

# Memo

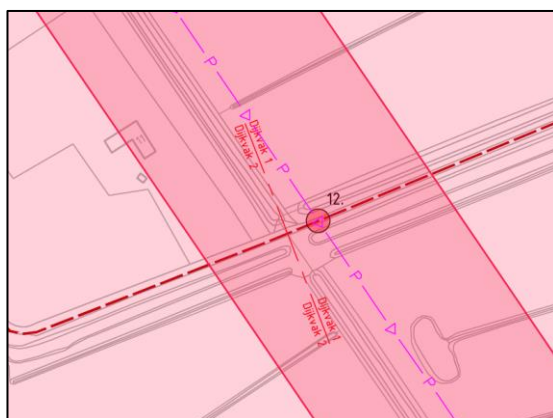
memonummer	472575-Geo.999
datum	29 november 2022
aan	H. Rozeboom
van	B. van Meekeren
kopie	
project	Geotechnische berekeningen Lappenvoort Oosterland
projectnr.	0472575.101
betreft	Ontwerpoplossing AC-leiding dijkvak 1

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding

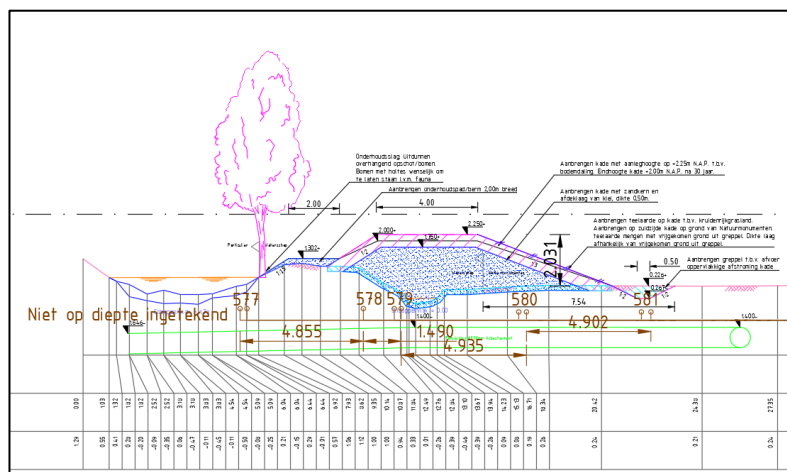
In opdracht van Waterschap Hunze en Aa's voert de combinatie Bouwhuis – Antea Group het project kadeversterking Lappenvoort-Oosterland uit. Bij de eerdere toetsing, in begin 2020, is gebleken dat de kering rond bergingspolder Lappenvoort-Oosterland niet aan de hoogtenorm voldoet. In een aanvullend veldbezoek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

Ten einde de kade ter plaatse van Lappenvoort-Oosterland in orde te brengen is een kade versterking voorgenomen. Dijkvak 1 betreft de huidige kering een zandpad met aan weerszijden een bomenrij. Deze locatie heeft een cultuurhistorische waarde. De voorgenomen versterking betreft het verstevigen van een bestaande andere kade ten zuiden van de bestaande kade. Bij dijkvak 1 is sprake van een kruisende AC-leiding. De locatie daarvan is weergegeven in Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Ligging bestaande AC-leiding nabij dijkvak 1.

De voorgenomen versterking is weergegeven in Figuur 1-2. Te zien is dat er een aanleghoogte voorgenomen tot NAP +2,25 m (eindhoogte is ca. NAP +2,00 m). Het huidige grondlichaam is NAP +1,0 m. Echter vindt de maximale ophoging plaats ter plaatse van de greppel er direct naast, daar is de maaiveldhoogte NAP -0,4 m. De totale ophoging is daarmee ca. 2,60 m.



Figuur 1-2: Voorgenomen versterking ter plaatse van dijkvak 1, ter plaatse van AC-leiding.

De eigenschappen van de AC-leiding zijn onderzocht door HDM-pipelines<sup>1</sup>. Daaruit blijkt dat de AC-leiding bestaat uit twee verschillende leiding delen. Met noemenswaardig verschillende sterktes. De zwakste van de twee voldoet niet of nauwelijks in de huidige situatie. Daar is aanvullende ophoging niet acceptabel. De sterkste van de twee voldoet ruim in de huidige situatie, daar is ophogen verantwoord. Echter niet een ophoging van 2,6 m zand.

## 1.2 Doel

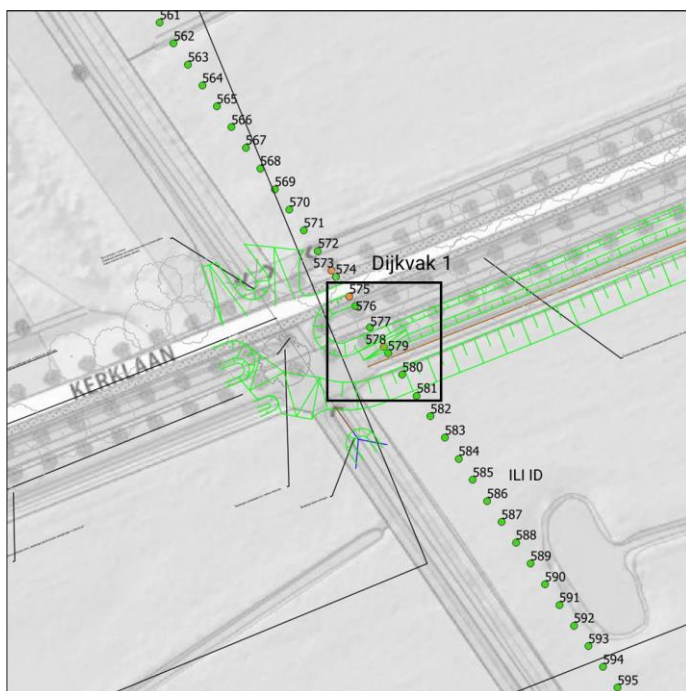
Het doel van deze notitie is het bepalen van een ontwerpoplossing ter plaatse van de AC-leiding. Deze oplossing bestaat uit het verplaatsen van de dijk naar de sterkere delen van de AC-leiding. Daarnaast wordt een ontwerp uitgewerkt met minder robuustheden en eventueel met lichter ophogmateriaal waardoor het extra gewicht op de leiding beperkt blijft.

<sup>1</sup> HDM-pipelines (2022) Beoordeling spanningssituatie, ZAT1058 Dijkkruising, rev. 03 concept.

## 2 Locatie keuze dijklichaam

### 2.1 Eigenschappen AC-leiding

De eigenschappen van de AC-leiding zijn door HDM-pipelines onderzocht. Deze zijn beschreven per passtuk. In Figuur 2-1 is de locatie van de passtukken weergegeven. Voor deze analyse zijn de eigenschappen van buisdeel 576 tot en met 583 relevant.



Figuur 2-1: Ligging van de AC-leiding inclus locatie buisdelen.

Een overzicht van de eigenschappen van de buisdelen is gegeven in Tabel 2-1. Te zien is dat de buisdelen 580 tot en met 583 een grotere ophoging kunnen hebben dan buisdelen 578 en 579. Het ontwerp van de kering wordt dan ook zo ingepast dat buisdelen 578 en 579 worden ontzien.

Tabel 2-1: Eigenschappen van de buisdelen

Buisdeel	Materiaal	Maximaal Toegestane Ophoging <sup>[1]</sup>	Maximaal Toegestane Ophoging <sup>[1]</sup>	Maaiveld-hoogte [m+NAP]	Te beschouwen In deze analyse
576	AC	0,8 m	1520 kg		
577	AC	0,8 m	1520 kg	-0,15	
578	AC	Nihil	-	+0,94	
579	AC	0,2 m	380 kg	+0,01	
580	AC	2,0 m	3800 kg	+0,26	
581	AC	1,7 m	3230 kg	+0,21	
582	AC	1,7 m	3230 kg		
583	AC	2,0 m	3800 kg		

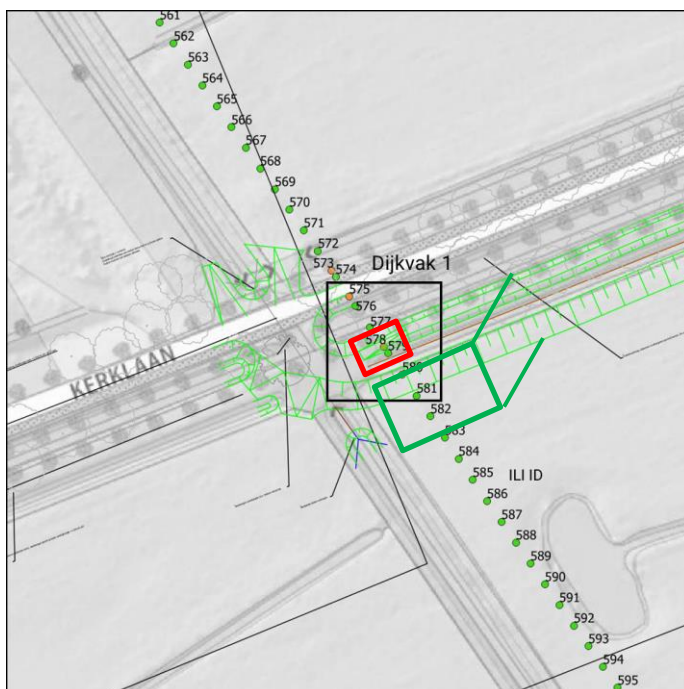
[1] Dit is gebaseerd op een droog volumegewicht van 1900 kg/m<sup>3</sup> (gewicht boven de grondwaterstand). Dit komt overeen met vast gepakt / goed verdicht zand.

## 2.2 Inpassing dijklichaam

Het bestaande ontwerp van het dijklichaam heeft de volgende eigenschappen:

- Kruinhoogte: NAP +2,0 m (eind hoogte).
- Kruinbreedte: 4,0 m.
- Buitentalud: 1:2 helling.
- Binnentalud: 1:3 helling.
- Greppel met een breedte op insteek: 2,5 m.  
Omvat een bodembreedte van 0,5 m, diepte van 0,5 m en taluds aan weerszijden van 1:2.

Uitgaande van een maaivelniveau zoals bekend bij buisdelen 580 en 581 (NAP +0,21 m), dan is de ophoging 1,79 m. De breedte van de kering op de basis is 12,95 m, inclusief greppel is de breedte 15,45 m. Inpassing van deze kering boven de buisdelen is geschetst in Figuur 2-2.



Figuur 2-2: Inpassing van de aangepaste kering boven de buisdelen van de AC-leiding.

### 3 Ontwerp dijklichaam

#### 3.1 Geometrisch ontwerp

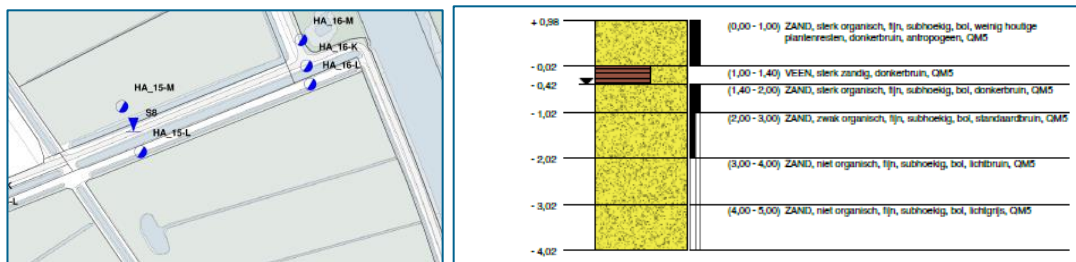
Het ontwerp van de kering bestaat uit een aantal zaken:

- Minimum eisen.
- Robuustheidstoelagen.
- Toelagen voort zettingen.

De dijk ter plaatse van dijkvak 1 is niet waterkerend. Dit is het grondlichaam met de zandweg en bomenrij die voor de dijk ligt. Wanneer door hoogwater en extreme golven dit voorliggende grondlichaam bezwijkt, dan wordt de dijk in dijkvak 1 waterkerend. Daarbij komen golven bij dijkvak 1, maar deze zijn sterk geremd door het voorliggende grondlichaam. De minimale hoogte in dijkvak 1 is bepaald op basis van deze zaken, dit betreft een hoogte van NAP +1,87 m.

De minimum hoogte is verhoogd met robuustheidstoelagen. Daarbij is gekozen om aan dijkvak 1 eenzelfde hoogte te geven als aan dijkvak 2, daardoor is de hoogte NAP +2,0 m. Deze extra hoogte is niet noodzakelijk vanuit de dijkveiligheid.

De hoogte inclus robuustheid is verhoogd met toelagen voor zettingen. De autonome bodemdaling (door gaswinning) ligt in dit gebied op 0,02 m (Antea Group, 2022). Daarnaast zijn er slappe lagen in de ondergrond aanwezig. Lokaal is in dijkvak een meter veen aangetroffen (boring HA\_16-K). Op de projectlocatie nabij de AC-leiding is een dunnere en meer stevige laag van 0,4 m sterk zandig veraard veen aangetroffen (boring HA\_15-L). Dit is weergegeven in Figuur 3-1. Het is onwaarschijnlijk dat bij de aanleg van de AC-leiding de gegraven sleuf is aangevuld met veraard veen. Het is waarschijnlijker dat de sleuf is aangevuld met zand. Daarom is de aanname dat de dijk direct ter plaatse van de AC-leiding geen zetting zal ondervinden. Op deze locatie zijn dan ook minder toelagen noodzakelijk voor zettingen.



Figuur 3-1: Locaties met grondonderzoek, met boorstaat van boring HA\_15-L.

Er is voor dit ontwerp gekozen voor een minimale variant. Daarbij zijn alle toelagen achterwege gelaten. Dit zorgt voor een ontwerp met minder belasting op de AC-leiding.

De hoogte van de kering boven de AC-leiding is daarom gesteld op: NAP +1,89 m.

Overige geometrische keuzes hebben geen impact op de stabiliteit van de kering en in mindere mate in de massa op de leiding. Deze zijn derhalve gelijk gehouden aan het standaard ontwerp (kruinbreedte 4 m, buitentalud 1:2 en binnentalud 1:3). De dijk omvat een afdeklaag van 0,5 m klei.

### 3.2 Geotechnische uitgangspunten

De geotechnische uitgangspunten zijn gebaseerd op de Technische Uitgangspuntennotitie (Antea Group, 2022) die voor deze dijkversterking is gemaakt. Deze is aangevuld met literatuur over lichte ophoogmaterialen (Delf Cluster, 2006). Een overzicht is gegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Geotechnische parameters.

Grondlaag	$\gamma_{\text{nat}}^{[1]}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{\text{kar}}$ [°]	$\phi'_{\text{rek}}$ [°]	$C'_{\text{rek}}$ [kPa]
Dijkmateriaal	15	15	29,8	25,5	2,0
Zand	18	20	33,6	29,0	-
Argex	6,5	12,9	35	30,2 <sup>[3]</sup>	-
BIMS	10,4	15,0 <sup>[2]</sup>	>40	35,0 <sup>[3]</sup>	-

<sup>[1]</sup> Aangehouden waarden gaan uit van verdicht materiaal onder aardvochtige omstandigheden.

<sup>[2]</sup> Deze waarde is niet gegeven in de literatuur. Aangenomen is dat verzadigd gewicht 4 à 5 kN/m<sup>3</sup> meer is dan onverzadigd.

<sup>[3]</sup> Voor deze materialen is eenzelfde materiaalfactor als voor ander niet-cohesief materiaal (zand) aangehouden.

Er worden twee lichtgewicht ophoogmaterialen naast zand overwogen. Dit zijn Argex en BIMS. Beide materialen bestaan uit een niet-cohesief korrelig materiaal. Deze heeft veel poriën, daardoor is de massa gering. Tevens is de doorlatendheid hiervan gelijk of beter dan dat van zand. In Figuur 3-2 zijn deze twee weergegeven.

Van Argex wordt het volgende gesteld: “ Het materiaal wordt gezien de lage weerstand tegen verbrijzeling altijd voorzien van een afdekkende funderingslaag”. Hier is geen extra laag voorzien. De sterkte van het materiaal zonder extra fundering is afdoende voor het meeste materieel. Dat blijkt o.a. uit de toepassing in Figuur 3-3.

Van BIMS bestaan meerdere sub-typen. Hier is uitgegaan van het sub-type Yali Bims 0/16. Er bestaan ook de sub-typen Lipari Bims of Korreth Bims, deze zijn sterk vergelijkbaar (Verschillen maximaal 1% qua massa). Een ander type betreft Hekla Bims, deze zijn noemenswaardig lichter. Dit is eventuele optimalisatie die hier niet is beschouwd.



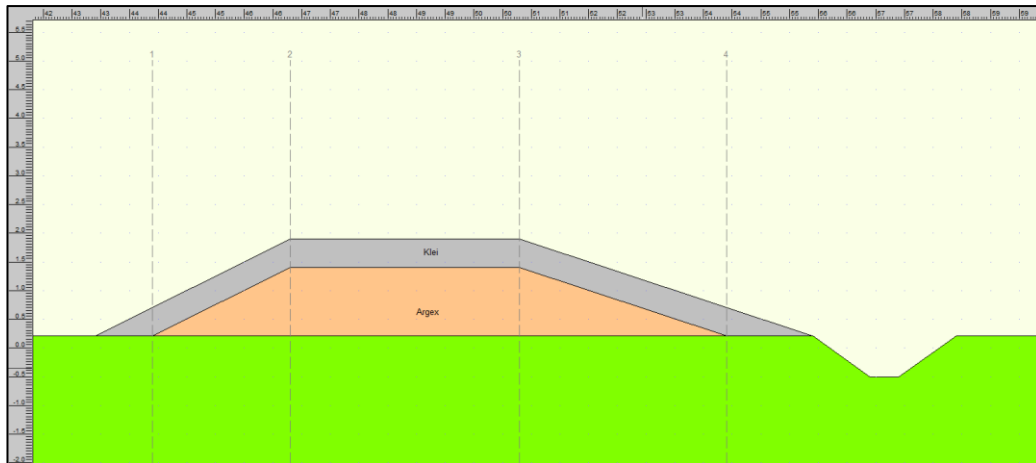
Figuur 3-2: Argex en BIMS (puimsteen)



Figuur 3-3: Toepassing van Argex. (Bron: <https://argex.eu/nl/referenties/view/619>)

### 3.3 Berekening massa dijkontwerp

Het dijklichaam is ontworpen conform eerdere specificaties. Een weergave hiervan is gegeven in Figuur 3-4.



Figuur 3-4: Opzet kadelichaam, hier met een kern van Argex.

Voor het bepalen van de massa op de AC-leiding is de droge zomer maatgevend. In dit geval zijn de grondwaterstanden laag, waardoor de opwaartse kracht het laagst is en daarmee de massa op de leiding het grootst. Het meest kritische leiding deel kan een massa van 3280 kg aan ophoging weerstaan. Berekening van de massa is voor de vier verticalen zoals weergegeven in Figuur 3-4 gedaan. Dit is gedaan voor drie varianten: 1) kade lichaam van zand, 2) kadelichaam van Argex, 3) kadelichaam van Bims. De rekenresultaten zijn weergegeven in Tabel 3-2 tot en met Tabel 3-4. Te zien is dat alle opties voldoen qua massa bovenop de leiding.

Tabel 3-2: Berekening van de massa van de kade per verticaal, variant kade met een kern van zand.

Verticaal	Dikte klei	Dikte Zand	Massa ophoging	Maximum	Oordeel
[-]	[m]	[m]	[kg]	[kg]	[-]
1	0,5	0	750	3230	Voldoet
2	0,5	1,18	2874	3230	Voldoet
3	0,5	1,18	2874	3230	Voldoet
4	0,5	0	750	3230	Voldoet

Tabel 3-3: Berekening van de massa van de kade per verticaal, variant kade met een kern van Argex.

Verticaal	Dikte klei	Dikte Argex	Massa ophoging	Maximum	Oordeel
[-]	[m]	[m]	[kg]	[kg]	[-]
1	0,5	0	750	3230	Voldoet
2	0,5	1,18	1517	3230	Voldoet
3	0,5	1,18	1517	3230	Voldoet
4	0,5	0	750	3230	Voldoet

Tabel 3-4: Berekening van de massa van de kade per verticaal, variant kade met een kern van BIMS.

Verticaal	Dikte klei	Dikte BIMS	Massa ophoging	Maximum	Oordeel
[-]	[m]	[m]	[kg]	[kg]	[-]
1	0,5	0	750	3230	Voldoet
2	0,5	1,18	1977,2	3230	Voldoet
3	0,5	1,18	1977,2	3230	Voldoet
4	0,5	0	750	3230	Voldoet



### **3.4 Berekening stabiliteit ontwerp**

Uit de bovenstaande berekeningen volgt dat zowel een kade met een kern van zand, Argex als BIMS voldoen qua massa bovenop de leiding. Aangezien het ontwerp met een kern van zand in de huidige fase het meest kansrijk lijkt is een stabiliteitsberekening met Argex of BIMS binnen deze memo niet beschouwd.

Het ontwerp met een zandkern is opgenomen binnen de berekeningsnotitie (Antea Group, 2022). Hieruit volgt dat het dijkvak ruim voldoet aan de eisen stabiliteit binnenwaarts en stabiliteit buitenwaarts. De aangepaste ligging van de kering wordt ontworpen conform eerdere specificaties zoals weergegeven in Figuur 2-2. Dit resulteert in nagenoeg eenzelfde dijkopbouw, afgezien van de noordelijke steunberm. Vastgesteld wordt dat een gewijzigd ontwerp, conform eerdere specificaties met een zandkern, ook voldoet aan de eisen voor binnenwaartse en buitenwaartse stabiliteit.

## 4 Conclusie

In deze notitie is een ontwerp oplossing bepaald ter plaatse van de AC-leiding. Hierbij is een verplaatsing van het ontwerp beschouwd naar de sterkere delen van de AC-leiding. Vervolgens dit ontwerp nader uitgewerkt met minder robuustheden en eventueel met lichter ophoogmateriaal. Bij deze verlegging zijn drie varianten uitgewerkt met een kern van zand, Argex en BIMS.

Uit de afweging van het ontwerp volgt dat wordt voorgesteld de kering 5 meter te verplaatsen. Hiernaast wordt geadviseerd om voor een minimale variant te kiezen met een hoogte op: NAP +1,89 m. Dit zorgt voor een ontwerp met minder belasting op de AC-leiding.

Uit de beschouwing van de massa volgt dat de beschouwde opties met een kern van zand, Argex en BIMS voldoen qua massa bovenop de leiding. Verder is vastgesteld dat een gewijzigd ontwerp, conform eerdere specificaties met een zandkern en een afdeklaag van 0,5 m klei, voldoet aan de eisen voor binnenwaartse en buitenwaartse stabiliteit. Op basis van deze bevindingen wordt voorgesteld de ontwerp oplossing uit te voeren met een zandkern volgens de bovenstaande specificaties.

## 5 Verwijzingen

Antea Group. (2022). *Technische Uitgangspunten Notitie, kadeversterking Lappenvoort-Oosterland*.

Arcadis. (2020). *Toetsing waterkering polder Lappenvoort - Oosterland*.

Delf Cluster. (2006). *Ophogmaatregelen en ophoogmaterialen, Voor voorzieningen op slappe bodem; kenmerk: DC2-3.13-01 versie 5*.