



Plan van aanpak voor aanleg bovenafdicthting 'Dak van Drenthe' Attero Wijster

21 maart 2023

Verantwoording

Titel	Plan van aanpak aanleg bovenafdeling 'Dak van Drenthe' Attero Wijster
Opdrachtgever	Attero BV
Projectleider	Adri Verkerk
Auteur(s)	Adri Verkerk, Jaap Steketee, Max Admiraal, Barbara Bouman
Projectnummer	1321998
Aantal pagina's	17
Datum	21 maart 2023
Handtekening	'Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven'

Colofon

Syntraal
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 88 02 44 300
E info@syntraal.nl

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Vooronderzoek Hydrostab	10
2.1	Algemeen	10
2.2	Afdichtende werking van Hydrostab en lange termijn stabiliteit.....	10
3	Ontwerp bovenafdichting	5
3.1	Algemeen	5
3.2	Ontwerptekeningen	5
3.3	Fasering aanleg	6
3.4	Zettings- en klink ondergrond.....	6
3.5	Materiaalkeuzes	6
3.5.1	Steunlaag	6
3.5.2	Minerale afdichtingslaag	7
3.5.3	Synthetische afdichtingslaag	8
3.6	Doorvoeringen gasbronnen en peilbuizen.....	8
3.7	Hemelwaterafvoersysteem.....	9
3.8	Afdekground.....	9
4	Berekening capaciteit hemelwaterafvoersysteem.....	12
4.1	Uitgangspunten hemelwaterafvoersysteem	12
4.2	Resultaten en advies op basis van de uitgangspunten	14
4.3	Advies dimensionering systeem.....	16
5	Berekening stabiliteit bovenafdichting.....	17
5.1	Algemeen	17
5.2	Methode	18
5.3	Conclusie	19

Bijlage 1 Hoogteligging eind 2020

Bijlage 2 Productspecificatie drainagemat

Bijlage 3 Ontwerptekeningen

Bijlage 4 Stabiliteitsberekening

1 Inleiding

Attero heeft Syntraal gevraagd om het 'Plan van aanpak' (ontwerp) ten behoeve van de aanleg van een bovenafdichting ter plaatse van het 'Dak van Drenthe' op de afvalberging te Wijster te wijzigen. De rapportage met kenmerk R001-1321998AJV-V04-ygl-NL, d.d. 24 januari 2022 komt hiermee te vervallen.

In het kader van het project 'Dak van Drenthe' is vanaf december 2017 tot eind 2019 een circa 800 m lange wal van AEC-bodemas boven op de afvalberging van Attero aangelegd. In de wal is circa 2,5 miljoen ton bodemas verwerkt. Nadat het onderliggende stortlichaam voldoende is gezet kan een definitieve afdichting worden aangebracht. Voor de situering in het najaar van 2020 wordt verwezen naar figuur 1.1.



Figuur 1.1 Situering bovenafdichting Attero Wijster

Attero is voornemens om voorjaar 2023 te starten met de aanleg van de bovenafdichting. Vanwege de verplichting om de wal van AEC-bodemas boven op de afvalberging voor 31 december 2024 afgedicht te hebben, heeft Attero besloten om het noordoostelijke deel van de wal op korte termijn af te dichten met Trisoplast als minerale afdichtingslaag in combinatie afdichting met HDPE-folie.

Het voornemen is om aansluitend begin 2024 te starten met het aanbrengen van een afdichting met Hydrostab als minerale afdichtingslaag in combinatie afdichting met HDPE-folie op het zuidwestelijke deel. Hiermee ontstaat tijd om proefvelden met Hydrostab aan te leggen en te beproeven.

Attero heeft een aangepast eindmodel voor de stortplaats ingediend bij Provincie Drenthe. Daarin wordt de sloen tussen Dak van Drenthe en de stortvakken 5A, fase 1, 2 en 3, benut voor het verwerken van afval. Conform de vigerende vergunning dient in dat geval een tussenafdichting te worden aangelegd. Daarom zal de afdichting langs de zuidwestelijke zijde onder de huidige Middenweg worden doorgetrokken en aangesloten op de stortvakken 5A, fase 1, 2 en 3. Hiermee kan de combinatieafdichting Hydrostab-HDPE-folie in de toekomst als tussenafdichting fungeren.

Voor de situering van fase 1 (2023) en fase 2 (2024) wordt verwezen naar bijlage 3.

Het uiteindelijke doel is dat de hierboven vermelde combinatie-(boven)afdichtingen een aantoonbaar technische levensduur hebben van minimaal 100 jaar.

In voorliggend plan van aanpak wordt een beschrijving gegeven van het ontwerp van de bovenafdichting op het 'Dak van Drenthe'. Voorliggend plan van aanpak, het Protocol integrale kwaliteitszorg en procesbeheersing van bovenafdichtingen met Hydrostab op stortplaatsen, versie 1.2, d.d. 20 januari 2022 (hierna Protocol integrale kwaliteitszorg Attero Hydrostab), en het Protocol integrale kwaliteitszorg en procesbeheersing van bovenafdichtingen op stortplaatsen van Attero, versie 2.2, d.d. 13 december 2022 (hierna Protocol integrale kwaliteitszorg Attero), zullen (als bijlage) onderdeel uitmaken van het bestek.

Het plan van aanpak, bestek en de bijlagen worden ingediend bij de provincie Drenthe.

2 Ontwerp bovenafdichting

2.1 Algemeen

Ten behoeve van het ontwerp wordt ingegaan op de volgende aspecten:

- Ontwerptekeningen
- Fasering aanleg
- Zettings- en klonkonderzoek van zowel de ondergrond als het afvalpakket
- De voorgenomen materiaalkeuzes
- Principe ontwerp van de afdichtingconstructie met waterafvoersystemen, inclusief dimensionering drainagemat en afvoerleidingen
- Doorvoeringen voor peilbuizen en stortgasbronnen
- Afdekgrond (leeflaag)
- Stabiliteit van de bovenafdichting en afdeklaag (onderlinge glijvlakken)

2.2 Ontwerptekeningen

Tijdens het opstellen van het plan van aanpak is een aanvang worden gemaakt met het uitwerken van de ontwerptekeningen. Hierbij wordt uitgegaan van de volgende tekeningen:

- Bestaande situatie en opruimwerkzaamheden
- Nieuwe situatie, inclusief fietsroute over 'Dak van Drenthe'
- Doorsneden en details

Hierbij zal inzicht verschaft worden in:

- De situering en geactualiseerde hoogteligging van de bodemas-laag (imeting d.d. 28-2-2023).
- De aansluiting(en) van de nieuwe afdichtende laag op de omliggende terreindelen, langs de noord-, oost- en zuidoostzijde en de Middenweg, voor zover reeds een onder- dan wel bovenafdichting aanwezig is, op basis van revisie gegevens
- Ligging hemelwaterafvoersysteem e.d. op en rond de locatie

2.3 Fasering aanleg

Attero is voornemens om in het voorjaar 2023 te starten met de aanleg van fase 1 van de bovenafdichting, gesitueerd op het noordoostelijke deel van Dak van Drenthe. In fase 1 zal Trisoplast worden toegepast als minerale afdichtingslaag.

Aansluitend wordt begin 2024 gestart met het aanbrengen van fase 2 van de bovenafdichting op het zuidwestelijke deel van Dak van Drenthe met Hydrostab als minerale afdichtingslaag. Vooruitlopend hierop zullen medio 2023 proefvelden met Hydrostab aangelegd en beproefd worden. Op basis van de resultaten van kwaliteitscontroles, keuringen en onderzoeken van de proefvelden zal de provincie vervolgens worden gevraagd om een Go/No Go besluit nemen ten aanzien van de toepassing van Hydrostab als minerale afdichtingslaag.

Samengevat:

- Fase 1: april t/m augustus 2023, bovenafdichting met Trisoplast als minerale afdichtingslaag
- Fase 2: maart t/m oktober 2024, boven(tussen)afdichting met Hydrostab als minerale afdichtingslaag

In de tussenliggende perioden wordt een 'winterstop' ingelast, aangezien de civieltechnische verwerkingsmogelijkheden, ten gevolge van bijvoorbeeld vorst en mogelijk overmatige/langdurige regen op de grondstoffen, het mengen en verwerken van de minerale afdichtingen negatief kunnen beïnvloeden. Ook de aanleg van HDPE-folie is sterk weersafhankelijk (regen, wind, temperaturen).

2.4 Zettings- en klink ondergrond

Voorafgaande aan het opbrengen van de AEC-bodemassen ten behoeve van de te realiseren zichtwal zijn zakbakens geplaatst en periodiek gemonitord. Op basis van de monitoringsresultaten is geconcludeerd dat de zetting / klink van het hieronder aanwezige afval zodanig is dat de nog te verwachten verschilzakking zonder verlies van functie door de afdichtingsconstructie kan worden opgevangen.

Tijdens en na het aanleggen van de bovenafdichtingsconstructie wordt nog een minimale (gelijkmatige) zetting verwacht.

2.5 Materiaalkeuzes

2.5.1 Steunlaag

De steunlaag bestaat uit de reeds aangebrachte laag AEC bodemassen. Voordat de minerale laag wordt aangebracht wordt de steunlaag gecheckt op vlakheid. Indien sprake is van beschadigingen ten gevolge van erosie, wordt dit hersteld en wordt de laag geprofileerd en geëgaliseerd.

Om de gewenste hoogteligging te bereiken wordt op de taluds van fase 1 (Trisoplast) een uitvullaag van circa 0,63 m AEC-bodemas toegepast.

2.5.2 Minerale afdichtingslaag (fase 1, 2023)

De minerale afdichtingslaag op het noordoostelijke deel zal bestaan uit een Trisoplast mengsel. Sinds het einde van de negentiger jaren van de vorige eeuw wordt veelvuldig gebruik gemaakt van het toepassen van een polymeer-zand-bentoniet-mengsel, oftewel Trisoplast. Met dit mengsel ontstaat een minerale afdichtingslaag die voldoet aan de gestelde eisen in het Stortbesluit bodembescherming. Trisoplast wordt aangelegd overeenkomstig het 'Protocol integrale kwaliteitszorg Attero'.

Trisoplast is bij de huidige stand der techniek zeer geschikt voor toepassing in een minerale afdichtingslaag. Bij een gemiddelde laagdikte van 0,07 m heeft dit materiaal zich als (meer dan) gelijkwaardig bewezen ten opzichte van de zogenaamde 'referentie-afdichting' uit de Richtlijn Dichte Eindafwerking. De Trisoplast wordt aangelegd met een laagdikte van 0,07 m - 0,01/+0,02 m. Hiermee is een zeer lage doorlatendheid te realiseren (verder geldt als voordeel dat vanwege de beperkte laagdikte minder beroep gedaan hoeft te worden op beschikbare bouwstoffen (zand en bentoniet). Over het algemeen bevat een Trisoplastmengsel circa 13 % bentoniet. De hoeveelheid toe te voegen polymeer wordt hier op afgestemd.

Volgens de protocollen Trisoplast dient voor de (on)doorlatendheid van de minerale afdichtingslaag uitgegaan te worden van een infiltratie van maximaal 20 mm/jaar, wat omgerekend bij een laagdikte van 0,06 m (de ondergrens van de laagdikte tolerantie) resulteert in een eis aan de doorlatendheid (k-waarde) van $6,55 \cdot 10^{-11}$ m/s.

De laag Trisoplast wordt direct op een steunlaag van AEC-bodemas aangebracht. AEC-bodemas kan zouten bevatten die op de lange duur het bentoniet in de Trisoplast kunnen aantasten. De aanwezigheid van deze zouten (SAR-waarde) wordt bepaald volgens de NTA 8888. Op basis van de resultaten van dit onderzoek zal de te realiseren K-waarde indien nodig worden bijgesteld, zodat wordt voldaan aan de criteria om te komen tot een functionele levensduur van minimaal 100 jaar.

In de teen van de stortplaats zal de laag Trisoplast (evenals de folie) aangesloten worden op de bovenafdichting van het naastliggende deel.

2.5.3 Minerale afdichtingslaag (fase 2, 2024)

De minerale afdichtingslaag voor het zuidwestelijke deel zal bestaan uit een Hydrostab mengsel. Ten aanzien van de kwaliteit van deze afdichtingslaag wordt uitgegaan van het Protocol integrale kwaliteitszorg Attero Hydrostab en de Protocollen Hydrostab voor het project 'Dak van Drenthe', d.d. 21 september 2021, SGS Intron, documentnr. A123150/R20201241.

Op basis van de protocollen wordt uitgegaan van een nominale dikte voor de verschillende lagen:

- Onderlaag: laagdikte gemiddeld 0,35 m¹
- Toplaag: laagdikte gemiddeld 0,35 m¹

In het kader van het plan van aanpak wordt uitgegaan van een totale laagdikte van 0,70 m.

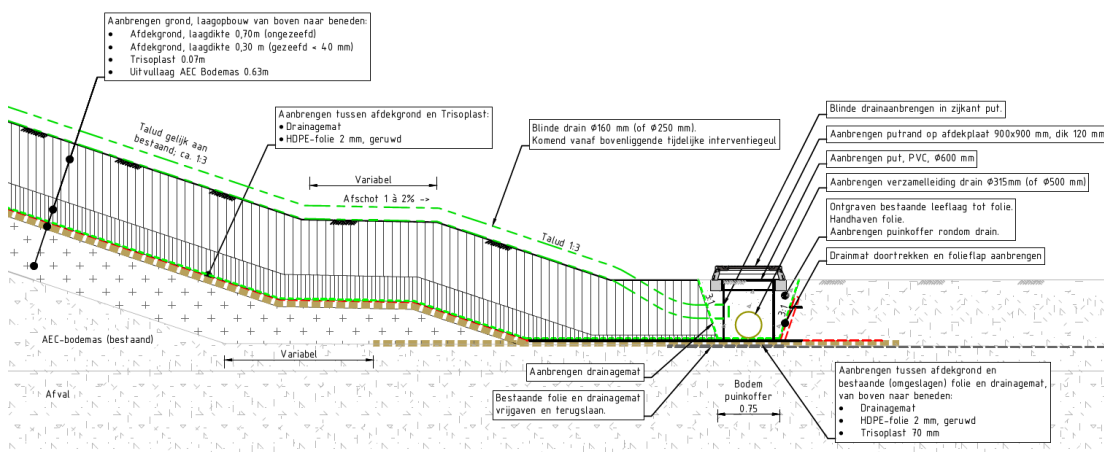
De toleranties op de totale laagdikte: - 0,05 en + 0,05 m.

Voor een nadere beschrijving van het uitgevoerde vooronderzoek wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

2.5.4 Synthetische afdichtingslaag

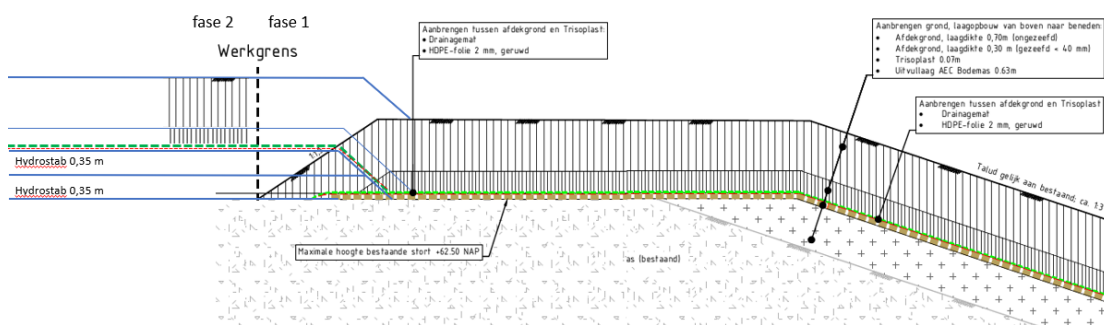
De kunststof afdichting zal bestaan uit een HDPE-folie met een dikte van 2 mm, in banen van minimaal 7,0 m breed met een lengte van circa 100 m. Op de taluds tot 1:4 wordt gebruikt gemaakt van een gemodificeerde folie (tweezijdig geruwd). Op de min of meer vlakke delen (taluds flauwer dan 1:4 tot horizontaal) wordt gebruikt gemaakt van een gladde folie.

Voor een prinscheschets van de opbouw van de afdichtingslaag op het noordoostelijke deel en de aansluiting op de bestaande afdichtingslagen wordt verwezen naar figuur 3.1.



Figuur 3.1 Principe opbouw bovenafdichting en teenconstructie

Voor een prinscheschets van de opbouw van de afdichtingslaag in de kruin van de wal, de aansluiting van Hydrostab op Trisoplast wordt verwezen naar figuur 3.2.



Figuur 3.2 Principe aansluiting bovenafdichting met Hydrostab op Trisoplast op de kruin

2.6 Doorvoeringen gasbronnen en peilbuizen

Ter plaatse van de locatie die wordt voorzien van een bovenafdichting zijn een aantal te handhaven stortgasbronnen aanwezig. De bronnen zullen met een doorvoerconstructie door de afdichting geleid worden. De hierop aangesloten gasleidingen worden op de afdichtende laag aangebracht.

Tevens zijn in het terrein een aantal te handhaven peilbuizen aanwezig, ook deze worden doorgevoerd middels een doorvoerconstructie.

2.7 Hemelwaterafvoersysteem

Voor de ontwatering van de afdekgrond wordt gebruik gemaakt van een drainagemat:

GSE type FabriNet HF-E B120. De mat wordt aangelegd conform de aanleg voorschriften van de leverancier. Ter plaatse van de teen van het talud zal een verzameldrainageleiding worden gerealiseerd. Het verzamelde water (wit water in de terminologie van Attero) zal worden afgevoerd naar oppervlaktewater buiten het stortlichaam.

Voor een berekening van de afvoercapaciteit van de drainagemat en verzamelleiding(en) wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

2.8 Afdekgrond

De afdeklaag (ook wel leeflaag genoemd) zal worden aangebracht met een dikte van circa 1,00 m, bestaande uit een onderlaag van minimaal 0,30 m gezeefde grond (< 40 mm) en een bovenlaag van 0,70 m ongezeefde grond. Vervolgens wordt de afdekgrond ingezaaid. Een dikte van circa 1,00 m (na inklinken) is voldoende om natuurlijke grasvegetatie te kunnen handhaven.

De kwaliteit van de afdekgrond is maximaal kwaliteitsklasse Industrie. Conform de afspraken in de Samenwerkingsovereenkomst met de Provincie Drenthe zal op de terreindelen die worden ingericht voor extensieve recreatie een laag grond van maximaal kwaliteitsklasse Wonen worden aangebracht. Deze laag dient minimaal 0,5 m dik te zijn. Deze gedeelten zijn nog nader te bepalen op basis van het ontwerp voor de recreatieve voorzieningen dat door de Provincie Drenthe wordt uitgewerkt. Hiervoor wordt in het bestek alvast een post voor verwerking van 45.000 m³ grond (klasse Wonen) opgenomen.

Voor een berekening van de stabiliteit van de afdekgrond en de onderliggende lagen wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

3 Vooronderzoek Hydrostab

3.1 Algemeen

Boskalis heeft een project uitgevoerd ten behoeve van de sanering en het herstel van de Westdijk bij Bunschoten-Spakenburg. Hierbij kwam circa 75.000 m³ vervuilde thermisch gereinigde grond (TGG) vrij. Boskalis en Attero zijn overeengekomen deze grond te verwerken in een Hydrostab mengsel als minerale afdichtingslaag in de bovenafdichting. Attero heeft de zorg voor de inname van de TGG (zandfractie) op zich genomen en de levering van de overige grondstoffen: slib en vliegias. Boskalis-ETM zal zorgdragen voor het mengen van de Hydrostab.

Op basis van een vooronderzoek dient vastgesteld te worden op welke wijze met de bovenafdichting een beschermingsniveau wordt gerealiseerd dat ten minste gelijkwaardig is aan de bescherming van de bodem zoals beoogd in de 'Richtlijn Dichte Eindafwerking'. Voor de kwaliteitseisen en -borging van de toe te passen materialen en uitvoeringsbepalingen, wordt uitgegaan van de Protocollen Hydrostab voor het project 'Dak van Drenthe', d.d. 21 september 2021, SGS Intron, documentnr. A123150/R20201241. Hierbij dient onder andere aangetoond te worden op welke wijze een minerale afdichtingslaag van Hydrostab kan worden verkregen, zodanig dat sprake is van een theoretisch technische levensduur van minimaal 100 jaar.

3.2 Afdichtende werking van Hydrostab en lange termijn stabiliteit

De afdichtende werking van Hydrostab is gebaseerd op het produceren van een vloeistofdicht mengsel van in hoofdzaak drie grondstoffen: een korrelfractie, een slibfractie en een vulstoffractie. Verder wordt een afgemeten hoeveelheid waterglas gedoseerd.

Voor de mengselsamenstelling (de receptuur) wordt uitgegaan van de volgende grondstoffen:

- Korrelfractie: in hoofdzaak thermisch gereinigde grond. Afhankelijk van de korrelverdeling, moet misschien een ander materiaal worden bijgemengd, bijvoorbeeld straalgrit
- Slibfractie: residu van de grondreinigingsinstallatie van Attero. Daarnaast wordt RWZI-slib, en/of met thermische druk hydrolyse (THD) voorbehandeld zuiveringsslib, toegepast
- Vulstoffractie: "Vliegias uit een AEC of BEC of EC."

Attero zal de grondstoffen beschikbaar stellen aan Boskalis-ETM.

Het streven is om voor het gehele werk één of in ieder geval een zo beperkt mogelijk aantal homogene en qua samenstelling éénduidige mengsels te realiseren. De opdracht aan de leverancier is dan ook om op basis van de voor het werk beschikbare afvalstoffen mengsel(s) samen te stellen volgens een vaste receptuur, zodat tijdens het uitvoeringsproces geen toevoeging van andere grondstoffen nodig is.

De Protocollen Hydrostab bevatten, op basis van praktijkervaring en de resultaten van het onderzoek aan eerdere Hydrostab afdichtingen op Gulbergen en Vlagheide, voldoende informatie om een kwalitatief goede afdichtingslaag te produceren. In het protocol komen aan de orde:

- Karakterisatie grondstoffen
- Vooronderzoek en proefveld

- Input en productiecontrole

De chemische stabiliteit op lange termijn kan op basis van dit protocol echter niet in alle opzichten voorspeld worden. Dit heeft te maken met vragen rond de chemische stabiliteit van het silicagel dat gevormd wordt door reactie van waterglas met de overige grondstoffen. In een eerdere adviesaanvraag voor verlenging van de standaard levensduur (nu 50 jaar) heeft de Advieskamer Stortbesluit (AKS) hier vraagtekens bijgezet, enerzijds omdat de mengsamenstelling varieert, anderzijds omdat de uitgangspunten waarop eerdere voorspellingen van Alterra zijn gebaseerd, mogelijk niet (a priori) geldig zijn voor Hydrostab. Daarom heeft de producent van Hydrostab, Eurotrust Management (ETM), opdracht gegeven aan de TU Eindhoven TUE) om onderzoek te doen naar de lange termijn stabiliteit. Dit onderzoek is (in het voorjaar van 2021) nog gaande en op basis hiervan zal een nieuwe adviesaanvraag bij de AKS worden gedaan. Het huidige project kan meeliften met deze aanvraag, indien de toegepaste mengsamenstelling valt binnen de range van mengsels die de TUE onderzoekt. Als dit niet het geval is, kan aanvullend onderzoek worden gedaan. TAUW is als adviseur van ETM betrokken bij dit onderzoek.

Ter voorbereiding op de aanleg van een minerale afdichtingslaag met Hydrostab is voorgesteld dat:

1. Attero / Boskalis doorgeven welke grondstoffen bij voorkeur verwerkt moeten worden. ETM maakt hiermee proefmengsels, eventueel tevens met toevoeging van andere grondstoffen, als dit volgens hun inzicht nodig is. Deze proefmengsels worden gekarakteriseerd op zaken als verwerkbaarheid, verdichtbaarheid en doorlatendheid
2. Op basis dit vooronderzoek worden keuzes gemaakt wat betreft de samenstelling van het mengsel. De mengsels moeten uiteraard voldoen aan de gangbare eisen, maar er wordt ook beoordeeld welke mengsels (naar verwachting) maximaal scoren op lange termijn stabiliteit. Mogelijk is nog een verdere optimalisatie noodzakelijk.

Opgemerkt wordt dat de korrelfractie weinig reactief is en dat de precieze keuze van grondstoffen hiervoor niet veel uitmaakt voor de lange termijn stabiliteit. De keuze van de overige grondstoffen (slib- en vulstoffractie) is wel van belang.

Hydrostab is, in tegenstelling tot bentoniethoudende afdichtingen, niet gevoelig voor degradatie door ionenwisseling of hoge zoutgehalten. Het kan daarom zonder bezwaar direct op bodemas worden aangebracht. Een SAR-onderzoek zoals gebruikelijk bij toepassing van Trisoplast op bodemas kan achterwege blijven.

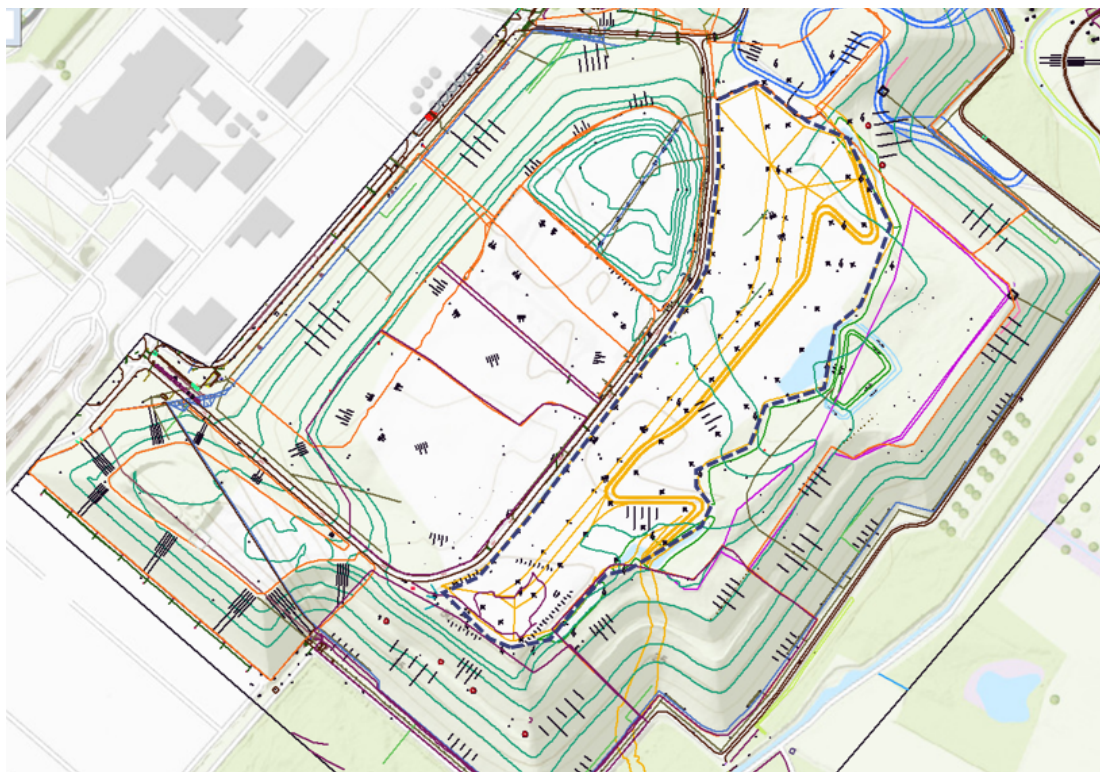
4 Berekening capaciteit hemelwaterafvoersysteem

In dit hoofdstuk wordt het hemelwaterafvoersysteem gedimensioneerd. Achtereenvolgens wordt een beschrijving gegeven van de uitgangspunten van het systeem, het rekenmodel en de resultaten van de modelberekening en een advies over de dimensionering van het systeem.

4.1 Uitgangspunten hemelwaterafvoersysteem

Voor de dimensionering van het hemelwaterafvoersysteem worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

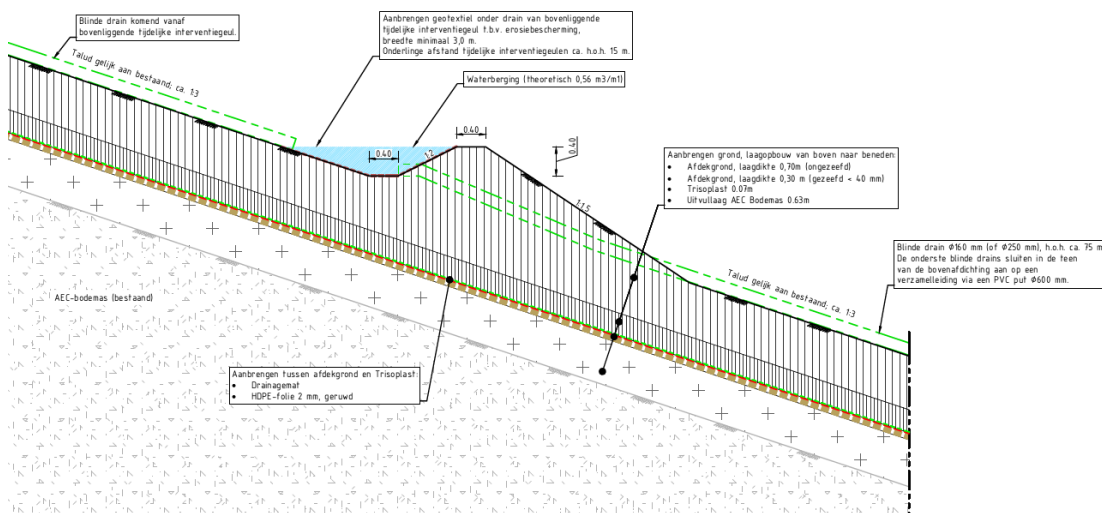
- De scopegrens zoals weergegeven in figuur 4.1



Figuur 4.1 Scopegrens, zie zwart gestippelde lijn

- Het afwateringssysteem moet een standaard bui 08, conform Kennisbank Rioned, kunnen verwerken, zonder dat er water op het maaiveld ontstaat (wateroverlast). Dit is een theoretische piekbui die eens in de twee jaar voor komt waarbij 19,8 millimeter in één uur valt met een piekintensiteit van 40 mm/uur
- De hoogteligging bij aanvang is weergegeven. Op de onderlaag van AEC-bodemas komt een minerale afdichtingslaag van Trisoplast 0,07 m of Hydrostab 0,70 m, een HDPE-folie 2 mm, een drainagemat dikte circa 6 mm en afdekgrond dikte 1,00 m

- Voor de informatie van de capaciteit van de drainagemat is uitgegaan van de GSE type FabriNet HF-E B120. Voor de productspecificatie wordt verwezen naar bijlage 2. De drainagemat is ongeveer 6 mm dik en heeft een water flux van 100 L/m². Rekening houdend met een veiligheidsmarge van 20% betekent dit dat per seconde ongeveer 80 liter door 1 m² kan stromen, oftewel 1 m² drainagemat kan bij bijvoorbeeld de piekintensiteit van een bui 08 meer dan 5.000 m³ oppervlak verwerken.
- Ruwheid afdekgrond is 0,022 n
- Infiltratiesnelheid afdekgrond is 0 m/d (worst-case scenario). Uitgangspunt is dat de combinatie van afdekgrond en drainagemat een net zo snelle afstroming heeft als de tijdelijke interventiegeulen in combinatie met een drainagemat
- De bovenafdichting wordt aangelegd onder een talud van maximaal 1:3
- Haaks op het talud van de bovenafdichting komen een aantal tijdelijke interventiegeulen die hemelwater opvangen en bufferen. De snelheid van het afstromende water wordt hierdoor geremd waardoor erosie wordt beperkt. De geulen hebben een geschatte bodembreedte van 0,4 m en een diepte van 0,4 m met een talud van 1:2, zie principeschets in figuur 4.2. Dit profiel geeft een berging van 0,56 m³/m. Bij een bui 08 (19,8 mm) kan hierop een oppervlak van ongeveer 15 m²/m afwateren. De hart op hart afstand van de geulen is hierdoor bepaald op 15 meter
- Het water in de geulen kan op bodemniveau van de geul direct afstromen richting de teen van de bovenafdichting via een blinde drain Ø160 mm, die op het talud van de afdekgrond gelegd wordt. De hart op hart afstand tussen deze blinde drains is 75 m



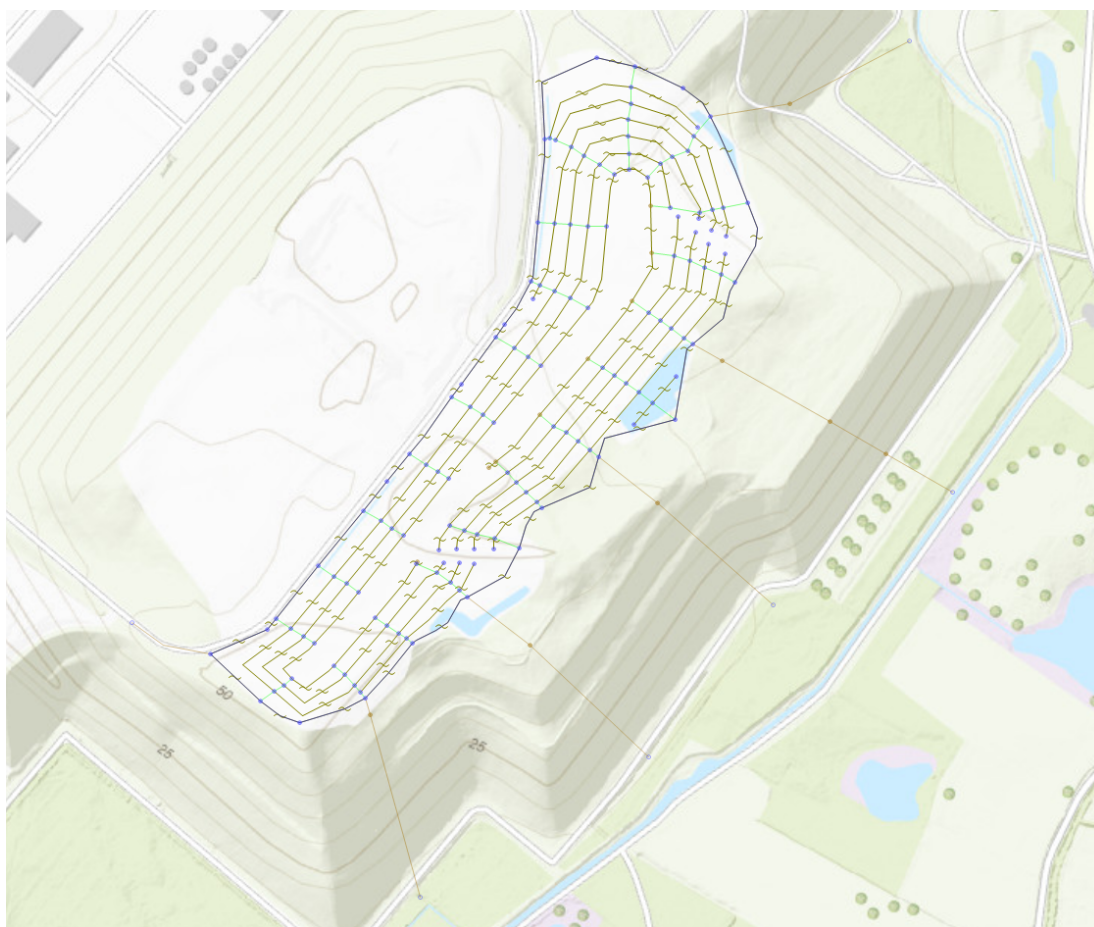
Figuur 4.2 Principeschets tijdelijke geul

- Alle blinde drains sluiten in de teen van de bovenafdichting aan op een verzamelleiding via een PVC put Ø 1000 mm. De verzamelleiding ligt geheel rondom de bovenafdichting, waarbij voor de berekening in eerste instantie is uitgegaan van een diameter van 250 mm. De verzamelleiding ligt met de onderzijde 80 cm onder maaiveld in een grindkoffer. Uitzondering op de diepteligging is wanneer het water niet onder vrij verval kan afvoeren. De puinkoffer heeft aan weerszijde een talud van 1:1. Met als uitgangspunt een poriëngehalte van 0,35 heeft de puinkoffer een volume van

ongeveer 0,30 m³/m. Het water stroomt met een snelheid van 1 m/s door de puinkoffer. Het water zal niet of nauwelijks vanuit de puinkoffer infiltreren de bodem in

- De verzamelleiding heeft 6 afvoerpunten waarvan er 5 afwateren op een benedenstroomse bestaande sloot. Eén afvoer kan onder vrij verval afstromen op de Middenweg richting het zuidwesten
- Het rekenmodel is opgesteld met behulp van de software Infoworks ICM. Hierin zijn alle onderdelen van het hemelwaterafvoersysteem opgenomen zoals hierboven beschreven

Naar aanleiding van de uitgangspunten is een rekenmodel opgezet, zoals weergegeven in figuur 4.3.



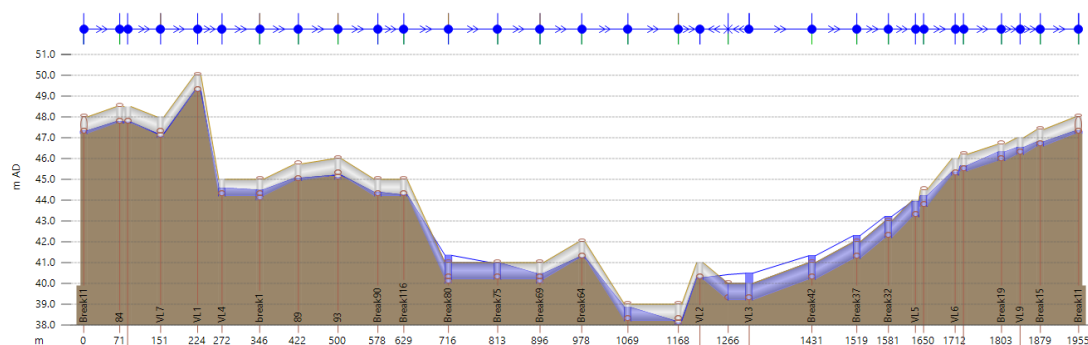
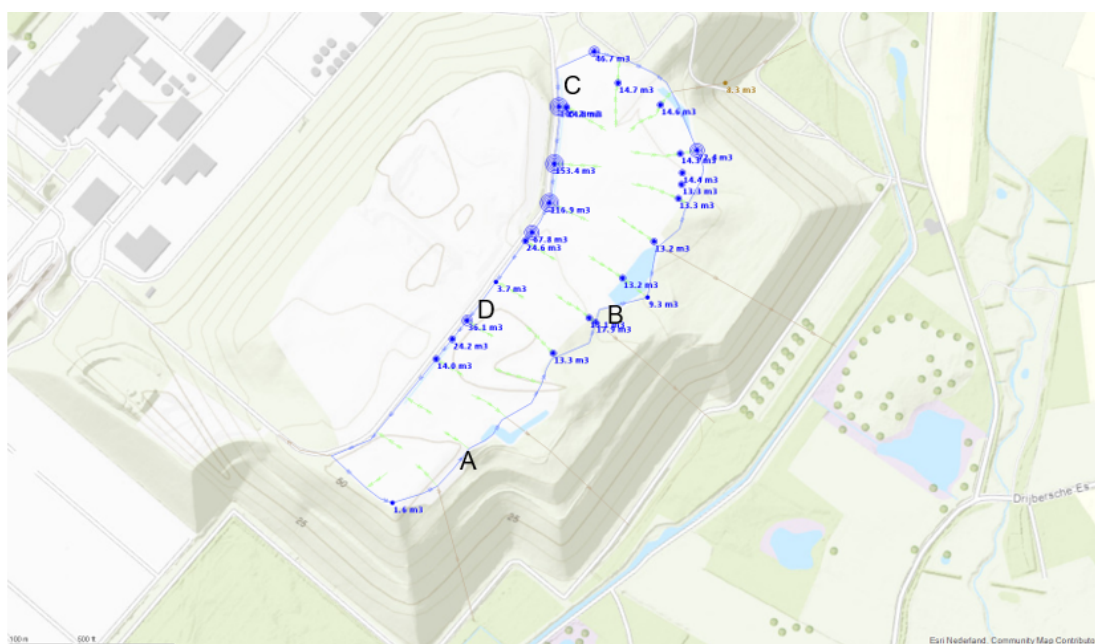
Figuur 4.3 Boven aanzicht model

4.2 Resultaten en advies op basis van de uitgangspunten

In figuur 4.3. is de maximaal berekende hoeveelheid water op maaiveld, (per gemodelleerde knoop) bij de toetsbui 08, weergegeven. Te zien is dat op verschillende plekken de blinde drains en grindkoffer / verzamelleiding de afvoer niet aan kunnen en er water op het maaiveld staat.

Wat opvalt is:

- De te lage afvoercapaciteit van de blinde drains tussen (vlak voor) punt B en tot en met punt C. De hoeveelheid aangesloten oppervlak is bij deze blinde drains te hoog. Geadviseerd wordt om de diameter van deze drains te vergroten naar Ø250mm
- De afvoer richting het westen wordt niet benut waarbij het water via D en C afstroomt naar de lager gelegen verzamelleiding. Onderweg naar C stroomt er al op verschillende plekken veel water op het maaiveld. Eenzelfde principe is aan de hand bij B. Geadviseerd wordt de verzamelleiding op verschillende locaties groter te ontwerpen. Te zien is dat de hoeveelheid water op maaiveld ter plaatse van de teen verwaarloosbaar klein is geworden



5 Berekening stabiliteit bovenafdichting

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk is een analyse op de stabiliteit van de bovenafdichting beschreven. In figuur 3.1 is de principeschets van de bovenafdichting gegeven, de bovenafdichting bestaat van onder naar boven uit:

- Een laag Trisoplast (0,07 m) of twee lagen Hydrostab (totaal 0,70 m)
- HDPE folie (2 mm)
- Een drainage mat (circa 6 mm)
- 2 lagen afdekgrond (totaal 1,00 m)

Op 29 maart 2016 is door TAUW reeds een stabiliteitsanalyses van de bovenafdichting uitgevoerd in het rapport 'Onderbouwing engineering bestek aanleg bovenafdichting locatie taluds 2B (fase 2)', rapport nummer 1236458. In dit rapport zijn de glijvlakken tussen de HDPE folie en de drainagemat en de glijvlakken tussen de drainagemat en de afdekgrond als voldoende beoordeeld bij een talud van 1:2,75. Daarbij is aangenomen dat er geen waterspanning tussen de drainagemat en de afdekgrond optreedt doordat al het water door de mat wordt afgevoerd.

Aangezien de principeschets van de bovenafdichting en de profielen op tekening 1280120-TE-GEO-BE-0108-D4.0, d.d. 16-03-2023, geen steiler talud tonen dan 1:3 tonen, kunnen de conclusies van de beschikbare stabiliteitsanalyse overgenomen worden.

Het glijvlak tussen Hydrostab en de HDPE folie is echter nog eerder niet beschouwd en wordt in dit hoofdstuk beschreven.

Door Inpijn Blokpoel is op 7 april 2020 laboratoriumonderzoek uitgevoerd waarbij triaxiaalproeven zijn uitgevoerd op het materiaal Hydrostab (Laboratoriumonderzoek Hydrostab Slufter Maasvlakte, rapportnummer 02P014789, d.d. 7 februari 2020, Inpijn Blokpoel). In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de sterkteparameters van Hydrostab gegeven.

Tabel 5.1 Sterkteparameters Hydrostab

Sample	Strain	Gemiddelde waarden		Karakteristieke waarden	
		C'	Phi	C'	Phi
[-]	[%]	[kPa]	[°]	[kPa]	[°]
Hydrostab	2	27,5	31,5	18,8	31,5
	5	34,8	31,1	27,5	31,1
	15	20,7	32,0	13,0	32,0
	25	19,2	30,8	12,8	30,8
	Max dev.	24,0	31,5	17,0	31,5

In de stabiliteitsberekening zijn de materiaaleigenschappen van Hydrostab die volgen uit tabel 5.1 bij een rek van 5% toegepast. Uitgegaan is van een reductiefactor van 0,95 op de karakteristieke waarden van de sterkteparameters.

5.2 Methode

Met dezelfde modellering zoals opgenomen in het eerder opgestelde advies door TAUW is de stabiliteit van het glijvlak tussen Hydrostab en de HDPE folie berekend.

Hierbij is de stabiliteit van een oneindig lang talud onder een constant hellingshoek β zonder de invloed van water beschouwd. Dit betekent dat de waterspanning op het glijvlak nul is. Een dergelijke modellering kan worden toegepast wanneer de dikte van de afdeklaag d (ofwel $d/\cos(\beta)$) veel kleiner is dan de lengte van het talud. De schuifsterkte (τ_f) van de Hydrostab is bepaald met de volgende relatie:

$$\tau_f = c' + \sigma'_n \tan(\varphi')$$

Waarin σ'_n de effectieve normaal spanning op het potentiële glijvlak (kPa)

De stabiliteit wordt uitgedrukt in een getal, de veiligheidsfactor FS_s , welke de verhouding tussen aandrijvende en weerstand biedende krachten beschrijft. De veiligheidsfactor FS_s is gedefinieerd als:

$$FS_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

met

$$\tau_d = c'_d + \sigma'_n \tan(\varphi'_d)$$

waarin de volgende parameters zijn gedefinieerd:

τ_d : schuifsterkte ontwikkeld langs het glijvlak [kPa]

c'_d : effectieve cohesie ontwikkeld langs het glijvlak [kPa]

φ'_d : hoek van inwendige wrijving ontwikkeld langs het glijvlak [°]

De veiligheidsfactor FS_s is tevens gedefinieerd als:

$$FS_s = FS_c = FS_{\varphi_d} \quad \text{met} \quad FS_c = \frac{c'}{c_d} \quad \text{en} \quad FS_{\varphi_d} = \frac{\tan(\varphi')}{\tan(\varphi'_d)}$$

Resultaten

In tabel 5.2 zijn de resultaten van de stabiliteitsberekening gegeven.

Tabel 5.2 Veiligheidsfactor FS_s zonder invloed van water

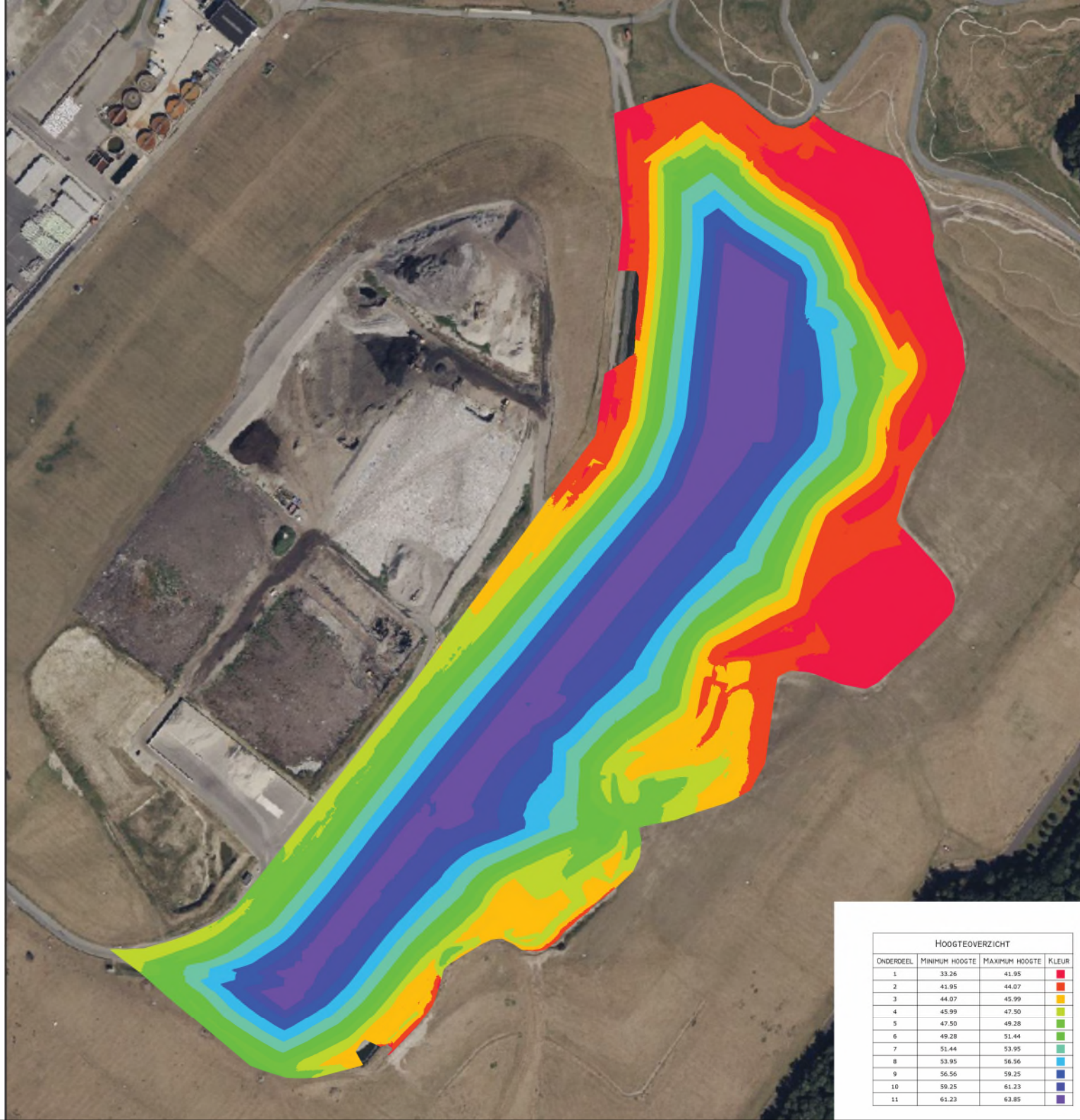
Taludhelling	1:2,75
FS_s	1,56
Beoordeeld	Voldoende

In bijlage 4 is de berekening van de veiligheidsfactor van het glijvlak Hydrostab en de HDPE folie opgenomen.

5.3 Conclusie

Voor dit project geldt net als in het eerder opgestelde advies door TAUW een minimale veiligheidsfactor (FSs) van 1,3 om de stabiliteit van de afdichtingsconstructie te waarborgen. De stabiliteit van de afdichtingsconstructie met Hydrostab voldoet met 1,56 aan deze eis en is derhalve voldoende stabiel.

Bijlage 1 Hoogteligging eind 2020 en actualisatie maart 2023



Bijlage 2 Productspecificatie drainagemat

GSE FabriNet HF-E

Three-layer, three-dimensional drainage geocomposite, consisting of a geonet core, resistant under load, heat-laminated on both sides with geotextiles. Geonet core: 100% HDPE (black) - Geotextile 100% Polypropylene (white) - 1a quality. The layers are heat-bonded by thermal lamination. The geocomposite is designed and formulated to perform drainage function under a range of anticipated site loads, gradients and boundary conditions.



AT THE CORE:

Multilayer, multifunctional HDPE geocomposite providing increased durability for drainage, filtration and puncture protection.

Product Specifications

Tested Property	Test Method	Unit	Value(*)			
Geocomposite						
Product Type	---	---	B120		B200	
Tensile Strength MD (T _{max}) CMD (T _{max})	DIN EN ISO 10319	kN/m	25 18		35 30	
In-plane Flow Capacity (q _p); MD (rigid/rigid) ^(a) at 20 kPa at 50 kPa at 100 kPa at 200 kPa at 500 kPa	DIN EN ISO 12958	l/(m x s)	i=1 1.2 1.1 1.0 0.9 0.65	i=0.1 0.3 0.27 0.25 0.22 0.16	i=1 1.0 0.9 0.75 0.6 0.4	i=0.1 0.25 0.2 0.16 0.12 0.05
Ply Adhesion	DIN EN ISO 13426-2/B	N/m	150		150	
Geonet ^(b)						
Raw Material	---	---	High Density Polyethylene, black			
Density	DIN EN ISO 1183	g/cm³	≥ 0.94			
Thickness at 20 kPa (d)	DIN EN ISO 9863-1	mm	6			
Geotextiles ^(b)						
Raw Material	---	---	Polypropylene, white			
Unit Weight (ρA)	DIN EN ISO 9864	g/m²	120		200	
Tensile Strength MD (T _{max}) CMD (T _{max})	DIN EN ISO 10319	kN/m	8 8		14 14	
Puncture Resistance (x - s) (F _p)	DIN EN ISO 12236	N	1,120		1,890	
Characteristic Opening Size (O ₉₀)	DIN EN ISO 12956	µm	100		60	
Water Permeability Velocity Index (V _{IISO}) Flux normal to the Plane (q _n)	DIN EN ISO 11058	mm/s l/(m² x s)	100 100		65 65	
Durability Characteristics						
Carbon Black Content ^(c)	ASTM D 4218	%	2.0 - 3.0			
Oxidative Induction Time (OIT) ^(c)	ASTM D 3895 (190°C; Pure O ₂ ; 1 atm)	min	100			
UV Resistance ^(d)	---	---	to be covered within 2 weeks			
Resistance to Oxidation at elevated Oxygen Pressure ^(c) Tensile Strength and Tensile Elongation - retained values after 14 days	EN ISO 13438 (C1; pH 10; 80°C; 5 MPa)	%	no significant change of initial properties			
Roll Dimensions			Container Load		Truck Load	
			B120	B200	B120	B200
Roll Width (Geonet Core) (approx.) ^(e)		m	4.1	4.1	4.1	4.1
Roll Length (approx.) ^(e)		m	60	55	70	60
Roll Area (approx.)		m²	246	225.5	287	246

NOTES:

(*) All values - unless otherwise noted - are guiding values. Minimum values are within the 95% confidence interval

(**) Leaving a width of approx. 20 cm without heat-bonding at both edges in the MD / on both sides - enabling sufficient geonet overlapping during installation

(a): Test specimen with 300 x 300 mm

(b): Component properties prior to lamination

(c): Geonet properties

(d): Geotextile properties

(e): Roll width and length have a tolerance of ± 1%

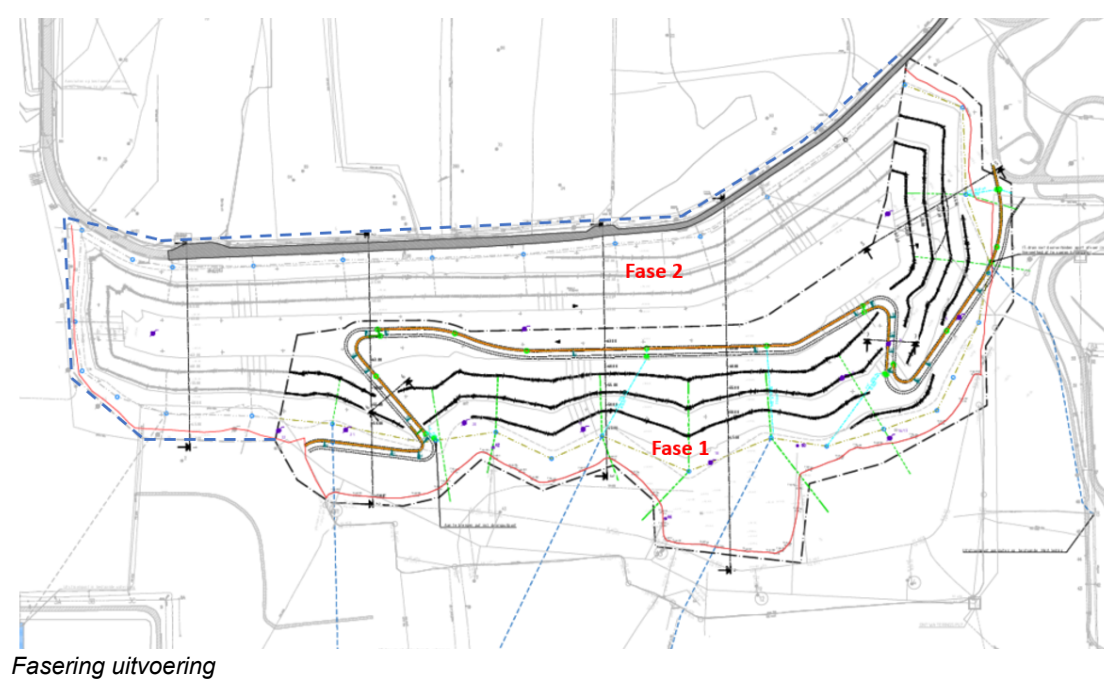
GSE is a leading manufacturer and marketer of geosynthetic lining products and services. We've built a reputation of reliability through our dedication to providing consistency of product, price and protection to our global customers.

Our commitment to innovation, our focus on quality and our industry expertise allow us the flexibility to collaborate with our clients to develop a custom, purpose-fit solution.

[DURABILITY RUNS DEEP] For more information on this product and others, please visit us at GSEworld.com, call 49.40.767420 or contact your local sales office.

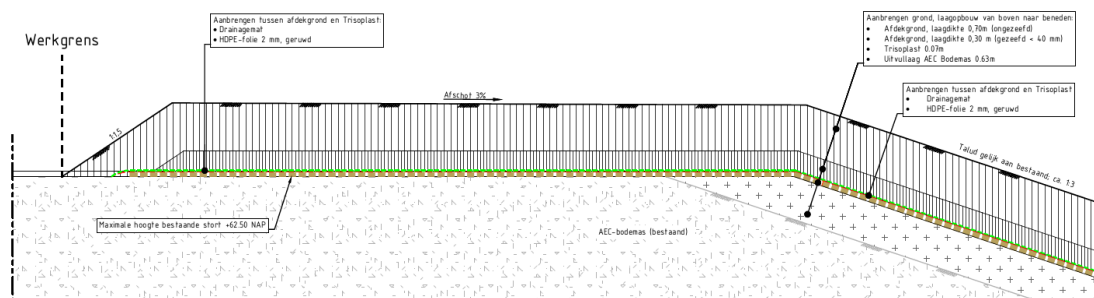


Bijlage 3 Ontwerptekeningen

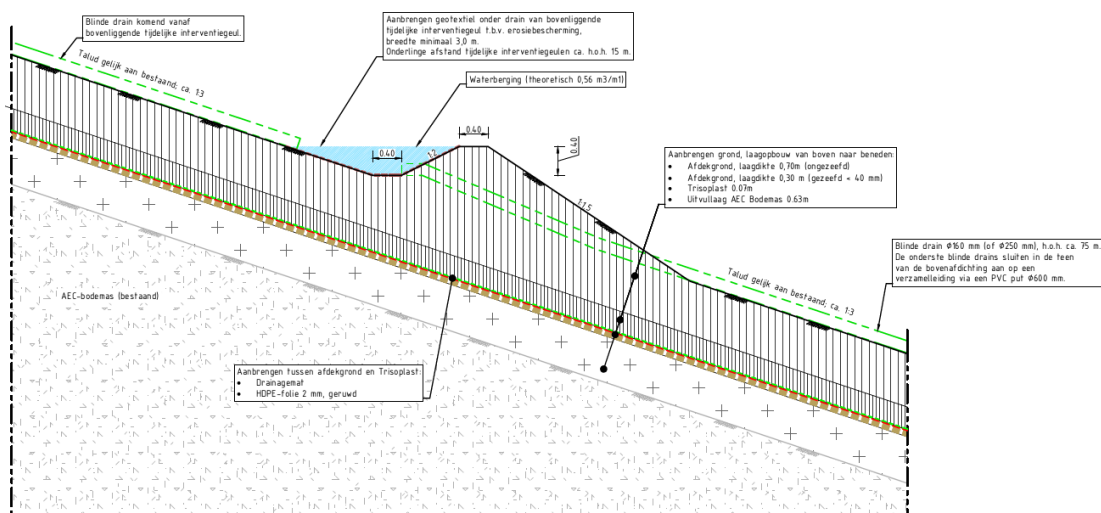


Kenmerk

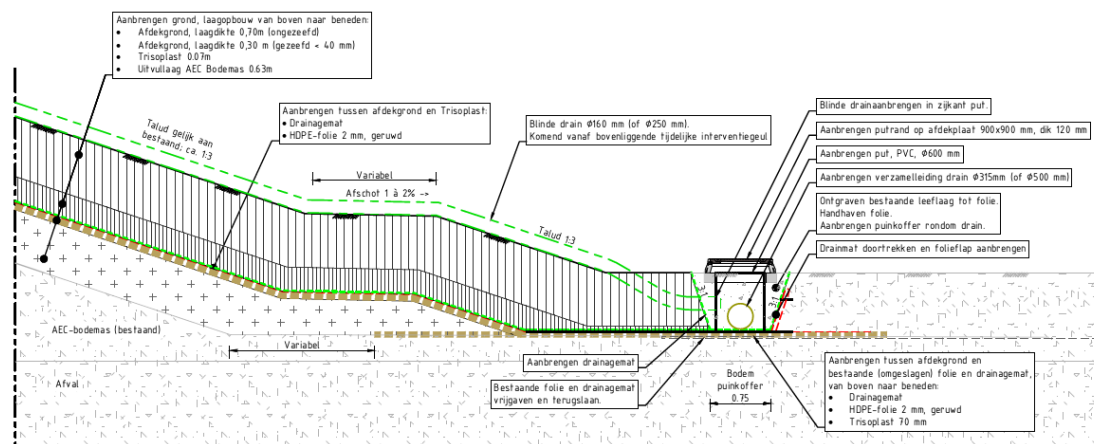
R002-1321998AJV-V01-ygl-NL



Principe detail 1: Tijdelijke kruin fase 1 en 2



Principe detail 2: Tijdelijke interventiegeulen



Principe detail 3: Aansluiting teen

Bijlage 4 Stabiliteitsberekening



Stabiliteit van oneindig talud in droog grond en in grond onder water

Uitgangspunten

$$FS_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad FS_s = \frac{c' + \sigma'_n \tan(\varphi')}{c'_d + \sigma'_n \tan(\varphi'_d)} \quad FS_{c'} = \frac{c'}{c'_d} \quad FS_{\varphi'} = \frac{\tan(\varphi')}{\tan(\varphi'_d)} \quad FS_s = FS_{c'} = FS_{\varphi'}$$

$$\delta' = k_1 \varphi' \rightarrow \varphi'_b \quad k_2 c' \rightarrow c'_b \quad \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_{water}$$

$$\text{in droog grond} \Rightarrow FS_s = \frac{c'}{\gamma H \cos^2(\beta) \tan(\beta)} + \frac{\tan(\varphi')}{\tan(\beta)} \rightarrow FS_s = \frac{k_2 c'}{\gamma H \cos^2(\beta) \tan(\beta)} + \frac{\tan(k_1 \varphi')}{\tan(\beta)}$$

$$\text{onder water} \Rightarrow FS_s = \frac{c'}{\gamma_{sat} H \cos^2(\beta) \tan(\beta)} + \frac{\gamma' \tan(\varphi')}{\gamma_{sat} \tan(\beta)} \rightarrow FS_s = \frac{k_2 c'}{\gamma_{sat} H \cos^2(\beta) \tan(\beta)} + \frac{\gamma' \tan(k_1 \varphi')}{\gamma_{sat} \tan(\beta)}$$

$$d = H \cos(\beta)$$

In droog grond: volledig onverzadigd $S = 0$

Grond onder water: volledig verzadigd $S = 1$

verzadigingsgraad	S	[-]	
gemiddelde schuifsterkte van de grond	τ_f	[kPa]	
gemiddelde schuifsterkte langs het glijvlak	τ_d	[kPa]	
effectieve cohesie langs het glijvlak	c'_d	[kPa]	
effectieve hoek van inwendige wrijving langs het glijvlak	φ'_d	[°]	
reductiefactor voor de effectieve hoek van inwendige wrijving	k_1	[-]	0,95
reductiefactor voor de effectieve cohesie	k_2	[-]	0,95
volume gewicht water	γ_{water}	[kN/m ³]	10
diepte onder het maaiveld	H	[m]	0,8
volume gewicht onverzadigd	γ	[kN/m ³]	16
volume gewicht verzadigd	γ_{sat}	[kN/m ³]	16
effectieve volume gewicht verzadigd	γ'	[kN/m ³]	6
effectieve cohesie	c'	[kPa]	0
effectieve hoek van inwendige wrijving	φ'	[°]	31,1
effectieve contactwrijvingshoek langs het glijvlak	δ'	[°]	29,55
effectieve gereduceerde contactwrijvingshoek langs het glijvlak	φ'_b	[°]	29,55
effectieve gereduceerde cohesie langs het glijvlak	c'_b	[kPa]	0
steilte talud	V:H	[-]	0,3636
hoek van taludhelling	β	[°]	19,98
laagdikte evenwijdig aan talud	d	[m]	0,752
veiligheidsfactor in droog grond: $S = 0$	FS_s	[-]	1,56
veiligheidsfactor in grond onder water: $S = 1$	FS_s	[-]	0,58