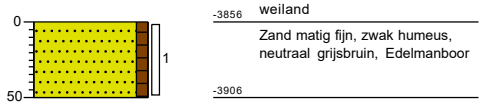
Boring: 26
boring
Soort meetpunt:

X: 204257,65
Y: 497943,28
Datum: 12-12-2024



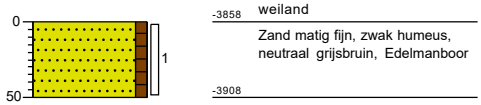
Boring: 27
boring
Soort meetpunt:

X: 204275,09
Y: 498004,19
Datum: 12-12-2024



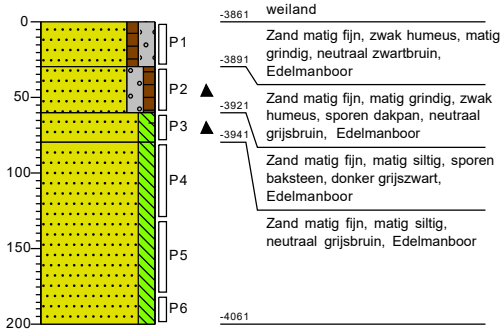
Boring: 28
boring
Soort meetpunt:

X: 204290,57
Y: 498007,30
Datum: 12-12-2024



Boring: 29
boring
Soort meetpunt:

X: 204303,88
Y: 498004,77
Datum: 12-12-2024

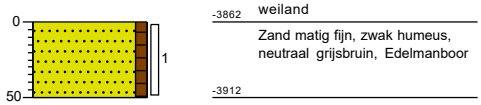


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

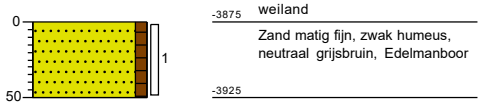
Boring: 30
boring
Soort meetpunt:

X: 204309,15
Y: 497997,82
Datum: 12-12-2024



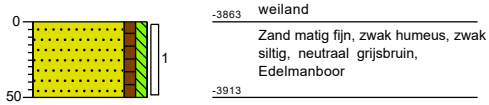
Boring: 31
boring
Soort meetpunt:

X: 204303,33
Y: 497984,98
Datum: 12-12-2024



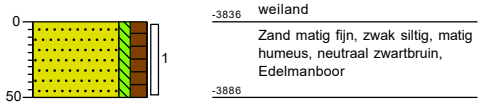
Boring: 32
boring
Soort meetpunt:

X: 204321,84
Y: 497981,86
Datum: 12-12-2024



Boring: 33
boring
Soort meetpunt:

X: 204299,35
Y: 497967,25
Datum: 12-12-2024

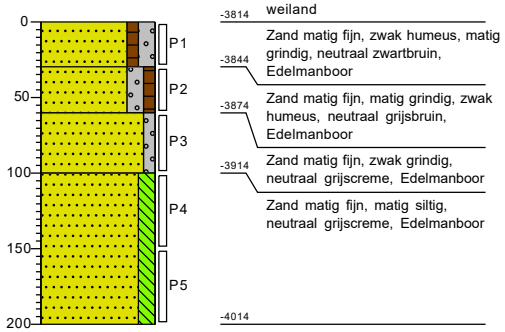


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

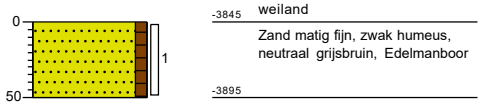
Boring: 34
boring
Soort meetpunt:

X: 204294,48
Y: 497957,53
Datum: 12-12-2024



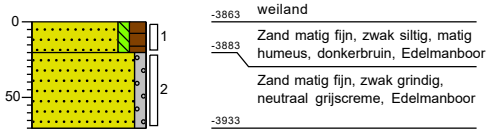
Boring: 35
boring
Soort meetpunt:

X: 204285,90
Y: 497985,10
Datum: 12-12-2024



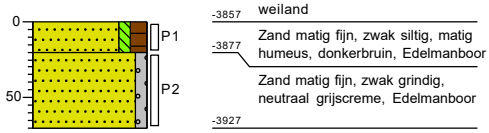
Boring: 36
boring
Soort meetpunt:

X: 204169,62
Y: 498054,25
Datum: 13-12-2024



Boring: 37
boring
Soort meetpunt:

X: 204162,12
Y: 498082,41
Datum: 13-12-2024

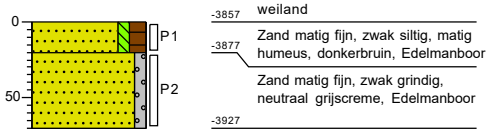


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

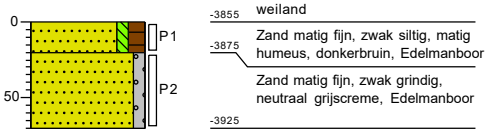
Boring: 38
boring
Soort meetpunt:

X: 204149,94
Y: 498098,21
Datum: 13-12-2024



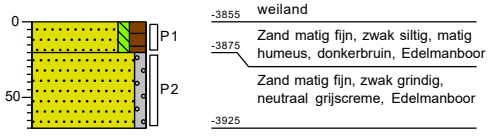
Boring: 39
boring
Soort meetpunt:

X: 204145,56
Y: 498130,41
Datum: 13-12-2024



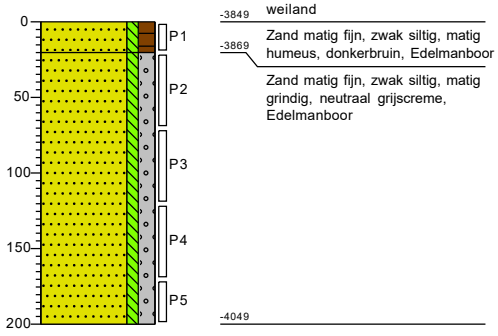
Boring: 40
boring
Soort meetpunt:

X: 204130,88
Y: 498146,18
Datum: 13-12-2024



Boring: 41
boring
Soort meetpunt:

X: 204119,46
Y: 498182,03
Datum: 13-12-2024

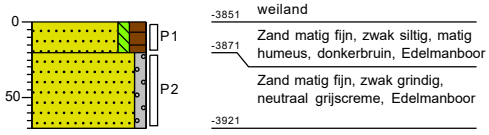


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

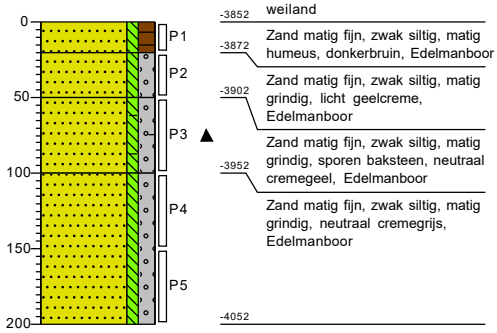
Boring: 42
boring
Soort meetpunt:

X: 204108,82
Y: 498193,03
Datum: 13-12-2024



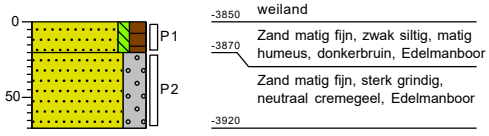
Boring: 43
boring
Soort meetpunt:

X: 204090,36
Y: 498201,86
Datum: 13-12-2024



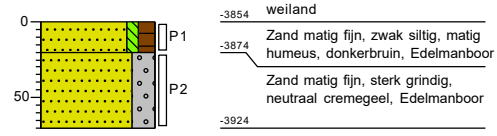
Boring: 44
boring
Soort meetpunt:

X: 204091,57
Y: 498224,50
Datum: 13-12-2024



Boring: 45
boring
Soort meetpunt:

X: 204071,88
Y: 498237,70
Datum: 13-12-2024

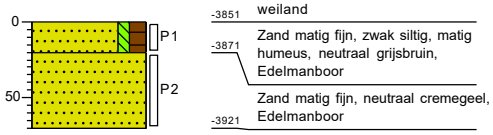


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

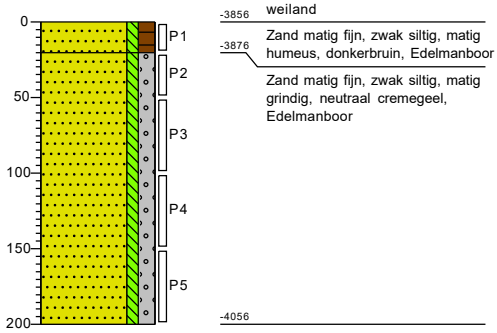
Boring: 46
boring
Soort meetpunt:

X: 204065,87
Y: 498268,48
Datum: 13-12-2024



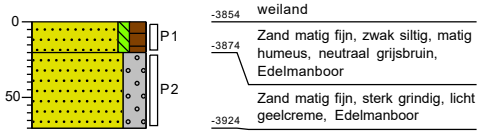
Boring: 47
boring
Soort meetpunt:

X: 204057,07
Y: 498258,21
Datum: 13-12-2024



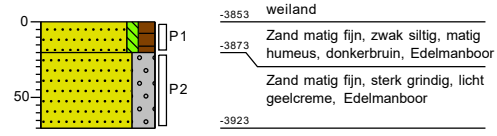
Boring: 48
boring
Soort meetpunt:

X: 204025,99
Y: 498249,46
Datum: 13-12-2024



Boring: 49
boring
Soort meetpunt:

X: 204036,38
Y: 498223,60
Datum: 13-12-2024

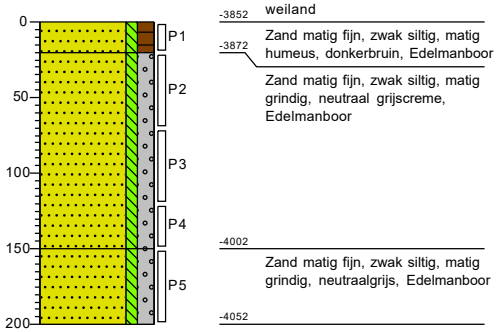


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

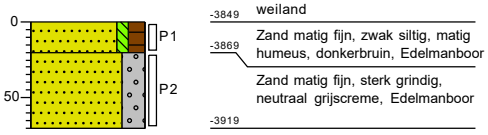
Boring: 50
boring
Soort meetpunt:

X: 204056,21
Y: 498229,32
Datum: 13-12-2024



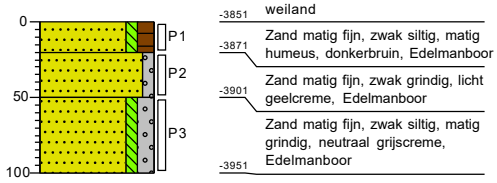
Boring: 51
boring
Soort meetpunt:

X: 204058,90
Y: 498213,75
Datum: 13-12-2024



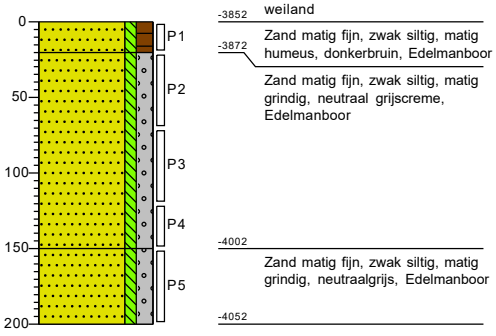
Boring: 52
boring
Soort meetpunt:

X: 204066,85
Y: 498172,35
Datum: 13-12-2024



Boring: 53
boring
Soort meetpunt:

X: 204092,51
Y: 498167,44
Datum: 13-12-2024

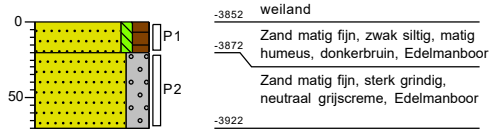


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

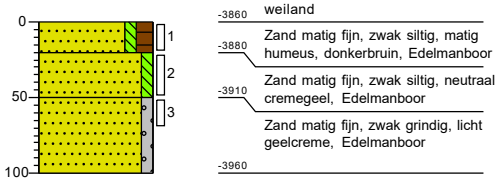
Boring: 54
boring
Soort meetpunt:

X: 204077,12
Y: 498153,53
Datum: 13-12-2024



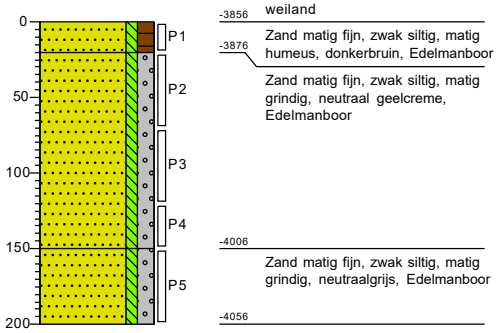
Boring: 55
boring
Soort meetpunt:

X: 204108,49
Y: 498129,37
Datum: 13-12-2024



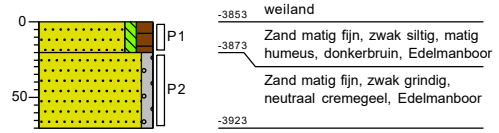
Boring: 56
boring
Soort meetpunt:

X: 204135,83
Y: 498095,34
Datum: 13-12-2024



Boring: 57
boring
Soort meetpunt:

X: 204142,97
Y: 498068,98
Datum: 13-12-2024

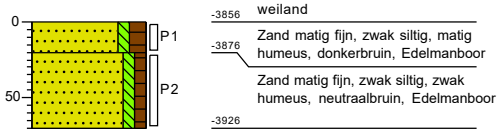


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

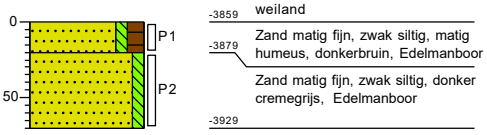
Boring: 58
boring
Soort meetpunt:

X: 204135,12
Y: 498038,98
Datum: 13-12-2024



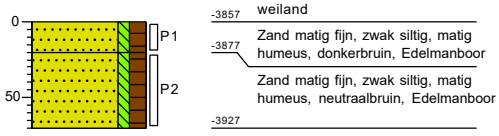
Boring: 59
boring
Soort meetpunt:

X: 204113,20
Y: 498037,70
Datum: 13-12-2024



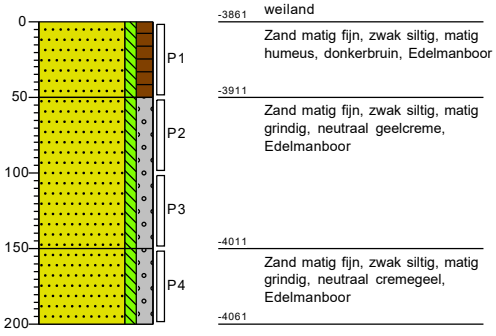
Boring: 60
boring
Soort meetpunt:

X: 204102,44
Y: 498056,59
Datum: 13-12-2024



Boring: 61
boring
Soort meetpunt:

X: 204116,54
Y: 498077,42
Datum: 13-12-2024

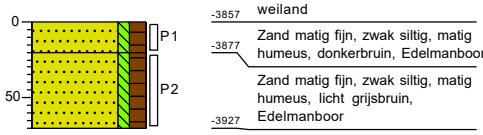


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

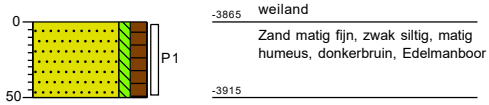
Boring: 62
boring
Soort meetpunt:

X: 204104,51
Y: 498094,86
Datum: 13-12-2024



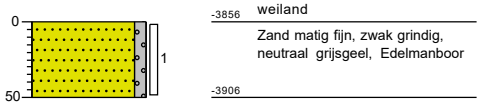
Boring: 63
boring
Soort meetpunt:

X: 204082,54
Y: 498100,50
Datum: 13-12-2024



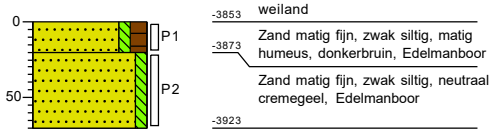
Boring: 64
boring
Soort meetpunt:

X: 204067,32
Y: 498127,09
Datum: 13-12-2024



Boring: 65
boring
Soort meetpunt:

X: 204057,54
Y: 498142,59
Datum: 13-12-2024

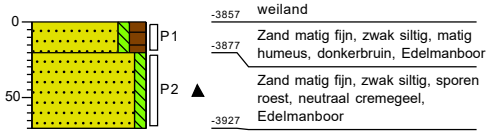


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

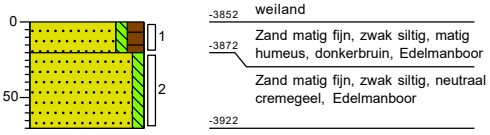
Boring: 66
boring
Soort meetpunt:

X: 204032,09
Y: 498182,79
Datum: 13-12-2024



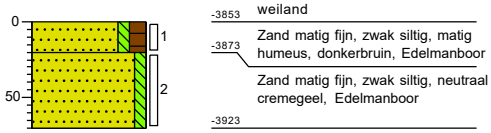
Boring: 67
boring
Soort meetpunt:

X: 204015,41
Y: 498195,63
Datum: 13-12-2024



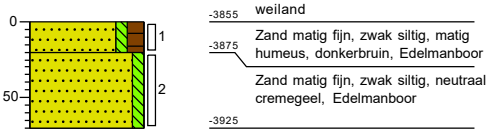
Boring: 68
boring
Soort meetpunt:

X: 204012,10
Y: 498215,64
Datum: 13-12-2024



Boring: 69
boring
Soort meetpunt:

X: 204001,44
Y: 498233,06
Datum: 13-12-2024

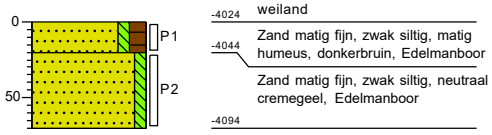


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

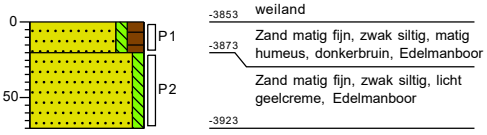
Boring: 70
boring
Soort meetpunt:

X: 203986,42
Y: 498225,16
Datum: 13-12-2024



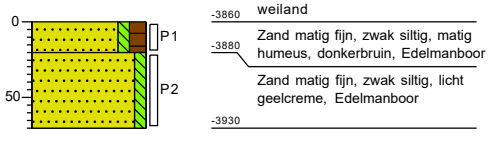
Boring: 71
boring
Soort meetpunt:

X: 203970,22
Y: 498223,83
Datum: 13-12-2024



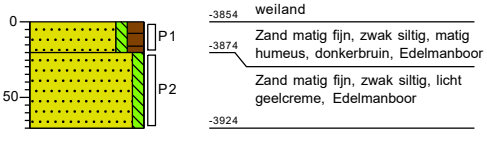
Boring: 72
boring
Soort meetpunt:

X: 203961,97
Y: 498195,79
Datum: 13-12-2024



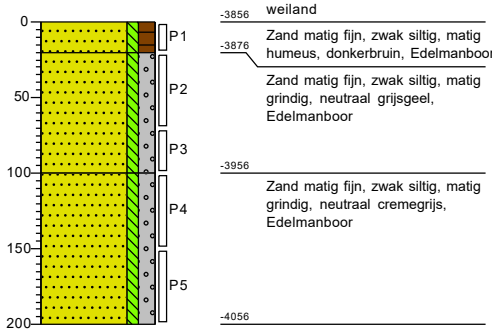
Boring: 73
boring
Soort meetpunt:

X: 203979,61
Y: 498203,33
Datum: 13-12-2024



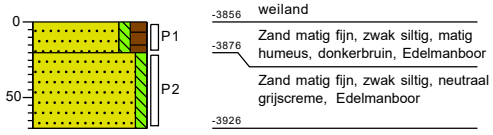
Boring: 74
boring
Soort meetpunt:

X: 203991,38
Y: 498188,03
Datum: 13-12-2024



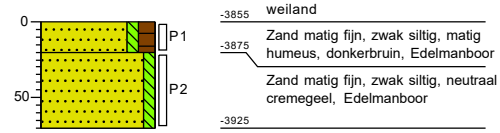
Boring: 75
boring
Soort meetpunt:

X: 204000,45
Y: 498169,65
Datum: 13-12-2024



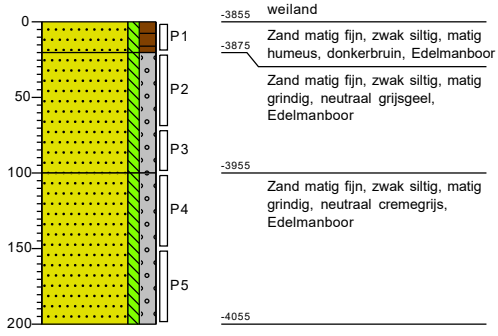
Boring: 76
boring
Soort meetpunt:

X: 204007,25
Y: 498150,68
Datum: 13-12-2024



Boring: 77
boring
Soort meetpunt:

X: 204000,25
Y: 498140,49
Datum: 13-12-2024



Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

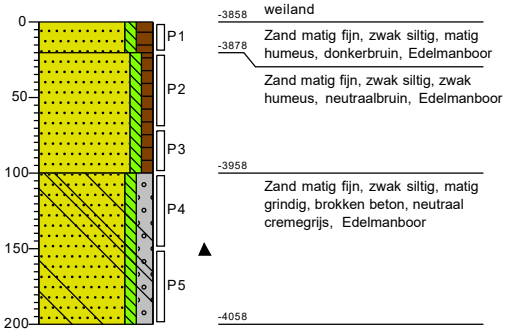
Boring: 78
boring
Soort meetpunt:

X: 204029,54
Y: 498151,34
Datum: 13-12-2024



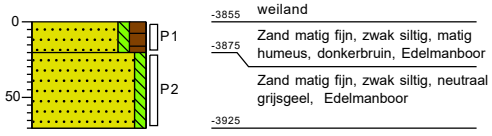
Boring: 79
boring
Soort meetpunt:

X: 204048,14
Y: 498119,73
Datum: 13-12-2024



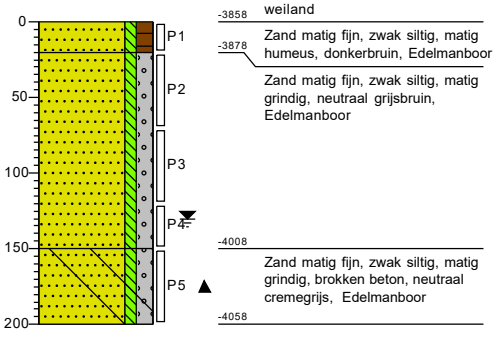
Boring: 80
boring
Soort meetpunt:

X: 204029,42
Y: 498109,82
Datum: 13-12-2024



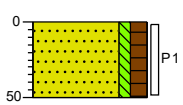
Boring: 81
boring
Soort meetpunt:

X: 204059,74
Y: 498105,55
Datum: 13-12-2024
GWS: 130



Boring: 82
boring
Soort meetpunt:

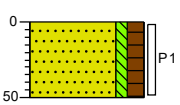
X: 204049,62
Y: 498073,44
Datum: 13-12-2024



-3860 weiland
Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
-3910

Boring: 83
boring
Soort meetpunt:

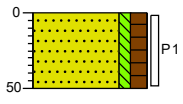
X: 204077,36
Y: 498073,37
Datum: 13-12-2024



-3853 weiland
Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
-3903

Boring: 84
boring
Soort meetpunt:

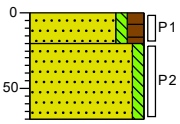
X: 204077,50
Y: 498048,59
Datum: 13-12-2024



-3857 weiland
Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
-3907

Boring: 85
boring
Soort meetpunt:

X: 204093,01
Y: 498016,52
Datum: 13-12-2024



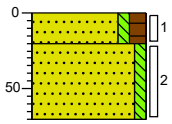
-3857 weiland
Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
-3877
Zand matig fijn, zwak siltig, neutraal grijsgeel, Edelmanboor
-3927

Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

Boring: 86
boring
Soort meetpunt:

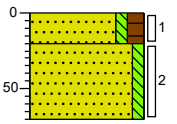
X: 204078,01
Y: 497983,95
Datum: 16-12-2024



-3857 weiland
-3877 Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak siltig, neutraal grijsgeel, Edelmanboor
-3927

Boring: 87
boring
Soort meetpunt:

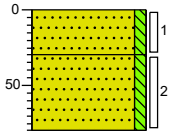
X: 204094,27
Y: 497962,24
Datum: 16-12-2024



-3859 weiland
-3879 Zand matig fijn, zwak siltig, matig humeus, donkerbruin, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak siltig, neutraal grijsgeel, Edelmanboor
-3929

Boring: 88
boring
Soort meetpunt:

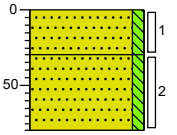
X: 204113,82
Y: 497920,15
Datum: 16-12-2024



-3846 weiland
-3876 Zand matig fijn, zwak siltig, donker bruingrijs, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak siltig, neutraal grijscreme, Edelmanboor
-3926

Boring: 89
boring
Soort meetpunt:

X: 204132,79
Y: 497903,21
Datum: 16-12-2024



-3818 weiland
-3848 Zand matig fijn, zwak siltig, donker bruingrijs, Edelmanboor
Zand matig fijn, zwak siltig, neutraal grijscreme, Edelmanboor
-3898

Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

Boring: 90
boring
Soort meetpunt:

X: 204088,67
Y: 497901,15
Datum: 16-12-2024



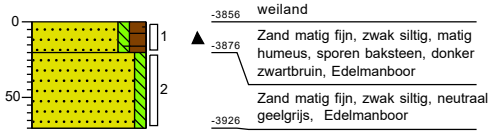
Boring: 91
boring
Soort meetpunt:

X: 204085,93
Y: 497932,04
Datum: 16-12-2024



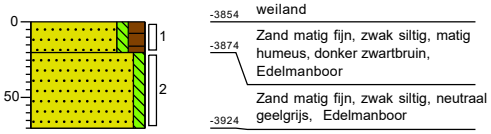
Boring: 92
boring
Soort meetpunt:

X: 204063,27
Y: 497954,87
Datum: 16-12-2024



Boring: 93
boring
Soort meetpunt:

X: 204051,09
Y: 497983,72
Datum: 16-12-2024

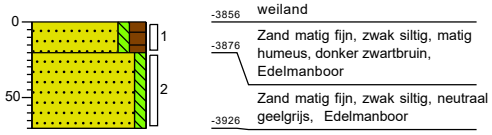


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

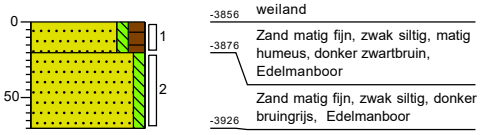
Boring: 94
boring
Soort meetpunt:

X: 204055,67
Y: 498006,07
Datum: 16-12-2024



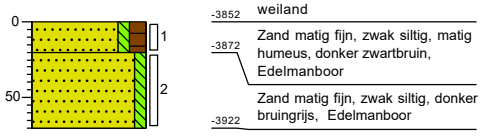
Boring: 95
boring
Soort meetpunt:

X: 204055,56
Y: 498036,59
Datum: 16-12-2024



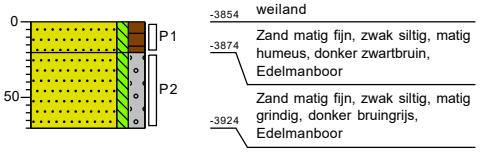
Boring: 96
boring
Soort meetpunt:

X: 204026,93
Y: 498049,84
Datum: 16-12-2024



Boring: 97
boring
Soort meetpunt:

X: 204030,48
Y: 498075,02
Datum: 16-12-2024

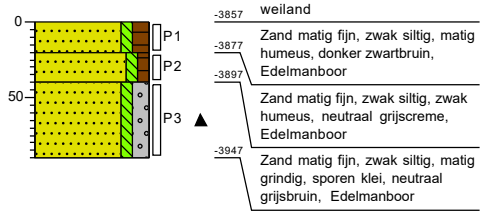


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

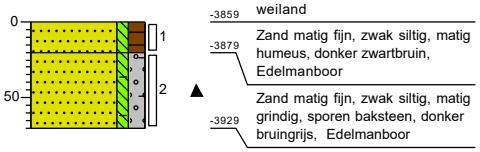
Boring: 98
boring
Soort meetpunt:

X: 204000,15
Y: 498102,74
Datum: 16-12-2024



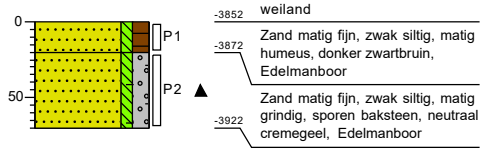
Boring: 99
boring
Soort meetpunt:

X: 203979,51
Y: 498122,09
Datum: 16-12-2024



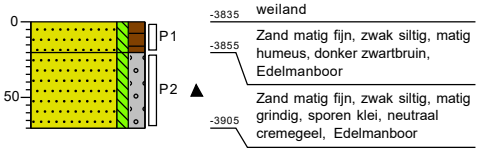
Boring: 100
boring
Soort meetpunt:

X: 203971,17
Y: 498156,31
Datum: 16-12-2024



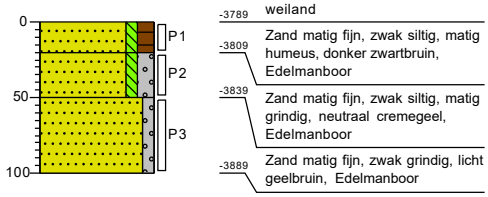
Boring: 101
boring
Soort meetpunt:

X: 203924,09
Y: 498202,96
Datum: 16-12-2024



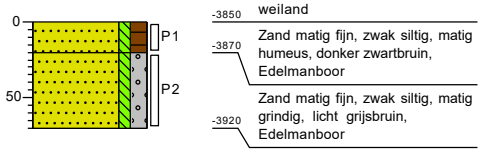
Boring: 102
boring
Soort meetpunt:

X: 203900,87
Y: 498194,29
Datum: 16-12-2024



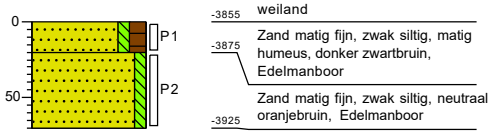
Boring: 103
boring
Soort meetpunt:

X: 203911,00
Y: 498172,46
Datum: 16-12-2024



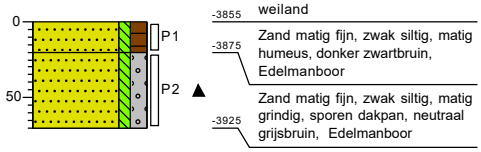
Boring: 104
boring
Soort meetpunt:

X: 203943,47
Y: 498158,92
Datum: 16-12-2024



Boring: 106
boring
Soort meetpunt:

X: 203962,17
Y: 498107,58
Datum: 16-12-2024

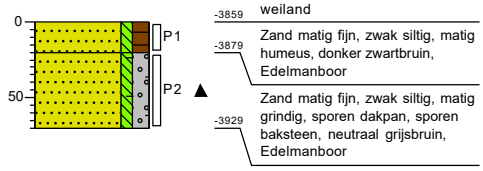


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

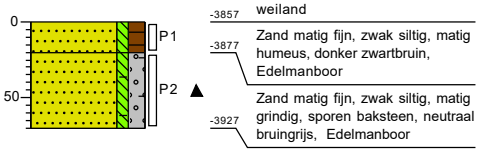
Boring: 105
boring
Soort meetpunt:

X: 203933,74
Y: 498113,36
Datum: 16-12-2024



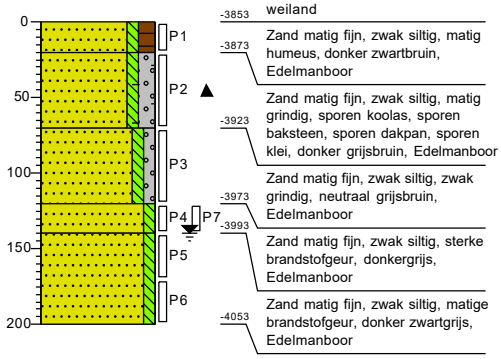
Boring: 107
boring
Soort meetpunt:

X: 203947,65
Y: 498079,93
Datum: 16-12-2024



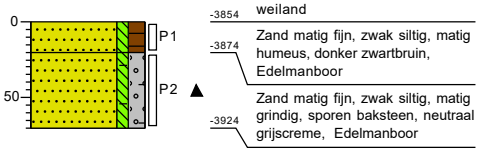
Boring: 108
boring
Soort meetpunt:

X: 203975,39
Y: 498088,59
Datum: 16-12-2024
GWS: 140



Boring: 109
boring
Soort meetpunt:

X: 203995,34
Y: 498077,05
Datum: 16-12-2024

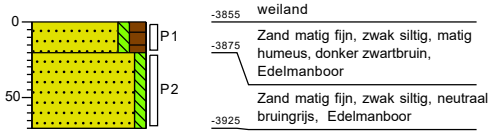


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

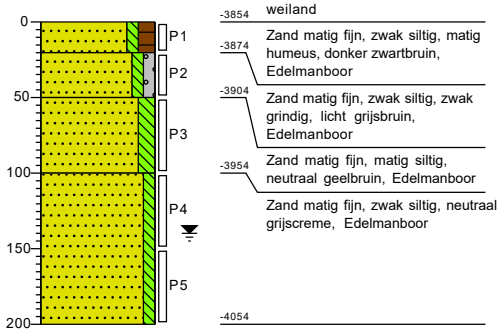
Boring: 110
boring
Soort meetpunt:

X:	203976,97
Y:	498051,19
Datum:	16-12-2024



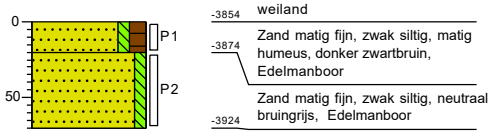
Boring: 111
boring
Soort meetpunt:

X:	203997,83
Y:	498050,51
Datum:	16-12-2024
GWS:	140



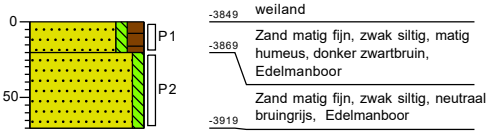
Boring: 112
boring
Soort meetpunt:

X:	203993,13
Y:	498022,42
Datum:	16-12-2024



Boring: 113
boring
Soort meetpunt:

X:	204017,32
Y:	498029,23
Datum:	16-12-2024

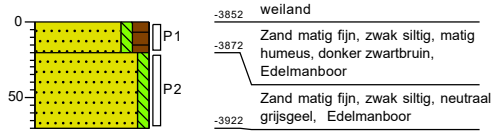


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

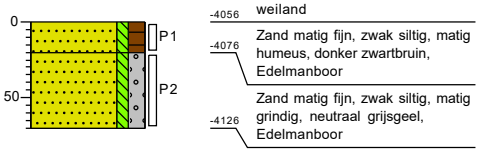
Boring: 114
boring
Soort meetpunt:

X:	204001,69
Y:	498006,62
Datum:	16-12-2024



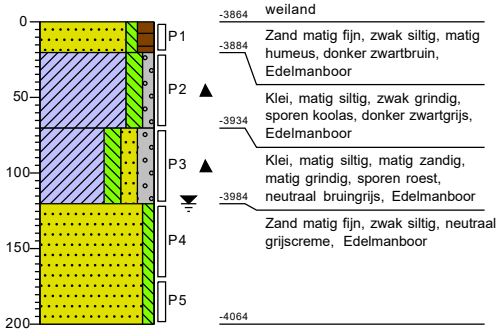
Boring: 115
boring
Soort meetpunt:

X:	204023,00
Y:	497977,14
Datum:	16-12-2024



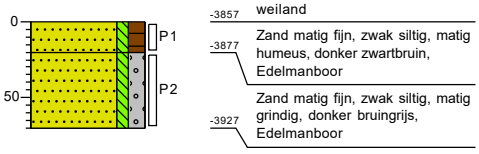
Boring: 116
boring
Soort meetpunt:

X:	204012,15
Y:	497950,43
Datum:	16-12-2024
GWS:	120



Boring: 117
boring
Soort meetpunt:

X:	204024,68
Y:	497936,43
Datum:	16-12-2024

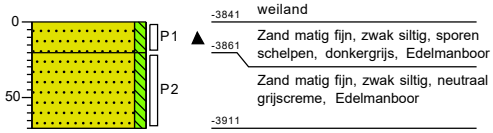


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

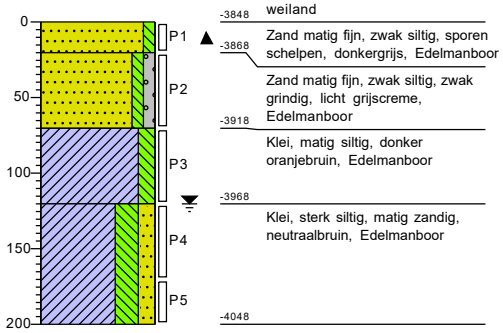
Boring: 118
boring
Soort meetpunt:

X:	204035,75
Y:	497918,70
Datum:	16-12-2024



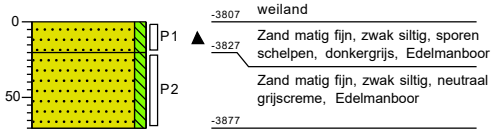
Boring: 119
boring
Soort meetpunt:

X:	204047,77
Y:	497901,72
Datum:	16-12-2024
GWS:	120



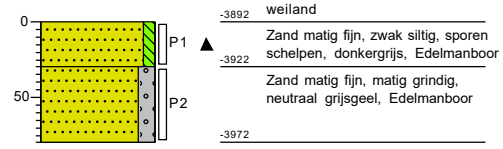
Boring: 120
boring
Soort meetpunt:

X:	204077,72
Y:	497876,56
Datum:	16-12-2024



Boring: 121
boring
Soort meetpunt:

X:	204054,01
Y:	497874,74
Datum:	16-12-2024

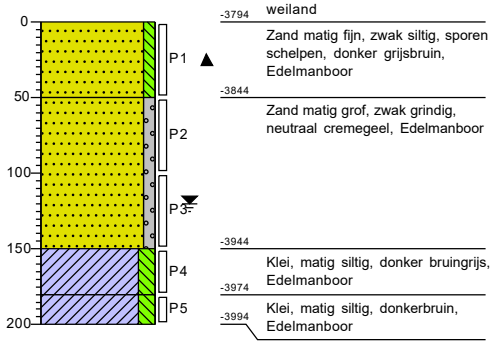


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

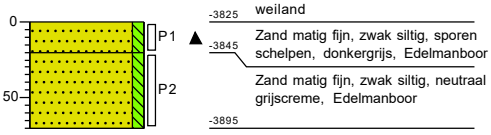
Boring: 122
boring
Soort meetpunt:

X:	204036,66
Y:	497861,25
Datum:	16-12-2024
GWS:	120



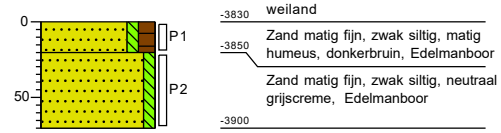
Boring: 123
boring
Soort meetpunt:

X:	204032,44
Y:	497873,41
Datum:	16-12-2024



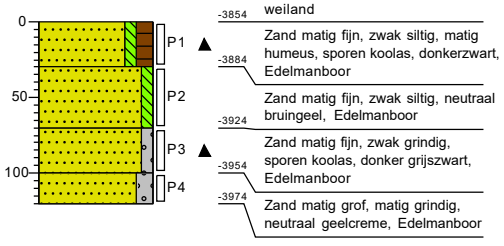
Boring: 124
boring
Soort meetpunt:

X:	204023,04
Y:	497895,67
Datum:	16-12-2024



Boring: 125
boring
Soort meetpunt:

X:	203989,22
Y:	497968,49
Datum:	16-12-2024

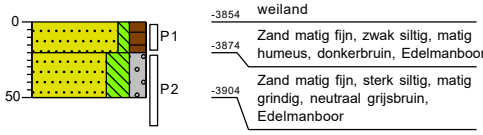


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

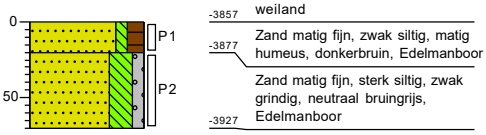
Boring: 126
boring
Soort meetpunt:

X: 203981,09
Y: 497988,77
Datum: 16-12-2024



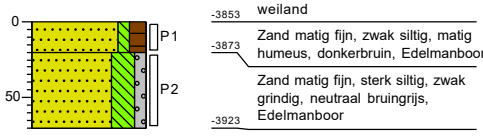
Boring: 127
boring
Soort meetpunt:

X: 203956,75
Y: 497991,20
Datum: 16-12-2024



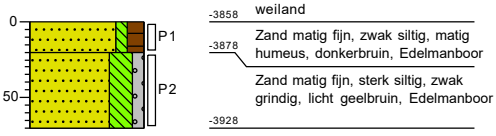
Boring: 128
boring
Soort meetpunt:

X: 203950,63
Y: 498039,29
Datum: 16-12-2024



Boring: 129
boring
Soort meetpunt:

X: 203941,93
Y: 498053,32
Datum: 16-12-2024

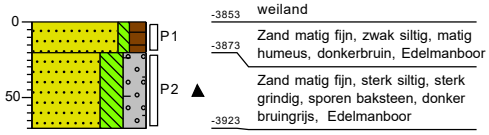


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

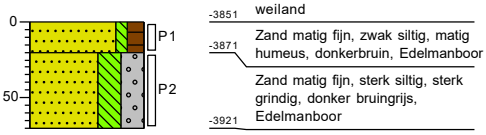
Boring: 130
boring
Soort meetpunt:

X: 203915,69
Y: 498056,93
Datum: 16-12-2024



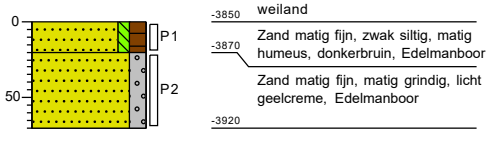
Boring: 131
boring
Soort meetpunt:

X: 203926,46
Y: 498082,16
Datum: 16-12-2024



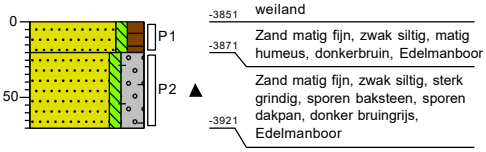
Boring: 132
boring
Soort meetpunt:

X: 203917,34
Y: 498097,34
Datum: 16-12-2024



Boring: 133
boring
Soort meetpunt:

X: 203908,39
Y: 498115,45
Datum: 16-12-2024

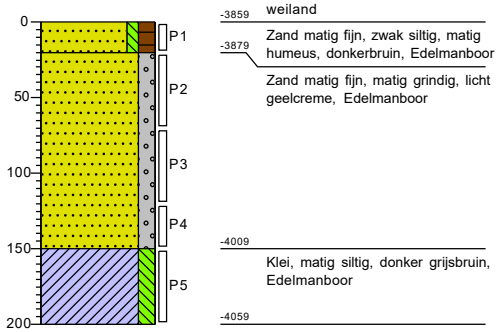


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

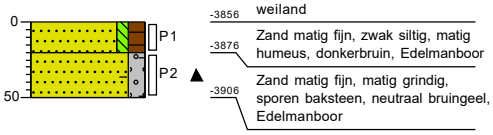
Boring: 134
boring
Soort meetpunt:

X: 203885,44
Y: 498110,99
Datum: 16-12-2024



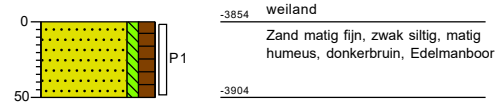
Boring: 135
boring
Soort meetpunt:

X: 203896,47
Y: 498140,64
Datum: 16-12-2024



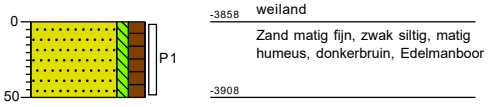
Boring: 136
boring
Soort meetpunt:

X: 203873,87
Y: 498143,43
Datum: 16-12-2024



Boring: 137
boring
Soort meetpunt:

X: 203886,17
Y: 498171,55
Datum: 16-12-2024

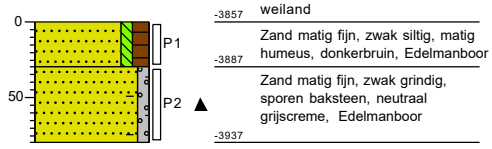


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

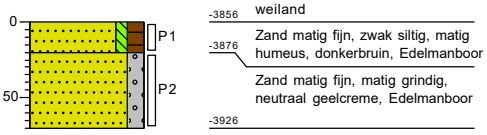
Boring: 138
boring
Soort meetpunt:

X: 203856,82
Y: 498118,09
Datum: 16-12-2024



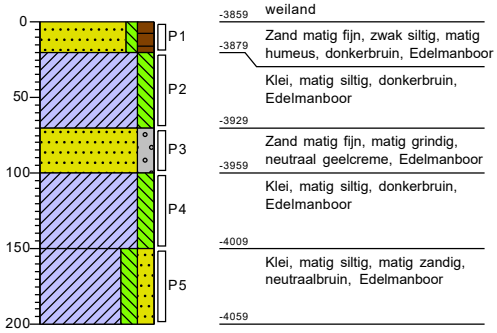
Boring: 139
boring
Soort meetpunt:

X: 203836,17
Y: 498122,62
Datum: 16-12-2024



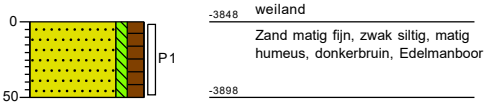
Boring: 140
boring
Soort meetpunt:

X: 203807,79
Y: 498126,93
Datum: 16-12-2024



Boring: 141
boring
Soort meetpunt:

X: 203817,26
Y: 498095,38
Datum: 16-12-2024

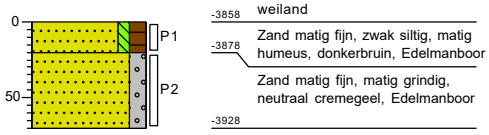


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

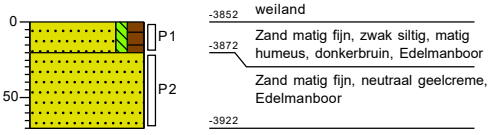
Boring: 142
boring
Soort meetpunt:

X: 203871,09
Y: 498096,78
Datum: 16-12-2024



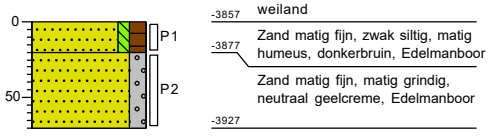
Boring: 143
boring
Soort meetpunt:

X: 203830,28
Y: 498073,80
Datum: 16-12-2024



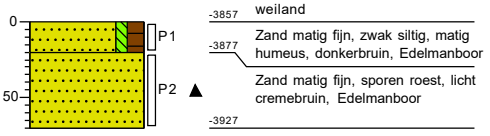
Boring: 144
boring
Soort meetpunt:

X: 203840,37
Y: 498056,29
Datum: 16-12-2024



Boring: 145
boring
Soort meetpunt:

X: 203874,49
Y: 498077,04
Datum: 16-12-2024

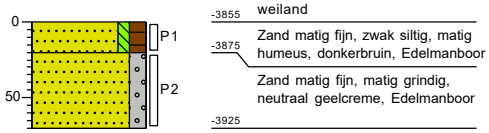


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

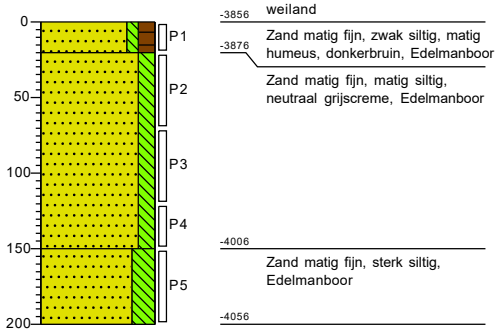
Boring: 146
boring
Soort meetpunt:

X: 203867,87
Y: 498055,69
Datum: 16-12-2024



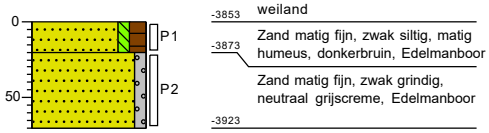
Boring: 147
boring
Soort meetpunt:

X: 203890,11
Y: 498064,82
Datum: 16-12-2024



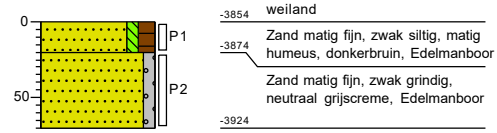
Boring: 148
boring
Soort meetpunt:

X: 203857,00
Y: 498024,29
Datum: 16-12-2024



Boring: 149
boring
Soort meetpunt:

X: 203907,52
Y: 498037,50
Datum: 16-12-2024

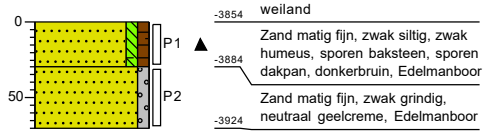


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

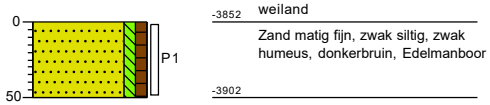
Boring: 150
boring
Soort meetpunt:

X: 203900,91
Y: 498002,71
Datum: 16-12-2024



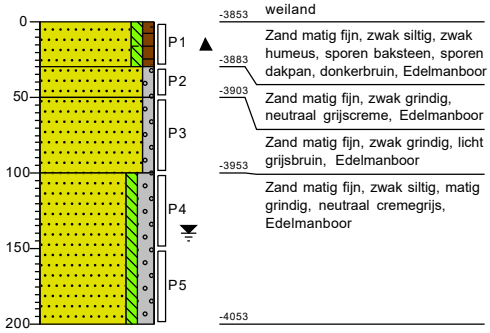
Boring: 151
boring
Soort meetpunt:

X: 203879,45
Y: 497985,33
Datum: 16-12-2024



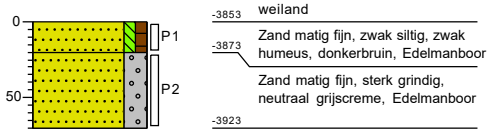
Boring: 152
boring
Soort meetpunt:

X: 203919,40
Y: 498009,99
Datum: 16-12-2024
GWS: 140



Boring: 153
boring
Soort meetpunt:

X: 203917,67
Y: 497976,64
Datum: 16-12-2024

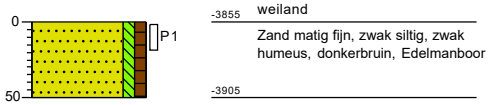


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

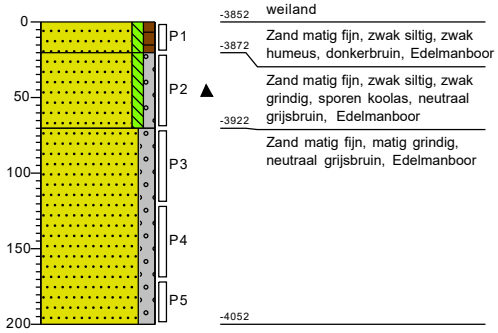
Boring: 154
boring
Soort meetpunt:

X: 203901,69
Y: 497964,32
Datum: 16-12-2024



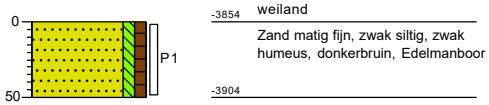
Boring: 155
boring
Soort meetpunt:

X: 203900,96
Y: 497943,80
Datum: 16-12-2024



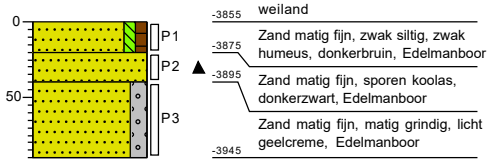
Boring: 156
boring
Soort meetpunt:

X: 203941,91
Y: 497971,79
Datum: 16-12-2024



Boring: 158
boring
Soort meetpunt:

X: 203929,28
Y: 497936,14
Datum: 16-12-2024

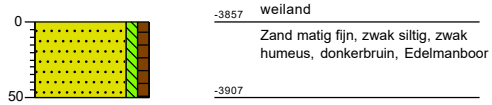


Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

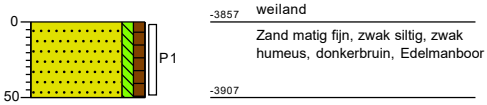
Boring: 159
boring
Soort meetpunt:

X: 203961,14
Y: 497930,32
Datum: 16-12-2024



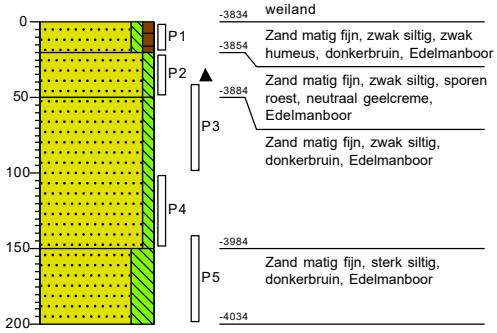
Boring: 157
boring
Soort meetpunt:

X: 203943,82
Y: 497952,50
Datum: 16-12-2024



Boring: 160
boring
Soort meetpunt:

X: 203922,90
Y: 497905,31
Datum: 16-12-2024

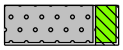


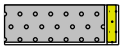
Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

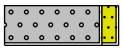
Projectcode: P2400784

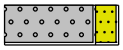
Legenda (conform NEN 5104)

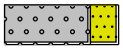
grind


Grind, siltig

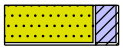

Grind, zwak zandig


Grind, matig zandig

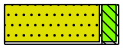

Grind, sterk zandig


Grind, uiterst zandig

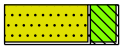
zand


Zand, kleïig


Zand, zwak siltig

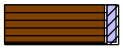

Zand, matig siltig


Zand, sterk siltig


Zand, uiterst siltig

veen


Veen, mineraalarm

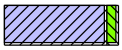

Veen, zwak kleïig

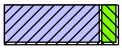

Veen, sterk kleïig

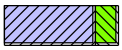

Veen, zwak zandig

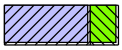

Veen, sterk zandig

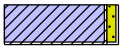
klei

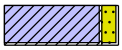

Klei, zwak siltig

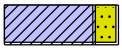

Klei, matig siltig


Klei, sterk siltig


Klei, uiterst siltig


Klei, zwak zandig


Klei, matig zandig

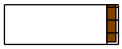

Klei, sterk zandig

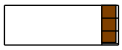
leem


Leem, zwak zandig

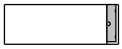

Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

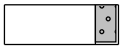

zwak humeus


matig humeus

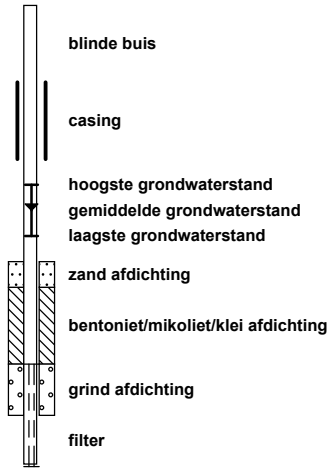

sterk humeus


zwak grindig


matig grindig


sterk grindig

peilbuis



geur

- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

p.i.d.-waarde

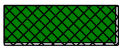
- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

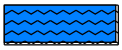
monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand


slib


water

Projectnaam: Harculo, Zwolle Actualiserend

Projectcode: P2400784

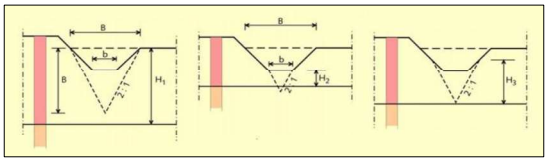

N
1:3000
100 m
IJsselcentraleweg
Beekmanpad
IJsselcentralekolk
110 kV Harculo
Voormalig centrale Harculo
Koelwaterhal
Bijenstand Jerry Bosma Harculo
Harculospad
PB01
PB02
PB03
PB04
PB05
PB06
PB07
PB08
PB09
PB10
PB11
PB12
PB13
PB14
PB15

Bijlage F Uitgangspunten vanuit TUN en IJsselwerken

Versie 0.1

Locatie				Hydraulische belasting										Geometrie				Ondergrond								
Deelgebied	Deel-traject		Representatieve doorsnede	WBN (1/3000) incl. bodemdaling	WBN (1/3000) incl. bodemdaling	$\varphi_{buitenteen}$	$\varphi_{buitenkruin}$	$\varphi_{binnenkruin}$	$\varphi_{binnenteen}$	$\varphi_{buitenteen}$	$\varphi_{buitenkruin}$	$\varphi_{binnenkruin}$	$\varphi_{binnenteen}$	Streefpeil polder	Dijkbasis	Teennivea u	Afstand tot sloot	Niveau slootbod em	o.k. deklaag	Bron	Dikte deklaag bij teen	Dikte deklaag bij sloot	Dikte wvp	Dikte formatie v Boxtel	k_h	D_{70}	γ_{sat}	κ
				2075	2125	2075	2075	2075	2075	2125	2125	2125	2125	peilgebieden_IJsselwe	AHN3							veilige waa	REGIS	TUN par. G	TUN par. G	Echteld klei	
				[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]	[m]	[mNAP]	[m]	[mNAP]	[mNAP]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m/d]	[mm]	[kN/m3]	[m2]
Midden Noord 2	12,1	Centrale Harculo - Zuid	38,7	5,15	5,42	4,91	4,05	3,91	3,37	5,17	4,22	4,06	3,48	-0,4	62,5	2,83	26,00	0,13	0,00	HB04, HB03, HB02 (onderzoek	2,83	0,13	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,1	Centrale Harculo - Zuid	38,8	5,15	5,42	4,85	4,62	4,49	4,13	5,10	4,84	4,70	4,31	-0,4	48,5	2,76	0,00	2,76	-0,20	B27E0063	2,96	2,96	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,1	Centrale Harculo - Zuid	38,9	5,15	5,42	5,02	4,78	4,70	4,51	5,29	5,02	4,93	4,73	-0,4	50,5	3,10	0,00	3,10	-0,20	B27E0063	3,30	3,30	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,1	Centrale Harculo - Zuid	39,0	5,15	5,42	5,03	4,87	4,81	4,65	5,29	5,12	5,05	4,88	-0,4	42,0	2,92	0,00	2,92	-0,20	S53Y-39.05C	3,12	3,12	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,2	Centrale Harculo - Midden	39,1	5,14	5,41	4,63	4,58	4,57	4,53	4,86	4,80	4,79	4,75	-0,4	52,5	2,98	0,00	2,98	-0,20	S53Y-39.05C	3,18	3,18	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,2	Centrale Harculo - Midden	39,2	5,13	5,41	4,39	4,29	4,29	4,13	4,59	4,48	4,48	4,31	-0,4	45,5	2,99	0,00	2,99	-0,30	B27E0149	3,29	3,29	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,2	Centrale Harculo - Midden	39,3	5,13	5,40	4,26	4,11	4,11	3,83	4,44	4,27	4,27	3,96	-0,4	43,5	2,74	0,00	2,74	1,00	S53Y-39.3C / HB53-39.30C	1,74	1,74	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,2	Centrale Harculo - Midden	39,4	5,13	5,40	4,52	4,39	4,39	4,20	4,72	4,58	4,58	4,37	-0,4	44,5	2,77	0,00	2,77	1,00	S53Y-39.3C / HB53-39.30C	1,77	1,77	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,3	Centrale Harculo - Noord	39,5	5,12	5,39	4,93	4,68	4,51	4,38	5,18	4,89	4,71	4,56	-0,4	45,0	3,25	0,00	3,25	-0,90	DKMP53-39.60C	4,15	4,15	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,3	Centrale Harculo - Noord	39,6	5,12	5,40	4,60	4,46	4,32	4,19	4,81	4,66	4,50	4,35	-0,4	40,0	3,29	0,00	3,29	-0,90	DKMP53-39.60C	4,19	4,19	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,3	Centrale Harculo - Noord	39,7	5,12	5,40	4,82	4,13	4,05	3,85	5,07	4,30	4,22	3,99	-0,4	49,0	3,24	0,00	3,24	-0,90	DKMP53-39.60C	4,14	4,14	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10
Midden Noord 2	12,3	Centrale Harculo - Noord	39,8	5,12	5,40	4,16	3,84	3,72	3,44	4,35	4,00	3,87	3,57	-0,4	31,0	2,95	169,00	-1,00	-1,00	S53Y-39.85C	3,95	0,00	30	1	73,11	0,254	13,8	1,15E-10

Project	Dijkversterking IJsselwerken
Onderwerp	Opbarst/opdrukveiligheid & grenspotentiaal STBI
Datum	12-5-2022
Opgesteld	P. Toloza
Gecontroleerd	



IJSSEL WERKEN
zwolle —— olst

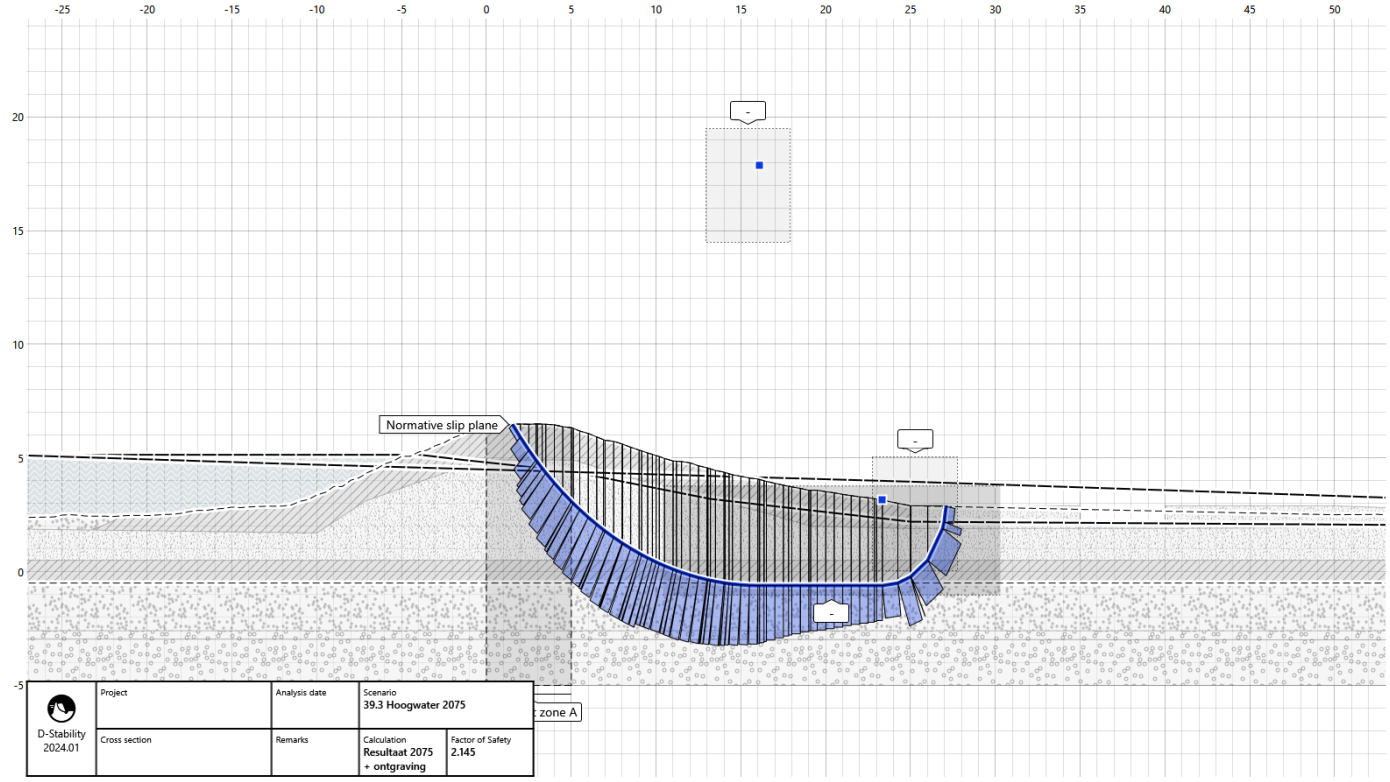
Soortelijk gewicht grond		γ_{dry}	γ_{sat}
Antropogeen_zand	[kN/m^3]	18.2	19.2
Antropogeen_klei	[kN/m^3]	18.5	18.5
Echteld_klei	[kN/m^3]	16.4	16.4
Echteld_zand	[kN/m^3]	19.4	19.4
Nieuwkoop_veen	[kN/m^3]	10.8	10.8
Boxtel_klei	[kN/m^3]	14.8	14.8

				dp39.26 sectie 12.2-1, achterland, x=140	**dp39.26 sectie 12.2-1, binnenteen, x=128**	**dp39.92 sectie 12.3-4, sloot, x=136**	**dp39.92 sectie 12.3-4, naast binnenteen, x=110**
Stijghoogte opbarstzone WBN		$\varphi_{r,WBN}$	[m+NAP]	3.97	4.06	2.92	3.11
Volumegewicht water		γ_w	[kN/m^3]	9.81	9.81	9.81	9.81
Polderpeil		φ_p	[m+NAP]	0.75	0.75	0.50	0.50
Maaiveld hoogte			[m+NAP]	2.50	2.80	1.25	1.79
Sloot	Aanwezig?			Nee	Nee	Ja	Nee
	Talud dijkzijde	n_{dijk}	[-]			2.06	
	Talud maaiveldzijde	n_{mv}	[-]			2.31	
	Bodembreedte	b	[m]			0.8	
	Bodemniveau		[m+NAP]			0.18	
	Slootbreedte	B	[m]			5.5	
Laag 1	Gondsoort			Echteld_zand	Echteld_zand	Echteld_zand	Echteld_zand
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]	19.4	19.4	19.4	19.4
	van		[m+NAP]	2.50	2.80	1.25	1.79
	tot		[m+NAP]	1.50	1.5	0.50	0.75
Laag 2	Gondsoort			Echteld_klei	Echteld_klei	Echteld_klei	Echteld_klei
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]	16.4	16.4	16.4	16.4
	van		[m+NAP]	1.50	1.50	0.50	0.75
	tot		[m+NAP]	0.90	0.9	-0.50	-0.50
Laag 3	Gondsoort					Nieuwkoop_veen	Nieuwkoop_veen
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]			10.8	10.8
	van		[m+NAP]	0.00	0.00	-0.50	-0.50
	tot		[m+NAP]			-0.80	*-0.85*
Laag 4	Gondsoort					Boxtel_klei	Boxtel_klei
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]			14.8	14.8
	van		[m+NAP]	0.00	0.00	-0.80	-0.85
	tot		[m+NAP]			-1.2	*-1.2*
Laag 5	Gondsoort						
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]				
	van		[m+NAP]	0.00	0.00	0.00	0.00
	tot		[m+NAP]				
Laag 6	Gondsoort						
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]				
	van		[m+NAP]	0.00	0.00	0.00	0.00
	tot		[m+NAP]				
Laag 7	Gondsoort						
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]				
	van		[m+NAP]	0.00	0.00	0.00	0.00
	tot		[m+NAP]				
Laag 8	Gondsoort						
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]				
	van		[m+NAP]	0.00	0.00	0.00	0.00
	tot		[m+NAP]				
Laag 9	Gondsoort						
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]				
	van		[m+NAP]	0.00	0.00	0.00	0.00
	tot		[m+NAP]				
Laag 10	Gondsoort						
	Soortelijk gewicht	γ_{sat}	[kN/m^3]				
	van		[m+NAP]	0.00	0.00	0.00	0.00
	tot		[m+NAP]				
Gewichtsvermindering t.g.v. sloot?				Geen sloot	Geen sloot	Ja → H3	Geen sloot
Dikte afdekkende lagen (incl. reductie t.g.v. sloot)				1.60	*1.90*	1.55	2.99
Gewicht TRWG		σ'_{vs}	[kPa]	29.2	35.1	24.5	49.6
Waterdruk TRWG		σ_w	[kPa]	30.1	31.0	40.4	42.2
Grenspotentiaal		ϕ_g	[m+NAP]	**3.88**	**4.47**	**1.30**	**3.85**
Veiligheid TRWG				0.97	*1.13*	0.61	1.17
Conclusie TRWG				**Opbarsten**	**Opdrijven**	**Opbarsten**	**Opdrijven**

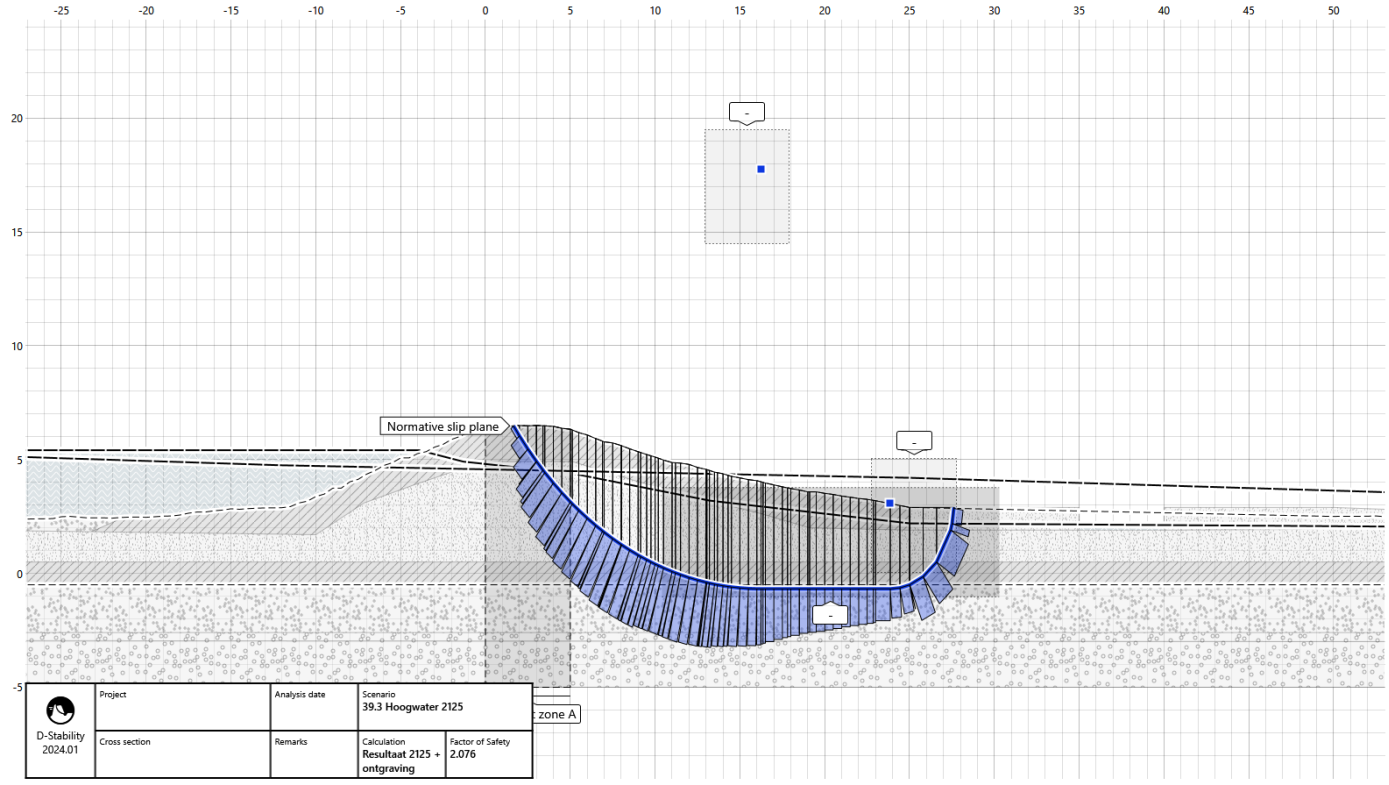
Tabel 5-2 Overzicht geotechnische parameters

Laag	γ_{situ} (ow/bw) [kN/m^3]	CR [-]	CR/RR [-]	CR/C_a [-]	OCR [-]	c_v [m^2/s]	S_{nc} [-]	m [-]	ϕ [°]	τ_{bw} (naast/kruin) [kPa]
Antropogeen-klei	18,5/18,5	0,16	6	30	1,5	5*10^{-7}	0,29	0,83	29	10/20
Antropogeen-zand	18,2/19,2	0,05	6	40	1,5	1*10^{-4}			31,3	
Echteld-klei	16,4/16,4	0,22	6	25	1,5	2*10^{-7}	0,29	0,83	29	10/20
Echteld-zand	19,4/19,4	0,05	6	40	1,5	1*10^{-4}			31,3	
Nieuwkoop-veen	10,8/10,8	0,52	6	15	1,4	1*10^{-7}	0,39	0,83	22,4	
Boxtel-klei	14,8/14,8	0,25	6	20	1,5	2*10^{-8}	0,29	0,83	29	10/20
Boxtel-zand	19,7/19,7	0,01	6	40	2,0	1*10^{-4}			31,3	
Kreftenheye-klei	17,5/17,5	0,19	6	30	1,5	5*10^{-7}	0,25	0,8	25	
Kreftenheye-zand	19,7/19,7	0,01	6	40	2,0	1*10^{-4}			31,3	
Versterking-klei	18,5/18,5	0,16	6	30	1,0	5*10^{-7}	0,29	0,83	29	15/15
Versterking-zand	18,2/19,2	0,05	6	40	1,0	1*10^{-4}			31,3	

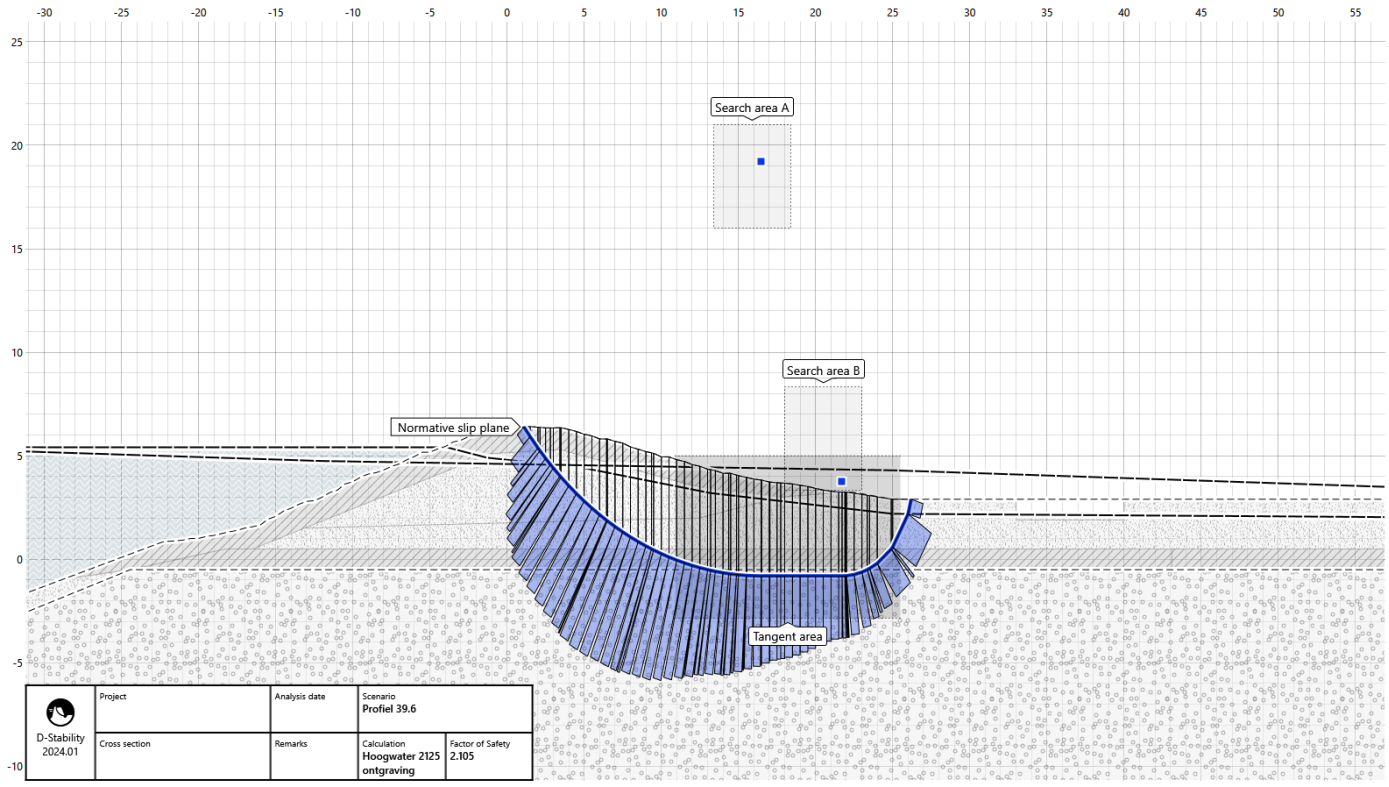
Bijlage G Resultaten stabiliteitsberekeningen



Figuur 9-2: Berekende stabiliteit 39.3 zichtjaar 2075, SF=2,145



Figuur 9-3: Berekende stabiliteit 39.3 zichtjaar 2125, SF=2,076



Figuur 9-4: Berekende stabiliteit 39.6 zichtjaar 2125, SF = 2,105

Bijlage H Resultaat pipingberekeningen

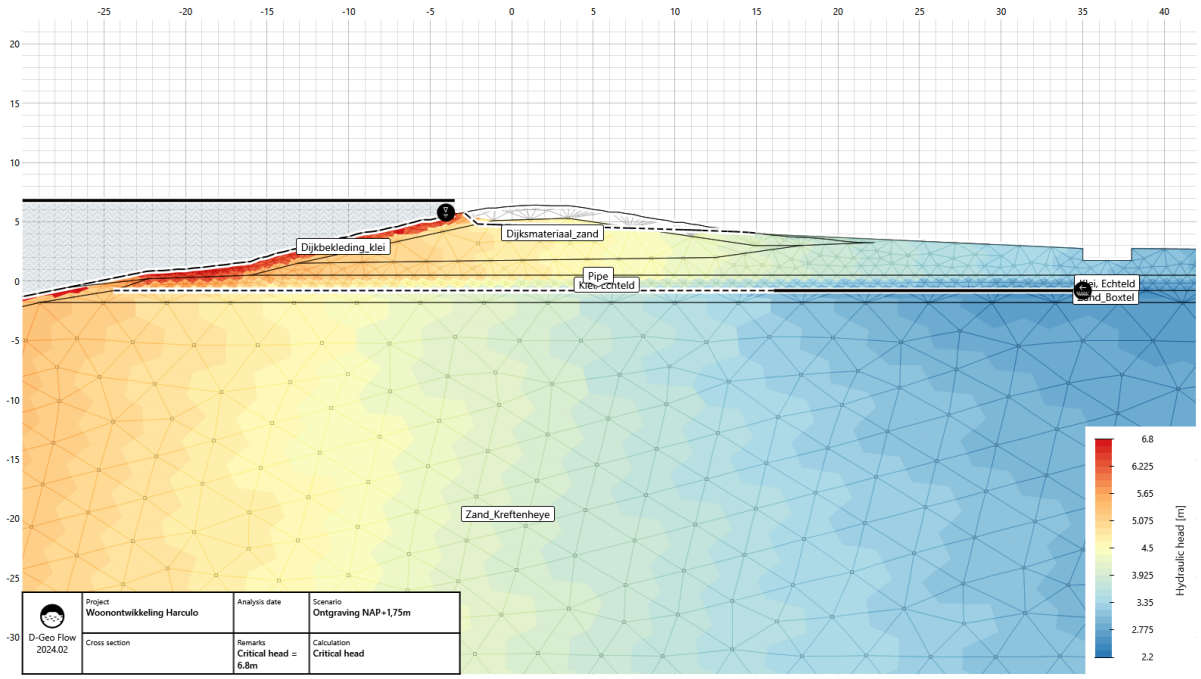
						ZANDGROFHEID			RANDVOORWAARDEN				A (eis)		veiligheidsfactor heave		B		C	TOETSING	
DWP	Grondonderzoek	Ontwerpwaterstand 2125	L2 (zate) (m)	verlenging (m)	Totaal benodigd (m)	k (m/dag)	D (m)	D70 (mu)	OWP (m +NAP)	mv (m +NAP)	slootpeil / GWS (m +NAP)	o.k. klei (m +NAP)	DHcrit (m)	g m;p (-)	g b (-)	DHcrit;d (m)	DHrep-0,3xd (m)	SF opb.	opb. (J/N)	nieuwe Sellmeijer A > B of C = nee	creepfactor WBI2017 rekenregel
														1,41	1,32			1,72			
	Waterstanden 2125 bij de buitenteen, d70 is 327 mu, dijkzate overgenomen uit IJsselwerken. Op basis van dit resultaat (en volgende scer								Waterstand bij de buitenteen												
38,8	B27E0063	5,42	48,5	2,3	50,8	73,11	30	327	5,10	2,9	2,9	-0,20	2,363	1,41	1,32	1,270	1,3	1,72	J	voldoet	40,0
38,9	B27E0063	5,42	50,5	9,3	59,8	73,11	30	327	5,29	2,9	2,9	-0,20	2,709	1,41	1,32	1,455	1,5	1,72	J	voldoet	41,1
39,0	S53Y-39.05C	5,42	43,5	16,6	60,1	73,11	30	327	5,29	2,9	2,9	-0,20	2,722	1,41	1,32	1,462	1,5	1,72	J	voldoet	41,1
39,1	S53Y-39.05C	5,41	52,5	0,0	52,5	73,11	30	327	4,86	2,9	2,9	-0,20	2,429	1,41	1,32	1,305	1,0	1,72	J	voldoet	40,2
39,2	B27E0149	5,41	45,5	0,0	45,5	73,11	30	327	4,59	2,9	2,9	-0,30	2,158	1,41	1,32	1,160	0,7	1,72	J	voldoet	39,3
39,3	S53Y-39.3C / HB53-39.30C	5,40	43,5	0,0	43,5	73,11	30	327	4,44	2,9	2,9	1,00	2,081	1,41	1,32	1,118	1,0	1,72	J	voldoet	38,9
39,4	S53Y-39.3C / HB53-39.30C	5,40	44,5	5,4	49,9	73,11	30	327	4,72	2,9	2,9	1,00	2,329	1,41	1,32	1,251	1,3	1,72	J	voldoet	39,9
39,5	DKMP53-39.60C	5,39	45,0	0,0	45,0	73,11	30	327	5,18	2,9	2,9	-0,90	2,139	1,41	1,32	1,149	1,1	1,72	J	voldoet	39,2
39,6	DKMP53-39.60C	5,40	40,0	0,0	40,0	73,11	30	327	4,81	2,9	2,9	-0,90	1,944	1,41	1,32	1,045	0,8	1,72	J	voldoet	38,3
39,7	DKMP53-39.60C	5,40	49,0	0,0	49,0	73,11	30	327	5,07	2,9	2,9	-0,90	2,294	1,41	1,32	1,233	1,0	1,72	J	voldoet	39,8

Figuur 9-5: Resultaat formule van Sellmeijer

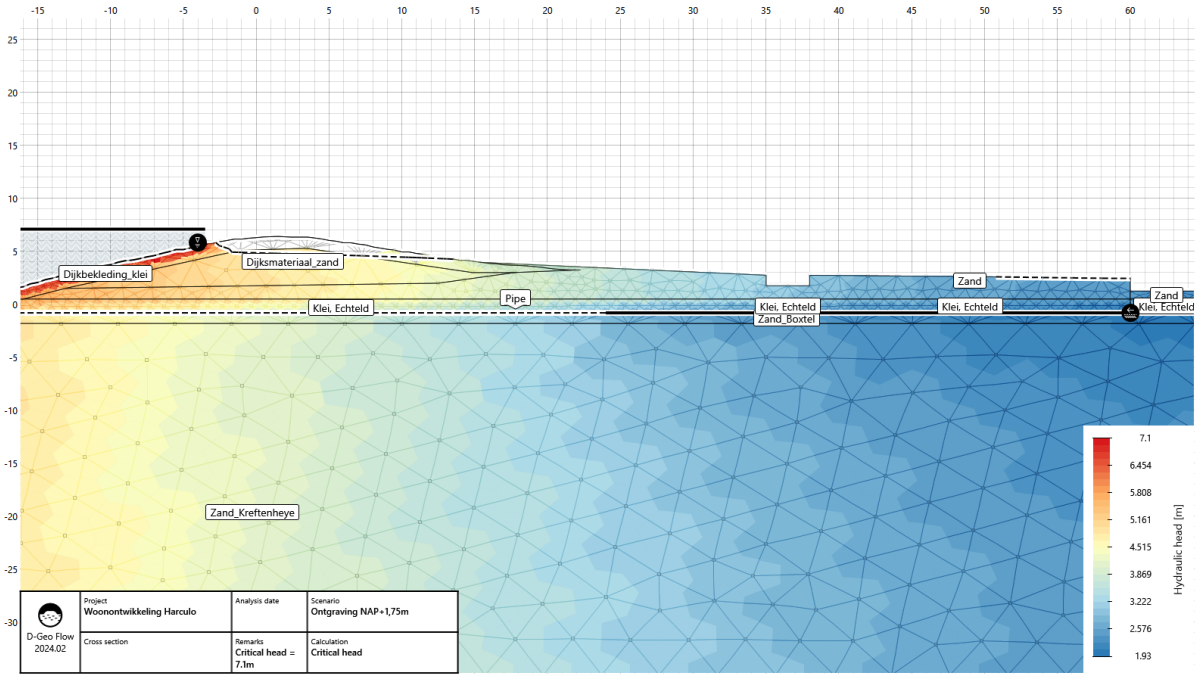
afkorting	Beschrijving	39.0	39.0	39.6	39.6	39.6	38.9	38.9	C(39.0)	F (39.6)
		327	327	327	327	327	327	327	327	327
	Op locatie ten opzichte van de buitenkruinlijn	35	60	35	60		35	60	25	25
Fp	Vereiste stabiliteitsfactor voor terugschrijdende erosie = 1,41*1,05	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
h	Waterstand bij de norm	5,42	5,42	5,41	5,41	5,4	5,41	5,41	5,41	5,41
hc	Maximale waterstand waarbij de dijk voldoet tov NAP (resultaat critcal head berekening D-GeoFlow)									
z exit	maaiveldhoogte uittredepunt tov NAP	2	1,5	2	1,5	1	1,75	1,3	2,8	2,8
rc	reductiefactor voor weerstand bij uittredepunt	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
ok deklaag	Ligging ok deklaag tov NAP	-0,2	-0,2	-0,5	-0,5	-0,5	-0,8	-0,8	-0,2	-0,5
mv	uittredepunt	2	1,5	2	1,5	1	1,75	1,3	2,8	2,8
D deklaag	dikte deklaag bij uittredepunt	2,2	1,7	2,5	2	1,5	2,55	2,1	3	3,3
0,3D		2,66	2,01	2,75	2,1	1,45	2,515	1,93	3,7	3,79
	$(z_{exit} + r_c * D_{deklaag})$	2,66	2,01	2,75	2,1	1,45	2,515	1,93	3,7	3,79
	$h - (z_{exit} + r_c * D_{deklaag})$	2,76	3,41	2,67	3,32	3,97	2,905	3,49	1,72	1,63
	hc benodigd op basis van vereiste stabiliteitsfactor	6,7	7,1	6,7	7,0	7,3	6,8	7,1	6,2	6,2
	hc-berekend uit d-geoflow	6,9	7,1	7,1	7,3	7,2	6,8	7,1	7,5	8,1
	Fp controle	1,54	1,49	1,63	1,57	1,45	1,48	1,48	2,21	2,64

Figuur 9-6: Berekeningsresultaat Critical Head

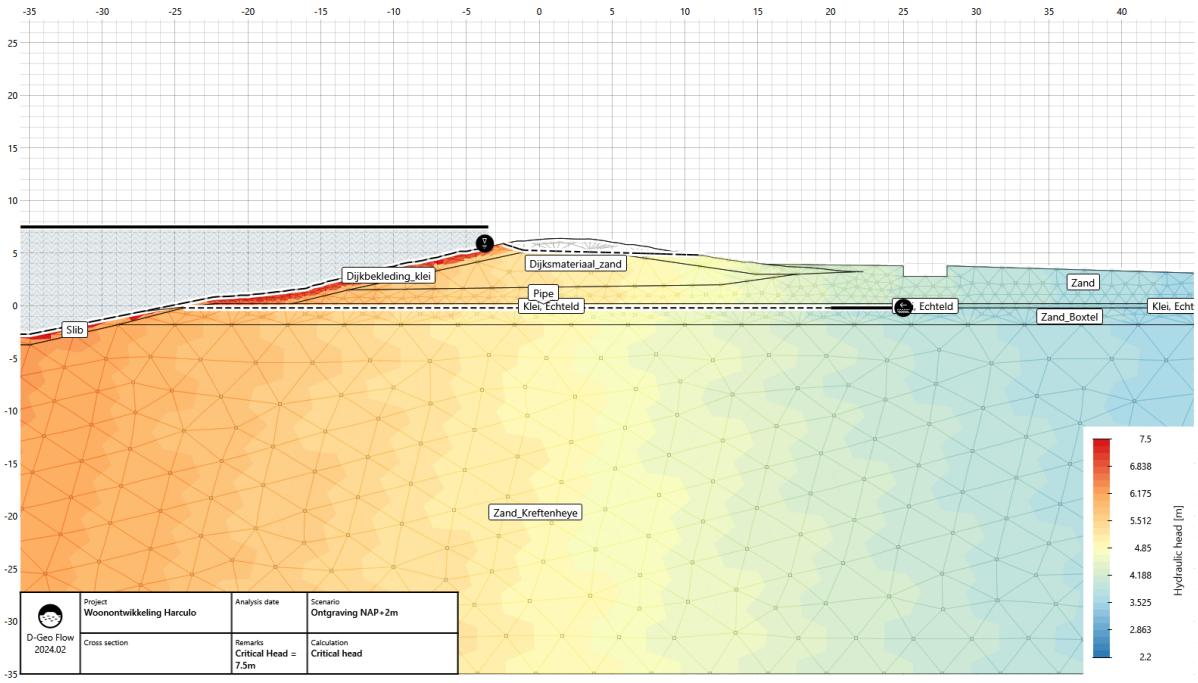
38.9_Harculo_2125_NAP+1,75m_X35



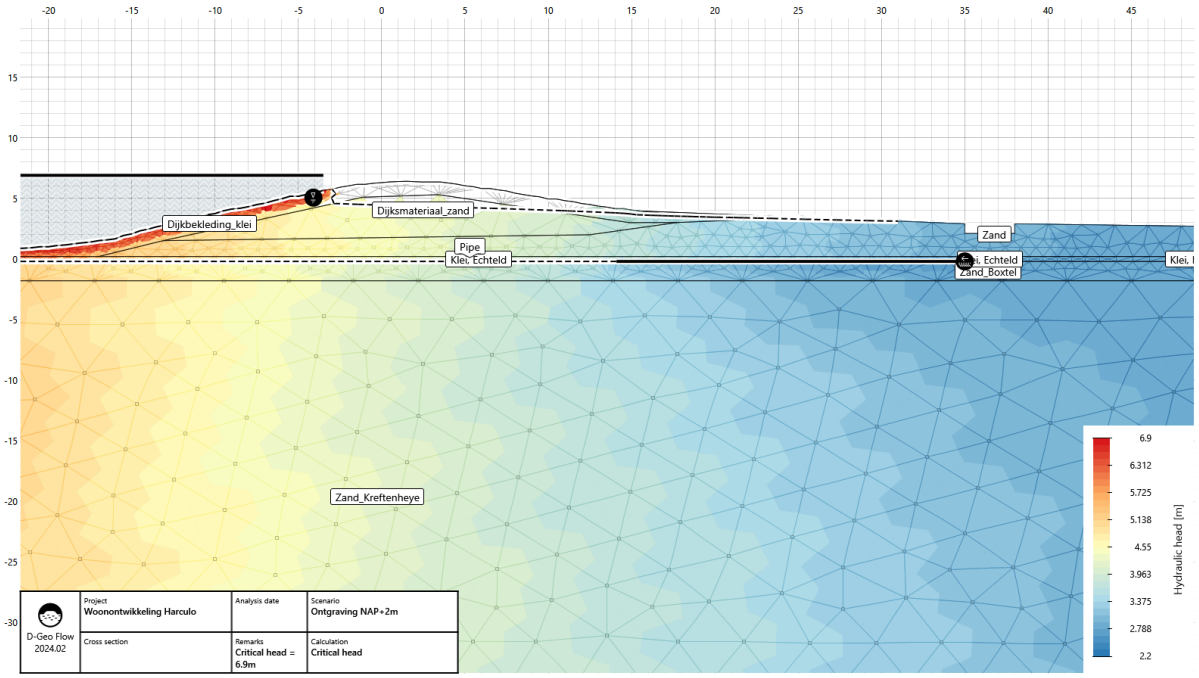
38.9_Harculo_2125_NAP+1,3m_X60



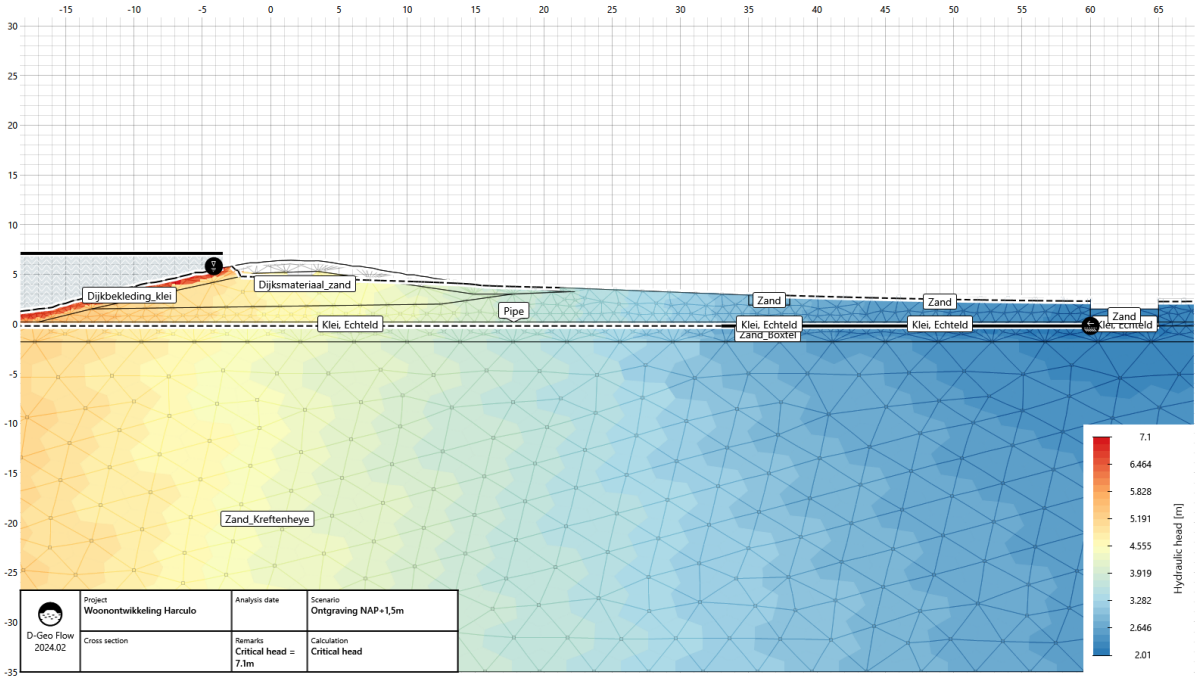
39.0_C_Harculo_2125_NAP+2,8_X25



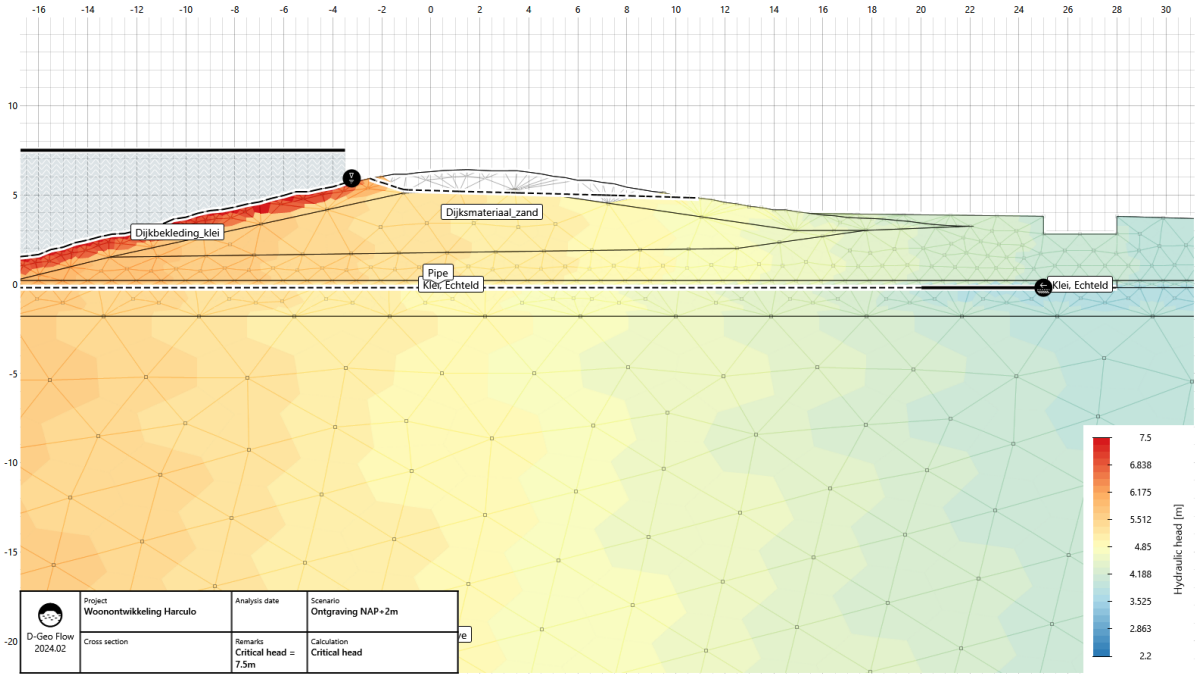
39.0_C_Harculo_2125_NAP+2,0_X35



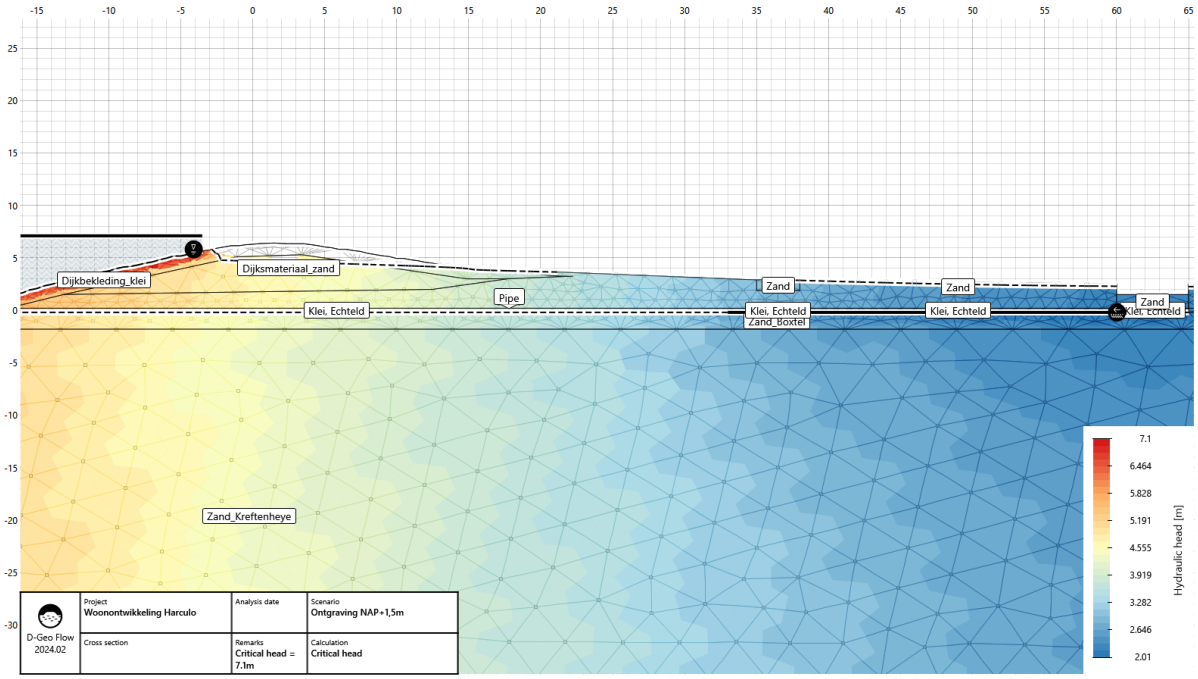
39.0_Harculo_2125_NAP+1,5_X60



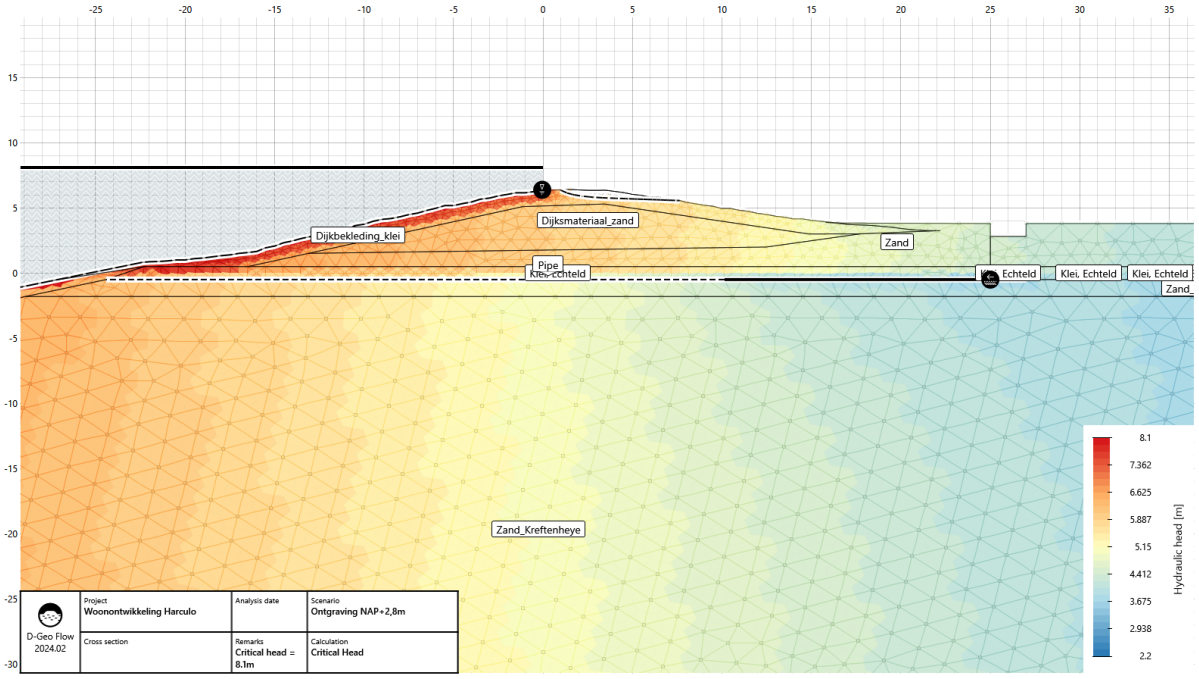
39.0_Harculo_2125_NAP+2,0_X25



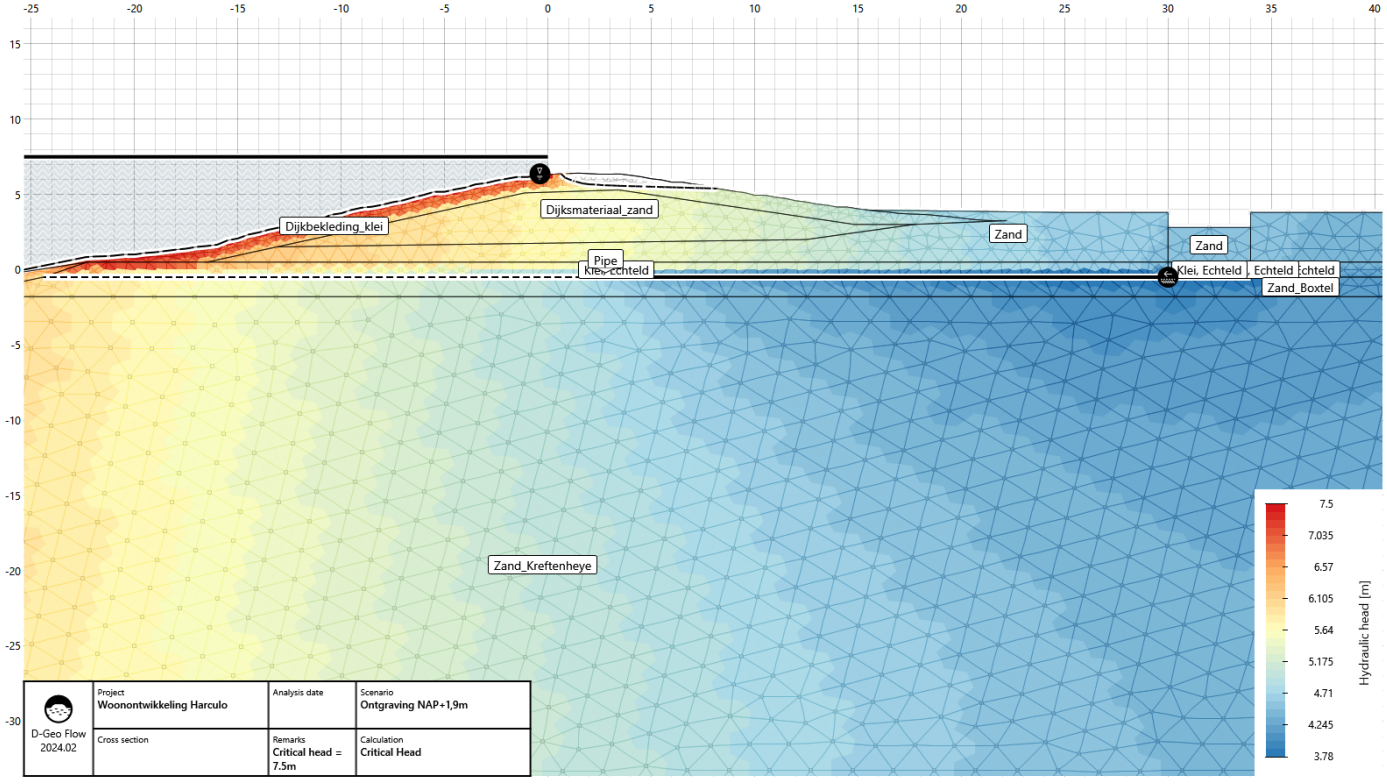
39.0_Harculo_2125_NAP+1,5_X60



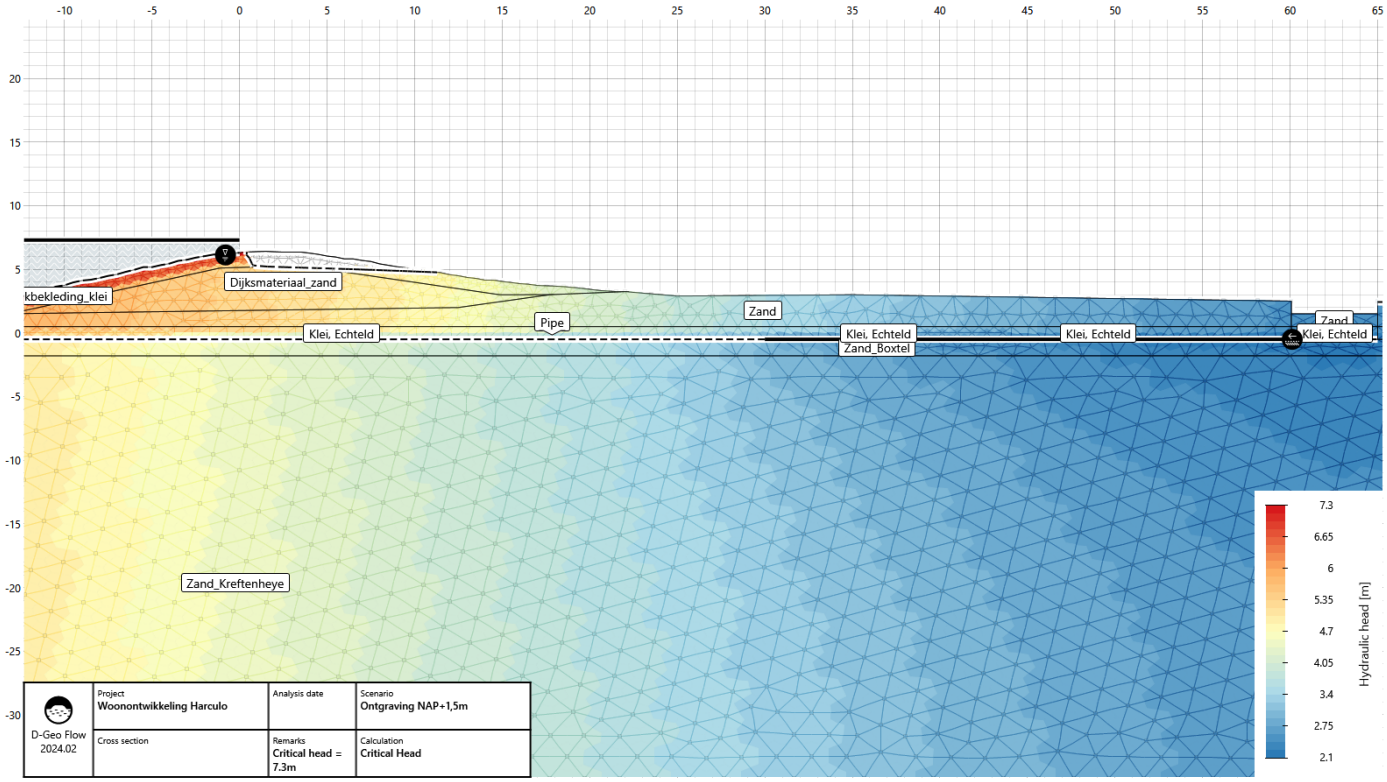
39.6_F_Harculo_2125_NAP+2,8m_X25



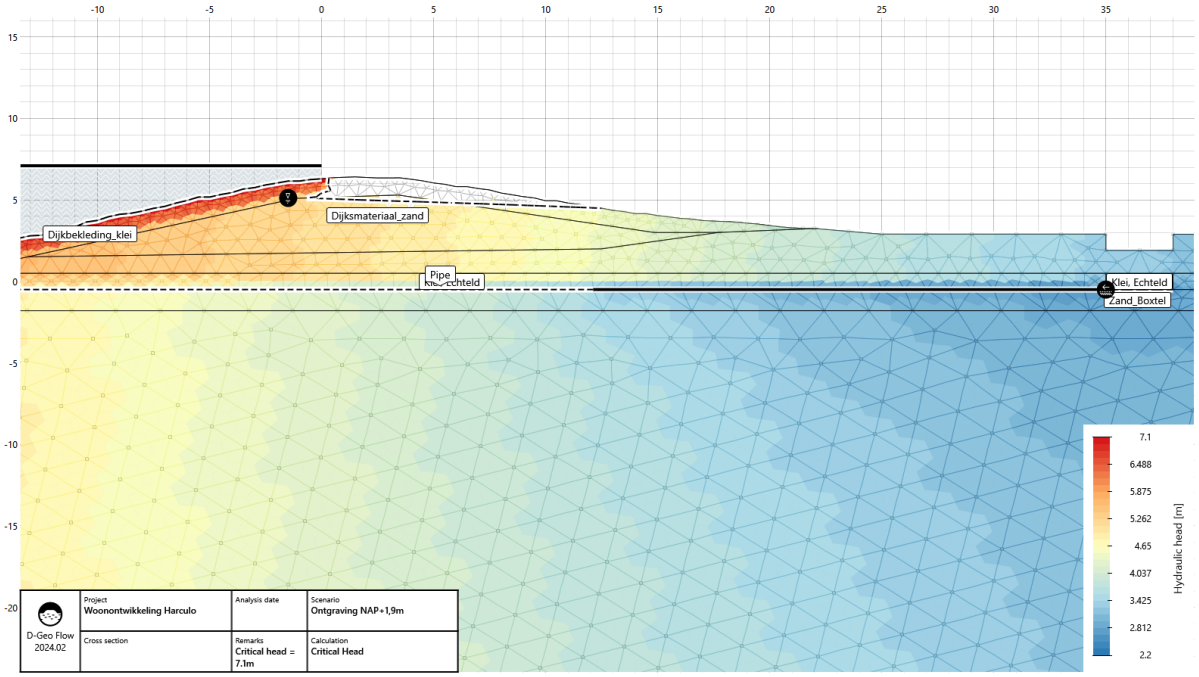
39.6_F_Harculo_2125_NAP+2m_X30



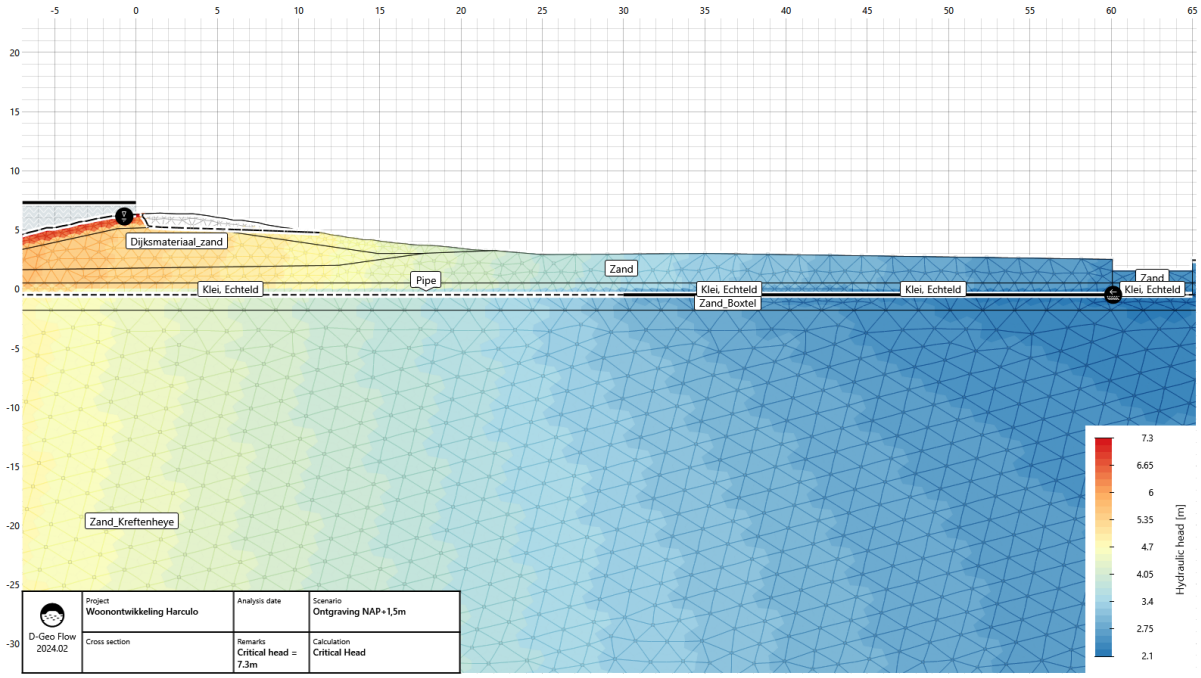
39.6_F_Harculo_2125_NAP+1,5m_X60



39.6_Harculo_2125_NAP+2m_X35



39.6_Harculo_2125_NAP+1,5m_X60



Bijlage I Resultaat zettingsberekeningen

Memo

ONDERWERP
Zetting Harculo

DATUM
28 mei 2025

VAN
Sonja Kalle

AAN
Reales Projecten

KOPIE AAN
Ruud Kloosterman

PROJECTNUMMER
30199276

ONZE REFERENTIE
5DYPZFHQQ2R3-373810282-2871:1.0

Reales Projecten heeft Arcadis opdracht gegeven om geotechnische werkzaamheden uit te voeren voor het Harculo terrein (plangebied). Reales heeft het voornemen om het terrein gelegen aan de IJssel te ontwikkelen voor woningbouw. Binnen deze memo wordt onderscheidt gemaakt tussen zetting nabij de primaire kering en zettingen als gevolg van de ontwikkeling van het plangebied ten behoeve van de woningbouw.

Uitgangspunten

Algemene uitgangspunten

De zettingsanalyses voor het bepalen van de zetting zijn uitgevoerd met het programma D-Settlement (versie 23.2). Er is gebruik gemaakt van het Koppejan rekenmodel in combinatie met Terzaghi.

Hydraulische belasting

De 2D zettingsberekening van de dijk is berekend met een dagelijkse waterstand van NAP -0,5m. De 1D zettingsberekeningen zijn uitgevoerd met een dagelijks waterstand van NAP -0,5m en een maximale waterstand van NAP +2,2m.

Zettingsparameters

De sterkte parameters van de grondlagen zijn overgenomen vanuit de TUN, de zettingsparameters zijn bepaald op basis van tabel 2b vanuit de NEN9997. De volledige tabel met parameters is opgenomen in Tabel 1.

Tabel 1 Geotechnische parameters stabiliteit

Laag	y_{unsat} [kN/m^3]	y_{sat} [kN/m^3]	Cp' [-]	Cp [-]	Cv [m^2/s]	POP [kPa]
Antropogeen-klei	18,5	18,5	25	100	5^{E}-8	2
Antropogeen-zand	18,2	19,2	200	800	-	-
Echteld – klei	16,4	16,4	30	120	5e-8	10
Nieuwkoop-veen	10,8	10,8	7,5	30	3^{E}-7	10
Boxtel – zand	19,7	19,7	200	800	-	-
Kreftenheye – zand	19,7	19,7	200	800	-	-
Ophoogzand	18	20				

Ophoging

In de zettingsberekeningen is uitgegaan van een ophoging van 1 meter zand die in één keer aangebracht is.

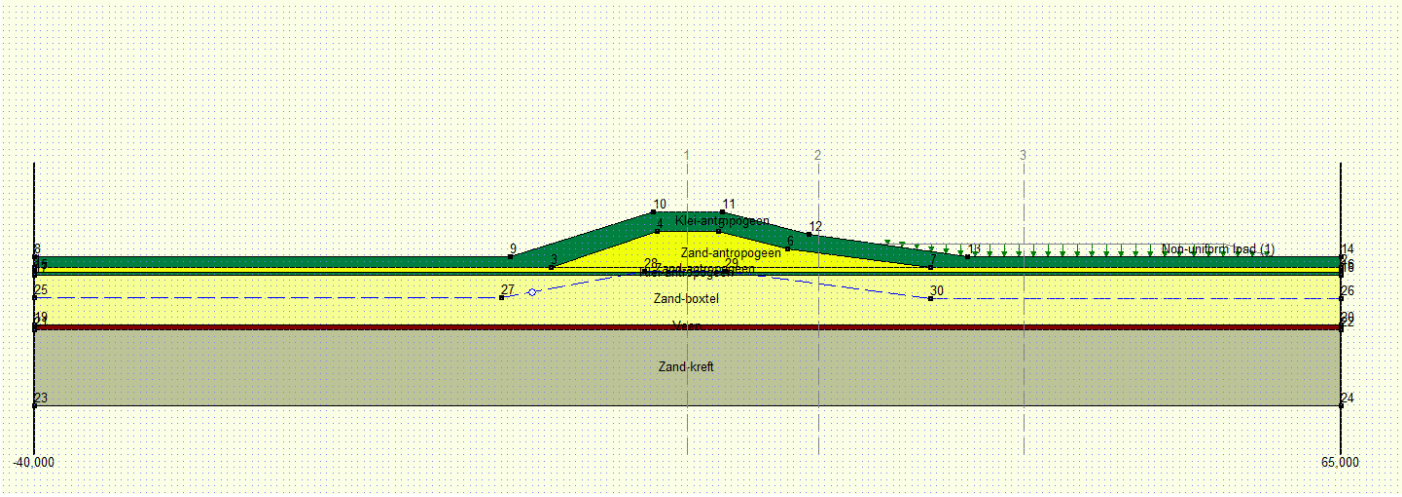
Primaire kering

Het plangebied wordt omsloten door de primaire kering van dijktraject 53-2. Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) is de beheerder van deze waterkering. Middels de Waterschapsverordening en bijbehorende legger en zoneringen zorgt het waterschap voor de instandhouding van de kering. Hiermee voorkomen ze werken door derden die potentieel de veiligheid van de waterkering aantasten. De regels gelden voor de beperkingsgebieden van de waterkering, waaronder het waterstaatswerk, beschermingszone A en B vallen.

In de Waterschapsverordening is opgenomen dat ophogingen binnen de beperkingsgebieden van de waterkering geen negatieve invloed mogen hebben op de waterveiligheid. Bij de ontwikkeling van het Harculoterrein wordt het maaiveld binnendijks circa 1 meter opgehoogd met zand. Deze ophoging mag geen negatieve invloed hebben op de kruinhoogte van de kering. Om het effect van deze ophoging inzichtelijk te maken is een zettingsberekening uitgevoerd. De uitgangspunten en resultaten zijn in deze memo opgenomen. De ondergrond is door de aanwezigheid van de vele zandlagen niet zettingsgevoelig.

Tabel 2: Bodemopbouw op basis van grondonderzoek bij dp 39.2 en 39.3

Laag	Bovenkant laag (m NAP)	Onderkant laag (m NAP)
Antropogeen – klei	6,4	4,9
Antropogeen – zand	4,9	1,6
Echteld – klei	1,6	1,4
Boxtel – zand	1,4	-2,6
Nieuwkoop – veen	-2,6	-3
Kreftenheye – zand	-3	-10



Figuur 1: Schematisatie ondergrond in D-Settlement 2D berekening

Resultaat

In de zettingsberekening zijn voor drie locaties de zettingen bepaald, waarbij het maaiveld ter plaatse van de binnenteen is verhoogd naar NAP+3,9m. Dit betreft dezelfde hoogte als van het profiel van vrije ruimte. Hierbij is de eindzetting bepaald na 10.000 dagen. Dit is exclusief autonome bodemdaling, dus alleen de zetting als gevolg van de ophoging van het achterland met 1 meter ophoogzand.

Tabel 3: Resultaat zettingsberekening primaire kering

Verticaal	Locatie	Berekende zetting [cm]
1	Kruin	0 cm
2	Berm	0 cm
3	Achterland	6,8 cm

Opmerking:
De berekende zetting kan in de werkelijkheid circa 40% afwijken. Dat kan gebeuren door allerlei factoren, zoals hoe complex het terrein is en de aannames die we maken tijdens het berekenen. Gezien de zandige ondergrond sluit de berekende zetting aan bij de ondergrond.

Conclusie
De ophoging van het achterland naar een maaiveldhoogte van NAP+3,9m veroorzaakt geen zetting ter plaatse van de kruin.

Ophogingen binnen het plangebied
Binnendijks wordt een deel van het plangebied deels opgehoogd met circa 1 meter zand (van NAP +2,9 m tot NAP+3,9 m). Voor het bouwrijp maken van het terrein zijn er vier zettingsberekeningen uitgevoerd op locatie van deze ophoging. De bijbehorende boringen zijn gekozen op basis van de diepte van de boring (2 meter diep) (zie Bijlage I).

De berekeningen zijn uitgevoerd middels de bovenstaande uitgangspunten.

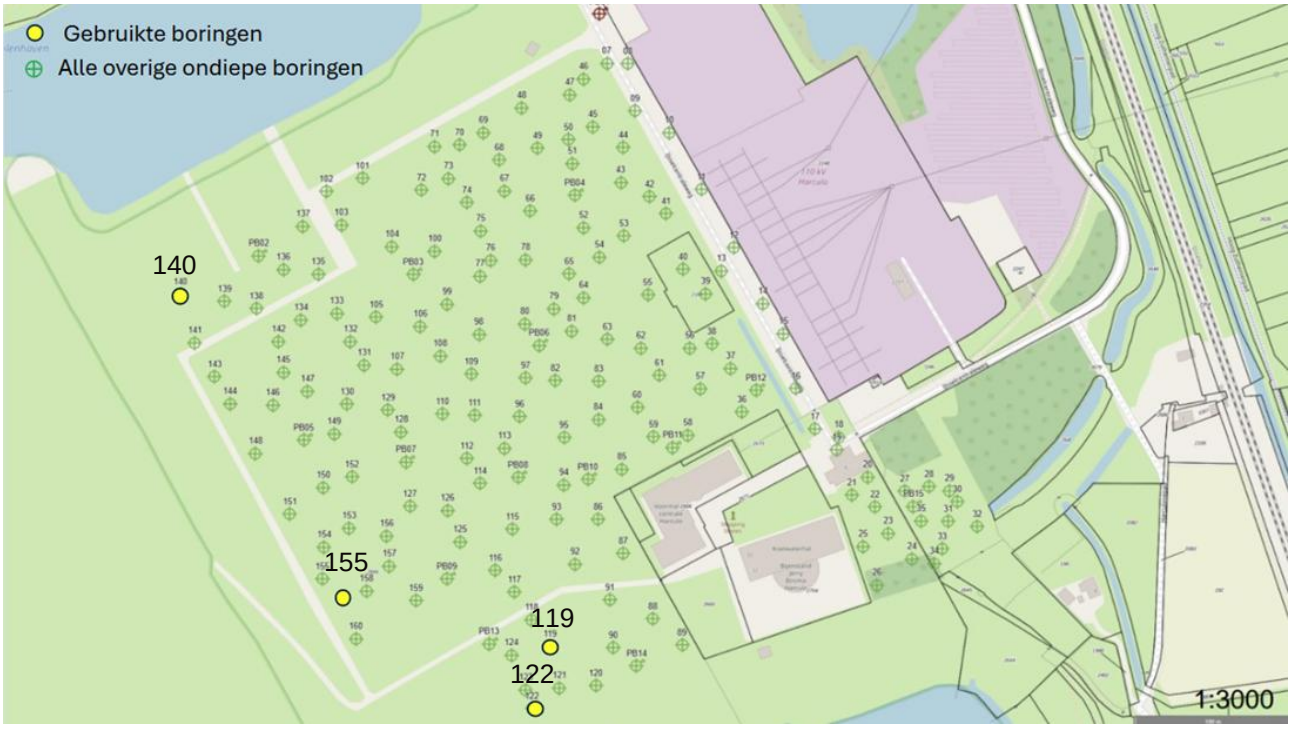
Resultaten
In de onderstaande tabel staan de resultaten van de zettingsberekeningen per waterstand. Hierbij is de eindzetting weergegeven in centimeter en het tijdsverloop van de eindzetting weergegeven in dagen.

Tabel 4 Resultaten 1D zettingsberekeningen

Boring nr.	Polderpeil [m NAP]	Zetting [cm]	Tijd [dagen]
119	-0,5	3,5	100
122	-0,5	1,6	25
140	-0,5	3,6	100
155	-0,5	1,4	10

Conclusie
Bij een ophoging van 1 meter op het terrein vindt een maximale zetting van 4,2 cm plaats. Het grootste deel van de zettingen vinden plaats binnen 100 dagen. Ook bij boring 119, zie Figuur 3 in Bijlage II. Het verschil in zettingen komt door het verschil in bodemopbouw (zie Bijlage I). Hoe meer klei, hoe meer zetting. Dit komt doordat klei samendrukbaar is en zand niet. In alle gevallen is de zetting erg beperkt. Bij diverse infrastructurele projecten geldt een restzettingseis van 10 cm in 10 jaar tijd. Bij ophogingen in het gebied zijn geen zettingsversnellende maatregelen nodig. Aan de zuidwestelijke zijde van het plangebied is de meeste klei aanwezig en treedt dus een beetje zetting op.

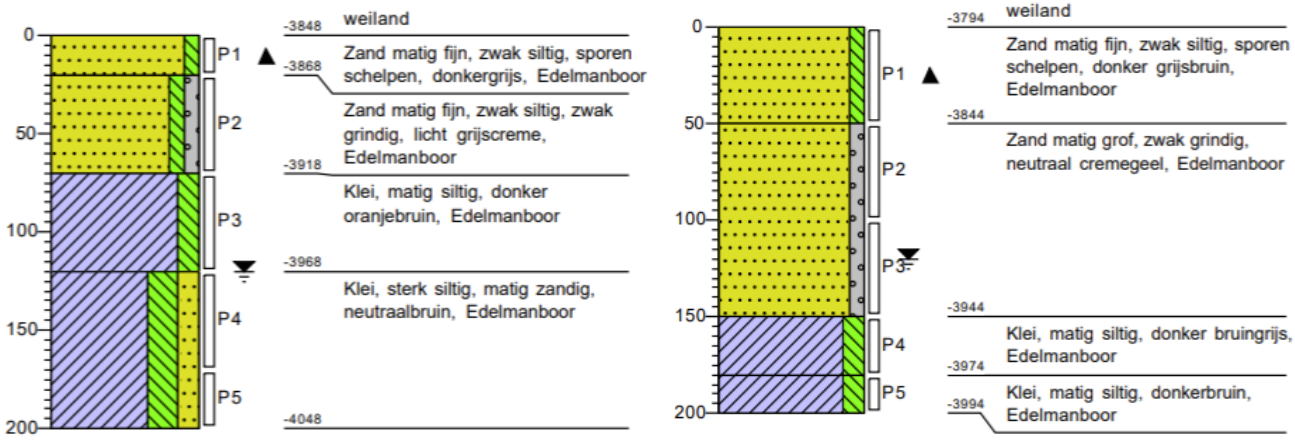
Bijlage I – Boringen



Figuur 2 Locaties boringen

Boring:	119
boring	
Soort meetpunt:	
X:	204047,77
Y:	497901,72
Datum:	16-12-2024
GWS:	120

Boring:	122
boring	
Soort meetpunt:	
X:	204036,66
Y:	497861,25
Datum:	16-12-2024
GWS:	120

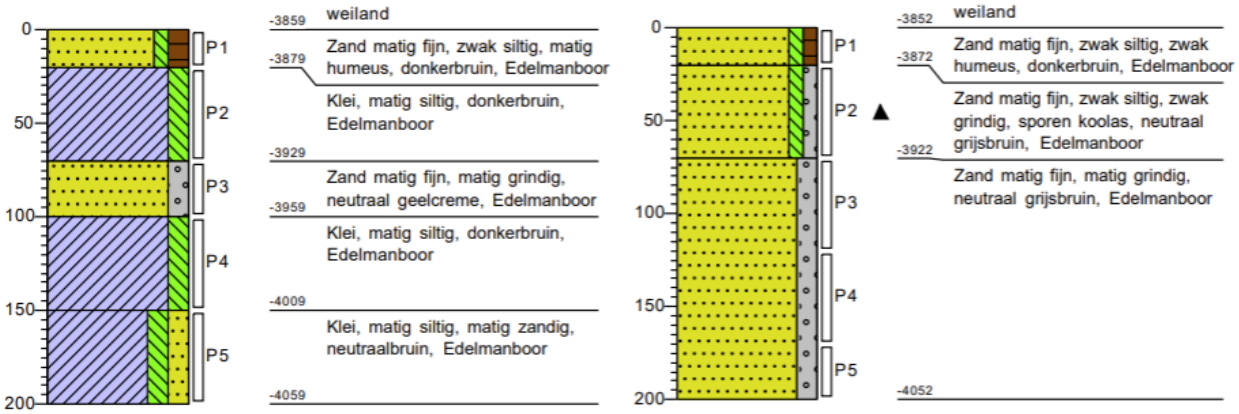


Boring: 140
boring
Soort meetpunt:

X:	203807,79
Y:	498126,93
Datum:	16-12-2024

Boring: 155
boring
Soort meetpunt:

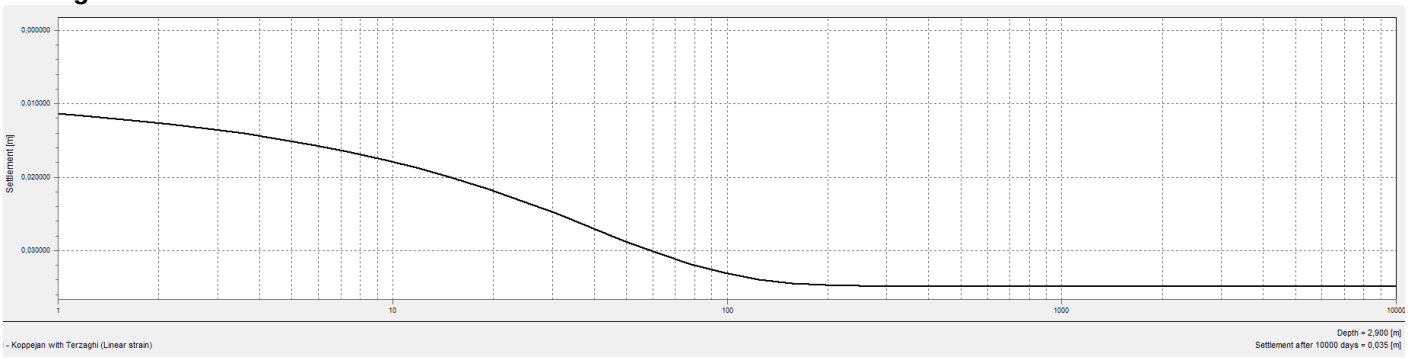
X:	203900,96
Y:	497943,80
Datum:	16-12-2024



*Bij boring 155 is de diepere kleilaag van 0,3 cm dik vanuit DINOloket erin gezet.

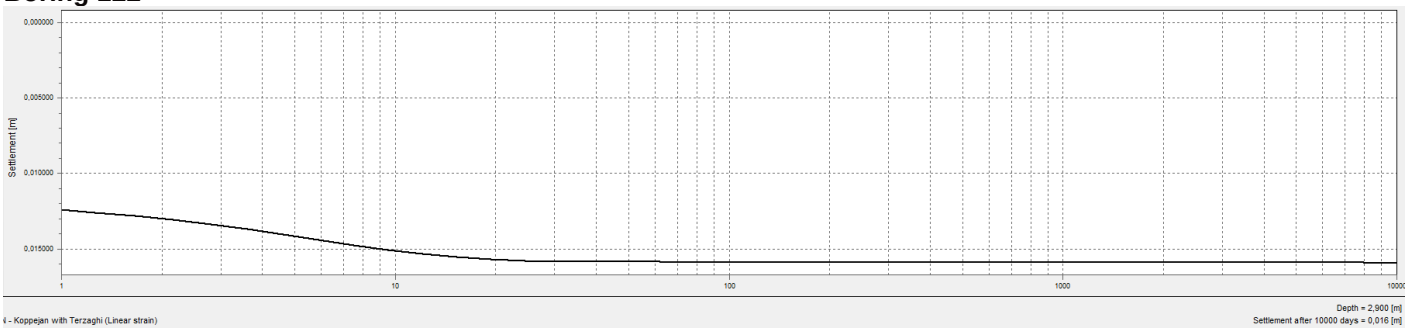
Bijlage II – Zetting in 10.000 dagen

Boring 119



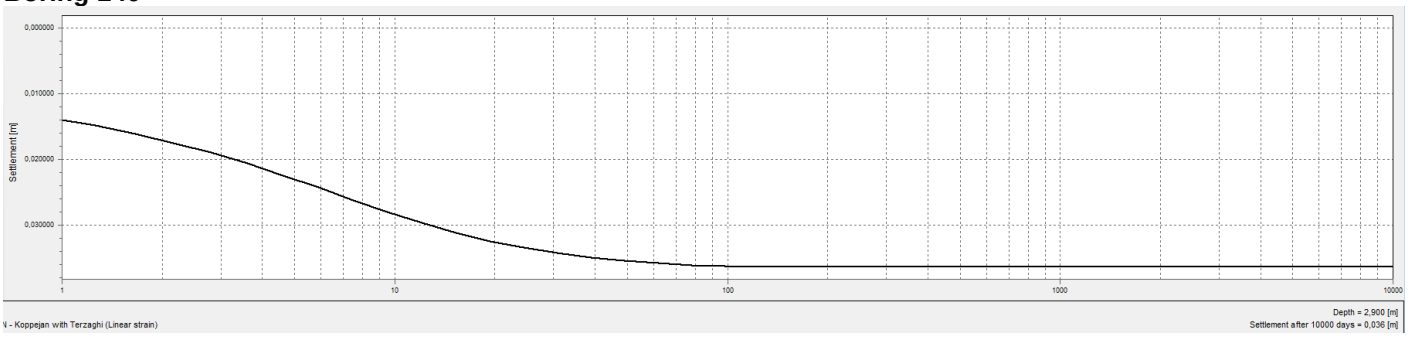
Figuur 3 Boring 119 Dagelijks

Boring 122



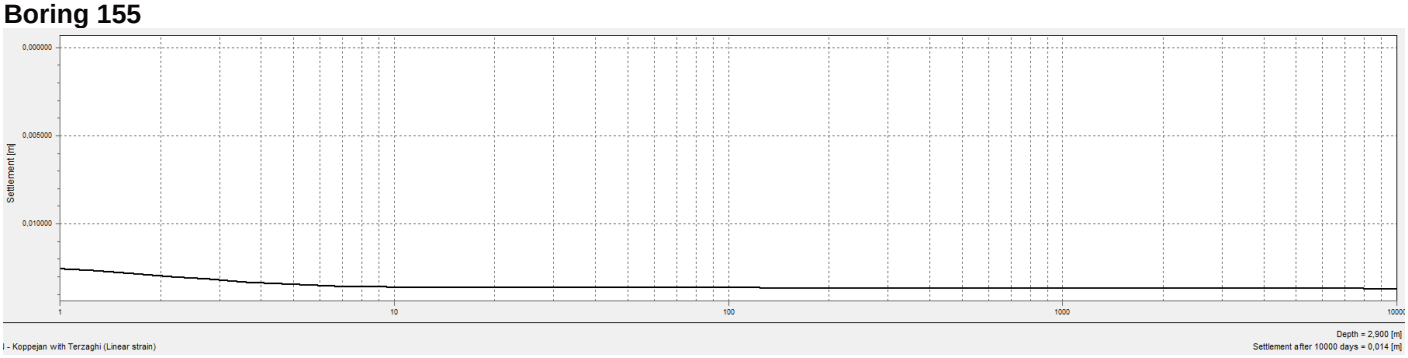
Figuur 4 Boring 122 Dagelijks

Boring 140



Figuur 5 Boring 140 Dagelijks

Boring 155



Figuur 6 Boring 155 Dagelijks

Bijlage J Dijkverbetering IJsselwerken ter plaatse van plangebied

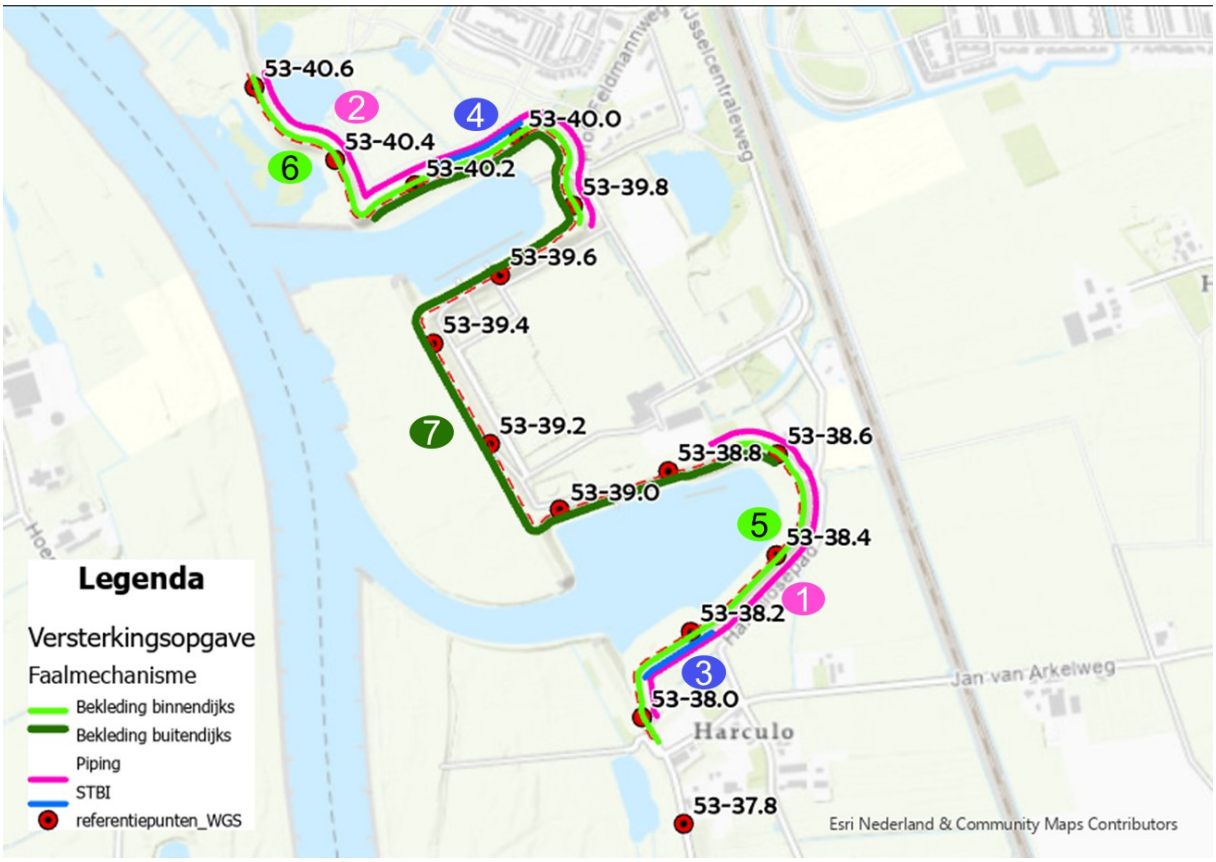
In het plangebied heeft IJsselwerken een verbeteringsopgave omdat de waterkering niet voldoet aan de vereiste norm. In de rapportage “20293-BER-00486 Berekeningsrapport MN-1-2, IJsselwerken, 30-6-22” is de versterkingsopgave opgenomen voor het traject Windesheim, Centrale Harculo en de Schellerdijk uitgewerkt ten behoeve van de verkenningsfase van het project. In Tabel 9-1 is de versterkingsopgave opgenomen. Binnen het project IJsselwerken werken ze met meerdere ontwerploops. De opgave en maatregelen zijn op deze locatie stabiel. Naar verwachting wordt de dijkversterking in de periode augustus 2027 tot september 2028 uitgevoerd.

Dijktraject 53-2 heeft een ondergrenswaarde van 1/3000 en een signaleringswaarde van 1/10.000 per jaar. Bij het dijkontwerp is rekening gehouden met een hydraulisch belastingniveau (HBN) van 10 l/s/m. Ter plaatse van het terrein is geen hoogtetekort aanwezig. Het toegepaste overslagdebiet resulteert op twee locaties wel tot een aanpassing van de bekleding binnendijks.

Over het algemeen kan worden gesteld dat de locatie waar woningbouw gepland is, een beperkte dijkversterkingsopgave heeft. Dit komt met name doordat het terrein binnendijks relatief hoog ligt. Op de locaties waar het achterland lager ligt, is op diverse locaties een piping- en stabiliteitsopgave. In Figuur 9-7 is locatie van de versterkingsweergave per faalmechanisme opgenomen.

Tabel 9-1: Overzicht versterkingsopgave IJsselwerken

van [km]	tot [km]	hoogtetekort [m]	macrostabiliteit binnenwaarts	piping, kwelwegtekort [m]	bekleding binnentalud	bekleding buitentalud	bijzonderheden
35,5	38	Alleen bij lokale dijk-overgangen (max 0,5 m) en bij buurt schap Harculo (max 0,15 m)	stabiliteitsopgave tussen km 36,69 en km 37,45	0 – 185	grotendeels stabiel (bij kleikern) maar niet overal erosiebestendig i.v.m. taluds steiler dan 1 op 3	onvoldoende kleizekerheid, dus vervangen	rabattenbos, woningen nabij dijk bij buurtschap Harculo en kruising hogedrukgasleidingen
38	39	Geen	stabiliteitsopgave tussen km 38,1 en km 38,22	0 – 125	zandbekleding niet stabiel tot ~ km 38,7, daarna wel in verband met flauwe taludhellingen	onvoldoende kleizekerheid, dus vervangen	gemaal Harculo bij km 38,65 steiger en hevelhuisje op ENGIE-terrein
39	39,45	Geen	Geen	0	geen opgave in verband met flauwe taludhellingen	onvoldoende kleizekerheid, dus vervangen	
39,45	40,3	Geen	stabiliteitsopgave tussen km 39,97 en km 40,15	0 - 95	tot ~ km 39,7 geen opgave, daarna wel in verband met steilere taludhellingen	onvoldoende kleizekerheid, dus vervangen	steiger en hevelhuisje op ENGIE-terrein waardevolle bomenrij tussen km 40,0 en km 40,3
40,3	40,9	Geen	stabiliteitsopgave tussen km 40,82 en km 40,90	60 – 90	zandbekleding niet stabiel	onvoldoende kleizekerheid, dus vervangen	bomen en kolken nabij de binnenteen



Figuur 9-7: Globale weergave versterking, de maatregelen zijn opgenomen in Tabel 9-2.

Tabel 9-2: Versterkingsopgave

Nr.	Faalmechanisme	Verbetermaatregel
1	Piping	Verticaal zanddicht geotextiel (VZG)
2	Piping	Heavescherm ter plaatse van het binnentalud
3	Stabiliteit binnenwaarts	Stabiliteitsberm van 8 meter hoogte insteek berm op NAP+3,4 m
4	Stabiliteit binnenwaarts	Stabiliteitsberm van 4 meter hoogte insteek berm op NAP+3,8 m
5	Bekleding binnenwaarts	Aanpassen dikte kleibekleding op basis van toelaatbare overslagdebiet
6	Bekleding binnenwaarts	Aanpassen dikte kleibekleding op basis van toelaatbare overslagdebiet
7	Bekleding buitenwaarts	Aanpassen bekleding. Er is belangrijke flora op de kering aanwezig. De kleilaag op de kering wordt verbeterd (dikker). Vervolgens wordt de leeflaag voor de flora weer boven op de kleilaag teruggezet.

Pipingmaatregelen

Binnendijks worden twee maatregelen getroffen binnen het plangebied: een kunststof heavescherm en VZG (geotextiel). Het heavescherm zal geplaatst worden bij de noordelijke haven op de zuidoostelijke hoek, deels in het talud. Vanuit de keur mag binnen 10m vanuit de teen geen beplanting worden aangebracht, behalve als er aangetoond is dat dit geen effect heeft op de waterveiligheid. De verwachting is dat dit weinig effect zal hebben op verdere ontwikkeling van het terrein. De VZG wordt geplaatst bij de zuidelijke haven op de noordoostelijke hoek. Dit heeft effect op de mogelijkheden van de groei van beplanting, omdat worteling door het doek voorkomen moet worden. Er zal aangegeven worden welk type plant wel en niet mag.

Bekleding

Binnendijks:
Er zijn grofweg twee ontwerpoplossingen: het herprofileren van de taludhelling en het aanbrengen van een nieuwe kleibekleding. Het herprofileren is effectief voor het gedeelte waar alleen een opgave is vanuit erosiebestendigheid. Bij een 1-op-3 talud, een overslagdebiet lager dan 10 l/s/m bij doorsnede-eis en een gesloten graszode is de bekleding erosiebestending. De eisen op basis waarvan een nieuwe kleibekleding wordt ontworpen worden onder de tabel nader toegelicht.
Verder wordt op enkele stukken een extra dikke leeflaag van 0,6 m aangebracht in verband met dijkflora. Deze leeflaag kan bestaan uit zandig of kleiig materiaal.

Buitendijks:
Op de stukken km 38,6 tot km 39,4 en km 39,9 tot km 40,3 wordt een dikkere leeflaag (0,6 m in plaats van 0,3 m) met dijkflora toegepast. Aan deze leeflaag wordt geen sterkte toegekend.

Colofon

WATERVEILIGHEID EN WATERHUISHOUDKUNDIG PLAN NIEUW HARCULO
BEPALING LEGGERPROFIEL, PROFIEL VAN VRIJE RUIMTE EN WATERHUISHOUDING

KLANT
Reales Projecten

AUTEUR
Sonja Kalle

PROJECTNUMMER
30199296

ONZE REFERENTIE
5DYPZFHQQ2R3-373810282-3748:2.0

DATUM
12 maart 2026

STATUS
Definitief

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner die vooraan staat bij de meest impactvolle projecten van onze tijd. We helpen onze klanten duurzame keuzes te maken via de combinatie van digitale innovatie, expertise en toekomstgerichte vaardigheden in onder meer milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. Wij zetten die extra stap om onze klanten op maat gemaakte oplossingen te bieden voor ontwerp, engineering en advies. Door data-gedreven inzichten in te zetten geven we de natuurlijke en gebouwde omgeving samen vorm. Met meer dan 35.000 mensen bundelen we wereldwijde expertise en pakken we samen uitdagingen als klimaat, betaalbare energie en leefbare steden aan. We verbeteren de levenskwaliteit door onze aanwezigheid in meer dan 30 landen. In 2024 behaalden we een bruto-omzet van €5,0 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life