

## Notitie / Memo

**HaskoningDHV Nederland B.V.**  
**Water & Maritime**

Aan: Projectteam IJsselmeerdijk  
Van: Clara Spoorenberg  
Datum: 30 april 2024  
Kopie: Roland Boon  
Ons kenmerk: BI8482-RHD-NT-0009\_IJMD Beoordeling kruisende leidingen\_C04  
Classificatie: Projectgerelateerd  
Gecontroleerd door Ilse Hergarden, Sander Post, Matthijs Logtenberg

**Onderwerp: PU fase IJMD - Beoordeling kruisende leidingen**

---

### Managementsamenvatting

De IJsselmeerdijk wordt verstrekt van Lelystad tot aan de Ketelbrug. In het tracé zijn 30 dijk kruisende leidingen aanwezig die ofwel niet voldoen aan de NEN3650/3651 ofwel niet beoordeeld zijn in een reeds uitgevoerde veiligheidsanalyse. Van deze leidingen hebben 25 geen raakvlak met de dijkversterking. De overige 5 leidingen hebben mogelijk een raakvlak met een maatwerklocatie ter plaatse van de toegangsweg naar de Maximacentrale (DP26.0) of de toegangsweg naar terrein Flevokust (DP27.0). Vooral nog is er bij de beoordeling van deze 5 kruisende leidingen van uitgegaan dat ter plaatse van deze maatwerkoplossingen geen ophoogwerkzaamheden zullen plaatsvinden (huidige ontwerp). Om aantoonbaar te maken dat de waterkering na realisatie van de versterking ook ter plaatse van deze 30 kruisende leidingen aan de norm voldoet, is een pragmatische beoordeling uitgevoerd waarbij het huidige dijkontwerp (d.d. juni 2023) als leidend is aangenomen. Op basis van deze beoordeling wordt geconcludeerd dat de leidingen niet onacceptabel bijdragen aan een toename van de faalkans van de dijk. Hierbij is wel uitgegaan dat schade aan de dijkbekleding- als gevolg van een falende leiding- tijdig wordt gerepareerd. Schade aan de dijkbekleding tijdens een maatgevende stormconditie kan namelijk leiden tot het falen van de waterkering. Nieuw aan te leggen leidingen of leidingen die fysiek geraakt worden door de dijkversterking (parallele leidingen) maken geen onderdeel uit van voorliggende beoordeling.

## 1. Aanleiding

De IJsselmeerdijk wordt verstrekt van Lelystad tot aan de ketelbrug. In het tracé zijn 30 dijk kruisende leidingen aanwezig die ofwel niet voldoen aan de NEN3650/3651 ofwel niet beoordeeld zijn in de veiligheidsanalyse. Uitzondering hierop is de hogedruk gasleiding bij de Maximacentrale. Voor deze leiding is in de verkenningsfase op basis van een probabilistische beoordeling geconcludeerd dat de faalkansbijdrage kleiner is dan de faalkanseis voor deze leiding. De dijk voldoet hiermee ter plaatse van deze leidingkruising aan de norm, gegeven het huidige dijkversterkingsontwerp (d.d. juni 2023).

Om aantoonbaar te maken dat de waterkering na realisatie van de versterking ook ter plaatse van de overige 29 kruisende leidingen aan de norm voldoet, is in voorliggende notitie de beoordeling van deze leidingen opgenomen. De beoordeling is pragmatisch ingestoken, waarbij in eerste instantie op basis van conservatieve uitgangspunten getracht is aantoonbaar te maken dat de faalkansbijdrage voldoende klein is.

Het doel van deze notitie is het vastleggen van de gehanteerde uitgangspunten en informatie, de gevolgde werkwijze en de beoordeling van de kruisende leidingen.

## 2. Beschikbare informatie

### 2.1 Samenhang met andere producten kabels en leidingen

In de verkenningsfase zijn een quickscan en een plan van aanpak kabels & leidingen opgesteld. Op basis daarvan is bij de leidingbeheerders informatie opgevraagd omtrent de eigenschappen van de betreffende ondergrondse infrastructuur. De volgende informatie is gebruikt bij voorliggende beoordeling van de 30 kruisende leidingen:

- Quickscan beïnvloeding kabels en leidingen, kenmerk BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0006, RHDHV, 15 februari 2021
- Plan van Aanpak K&L – Versie C: definitief op basis van VKB, kenmerk BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0032, RHDHV, 25 april 2022
- Probabilistische analyse kruisende gasleiding Maximacentrale, kenmerk BH5290- RHD-ZZ-XX-RP-Z-0055, RHDHV, 9 december 2022
- Door leidingbeheerders verstrekte informatie (tekeningen, excel overzichten met relevante leidinggegevens (diameters, materiaalsoorten, leidingdrukken, etc. – beschikbaar op SPO)
- GIS viewer waterschap Zuiderzeeland

In het “Plan van Aanpak K&L” is het volgende overzicht van de in de planuitwerkingsfase uit te voeren activiteiten opgesteld:

- Afronden beoordeling en sterktetoets kruisende leidingen;
- Verleggingsplannen k&l opstellen op basis van uitgewerkt VKB en rekening houdend met beleid omtrent kabels en leidingen van het Waterschap;
- Bilaterale overleggen met netbeheerders;
- Nadere beoordeling specifieke locaties, verzoek tot toetsing op basis van de NEN uitsturen;
- Verzoek tot aanpassing (VTA) en verzoek tot maatregelen (VTM) uitsturen;
- Uitwerking ontwerp K&L verleggingen door k&l beheerders;
- Projectovereenstemmingen (POS) uitsturen;
- Vergunningaanvragen door k&l beheerders.

Voorliggende notitie omvat deelproduct “Afronden beoordeling en sterktetoets kruisende leidingen”. De overige activiteiten worden nog nader uitgewerkt in de PU fase.

## 2.2 Overzicht beschikbare informatie kruisende leidingen

In Tabel 1 is een overzicht van de te beoordelen leidingen opgenomen, waarbij de beschikbare informatie per leiding is weergegeven (DP = dijkpaalnummer).

Tabel 1: Overzicht en beschikbare informatie kruisende leidingen

Code	DP	Locatie	Beheerder	Type	Materiaal	Ø [mm]	Druk [bar]	Wand [mm]
DW-VIT-012	26.0	Maximacentrale	Vitens	Waterleiding	PE	315	2,5	28,5
DW-VIT-036	26.0	Maximacentrale	Vitens	Mantelbuis	staal	368	n.v.t.	8
DW-VIT-037	26.0	Maximacentrale	Vitens	Mantelbuis	staal	368	n.v.t.	8
GI-NGO-003 <sup>1)</sup>	26.0	Maximacentrale	Gasunie	Gas hoge druk	staal	610	79,9	NB
DW-VIT-013	27.0	Flevokust	Vitens	Waterleiding	HDPE	63	2,5	5,8
LG-LIA-005	27.0	Flevokust	Liander	Gas lage druk	PE100	75	0,1	6,9
DR-GEM-Flevokust	27.0	Flevokust	Gem. Lelystad	Rioolpersleiding	PE100	160	1,5	NB
OV-ZZL-002 <sup>2)</sup>	30.7	Lelystad	Zuiderzeeland	Dit betreft de hevelling.				
DW-VIT-024	31.8	Flevo marina	Vitens	Waterleiding	staal	114	2,5	4
LG-LIA-011	31.8	Flevo marina	Liander	Gas lage druk	HPE	110	0,1	6,3
DR-GEM-003	32.4	Houtribhoek	Gem. Lelystad	Rioolleiding	HPE	75	0	NB
DW-VIT-004	32.4	Houtribhoek	Vitens	Waterleiding	PE	63	2,5	6,8
DR-GEM-006	33.9	Parkhaven	Gem. Lelystad	Rioolleiding	HPE	63	0	NB
DW-VIT-010	33.9	Parkhaven	Vitens	Waterleiding	PE	160	2,5	14,5
LG-LIA-018	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	HPE	160	0,1	9,1
LG-LIA-032	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	HPE	160	0,1	9,1
LG-LIA-049	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	HPE	160	0,1	9,1
DR-GEM-004	34.4	Deco Marinahaven	Gem. Lelystad	Rioolleiding	HPE	63	0	NB
DW-VIT-033	34.4	Deco Marinahaven	Vitens	Waterleiding	PE	110	2,5	10
DW-VIT-061	34.4	Deco Marinahaven	Vitens	Mantelbuis	PVC	160	n.v.t.	4,7
DW-VIT-065	34.4	Deco Marinahaven	Vitens	Niet in lijst Vitens, geen gegevens beschikbaar				
LG-LIA-009	34.4	Deco Marinahaven	Liander	Gas lage druk	HPE	131,4	0,1	3,6
LG-LIA-033	34.4	Deco Marinahaven	Liander	Gas lage druk	HPE	110	0,1	6,3
LG-LIA-107	34.7	Hourihaven	Liander	Mantelbuis	SPVC	160	n.v.t.	
LG-LIA-019	34.7	Hourihaven	Liander	Gas lage druk	HPE	63	0,1	2,6
LG-LIA-035	34.7	Hourihaven	Liander	Gas lage druk	HPE	110	0,1	6,3
LG-LIA-042	34.7	Hourihaven	Liander	Gas lage druk	PE100	110	0,1	10
LG-LIA-107	34.7	Hourihaven	Liander	Mantelbuis	SPVC	160	n.v.t.	
DR-GEM-005	34.8	Hourihaven	Gem. Lelystad	Rioolleiding	PVC	125	0	
DW-VIT-028	34.9	Hourihaven	Vitens	Waterleiding	staal	108	2,5	3

<sup>1)</sup> Deze leidingkruising is al beoordeeld. De resultaten zijn opgenomen in rapport met kenmerk BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0055 (RHDHV, 22 dec. 2022).

<sup>2)</sup> Dit betreft de hevelling van Waterschap Zuiderzeeland. Deze leiding wordt aangepast. Het ontwerp van de nieuwe leiding dient te voldoen aan het OI2014v4. Deze leiding wordt daarom in voorliggende beoordeling niet meegenomen.

Opgemerkt wordt dat mogelijk ter plaatse van DP31.8 (Flevo marina) een rioolpersleiding aanwezig is in de dijk. Deze leiding is niet uit de KLIC naar voren gekomen en derhalve ook niet beoordeeld in voorliggende notitie.

### 3. Aanpak beoordeling

#### 3.1 Wettelijk beoordelingskader Niet Waterkerende Objecten (NWO) kabels en leidingen

Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI) is de verzameling van alle instrumenten voor het beoordelen van primaire waterkeringen in Nederland aan de waterveiligheidsnormen zoals vastgesteld in de wijziging van de Waterwet in 2017. Deze normen zijn vastgesteld als toelaatbare overstromingskansen (per traject en jaar) en het WBI geeft kaders richtlijnen en instrumenten (o.a. technische rapportages, voorschriften, en software) om vast te stellen of al dan niet aan de gestelde norm wordt voldaan.

Voor de beoordeling van de veiligheid van bestaande primaire waterkeringen voorziet het WBI in “Bijlage III Sterkte en veiligheid” van de “Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017” (I&M, 2017a), waarbij wordt gerefereerd naar de veiligheidseisen van de NEN 3650 reeks voor situaties waarbij leidingen invloed kunnen hebben op het waterkerend vermogen van de waterkering en daarmee de kans op overstroming. Op hoofdlijnen voorziet het WBI voor kabels en leidingen de volgende drie toetsniveaus, in lijn met de beoordeling van andere faalmechanismen:

- Eenvoudige toets (o.b.v. leidingkenmerken; bv. materiaal, inwendige druk, diameter);
- Gedetailleerde toets (rekenmodellen volgens bijlage E van NEN 3651);
- Toets op maat (faalkans/risicoanalyse, in-situ metingen; tevens NEN 3651 Bijlage E).

In tegenstelling tot directe faalmechanismen zijn de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets voor kabels en leidingen gericht op het aantonen van een verwaarloosbare kansbijdrage van het falen van de leiding (optredingscriterium) of op een verwaarloosbaar effect (schadecriterium; bv. stabiliteits- versus invloedzone); voor directe faalmechanismen zijn de toetsen gericht zijn op de toelaatbare kans van het mechanisme zelf.

De werkwijze voor het uitvoeren van de eenvoudige en gedetailleerde toets (beoordeling) is opgenomen in het WBI (bijlage III, hoofdstuk 25.4 “NWOKI”). Wanneer met de eenvoudige en/of gedetailleerde toets niet tot een oordeel gekomen kan worden, kan een Toets op Maat worden uitgevoerd. Hiervoor is het “Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen” (Deltares, 2018) opgesteld. Dit document valt eveneens onder het WBI. In het kader van de POV kabels en leidingen zijn enkele voorbeeldprojecten uitgewerkt welke als handleiding zijn gebruikt bij de “Probabilistische analyse kruising gasleiding Maximacentrale. Dit laatste document bevat de basis voor de Toets op Maat voor kruisende leidingen in voorliggende notitie.

#### 3.2 Beoordeling 30 kruisende leidingen PU fase IJMD

De kruisende leidingen zijn in veel gevallen gebundeld, zodat er meerdere leidingen ter plaatse van een dwarsprofiel de dijk kruisen. De beoordeling is daarom gebundeld uitgevoerd voor 9 locaties. Als eerste filter is de eenvoudige beoordeling conform WBI2017 uitgevoerd (Wettelijk Beoordelings Instrumentarium). Voor leidingen waarvoor op basis hiervan nog niet geconcludeerd kan worden dat de faalkansbijdrage voldoende klein is, is de beoordeling vervolgd conform het Veiligheidsraamwerk, zie Figuur 1 voor de generieke gebeurtenissenboom uit het Veiligheidsraamwerk.



Figuur 1: Generieke gebeurtenissenboom voor het beoordelen van een waterkering met invloed van een falende leiding en beschouwing van de gelijktijdigheid van leiding falen en hoogwater (bron: Veiligheidsraamwerk)

#### 4. Eenvoudige beoordeling WBI2017

In Tabel 2 is het resultaat van de eenvoudige beoordeling opgenomen. Op basis hiervan kan voor een groot aantal kruisende leidingen geconcludeerd worden dat de faalkansbijdrage verwaarloosbaar is. Negen leidingen moeten verder beoordeeld worden vanwege de diameter van de leiding. Van vier leidingen zijn geen gegevens met betrekking tot de druk beschikbaar. Het betreft waterleidingen van beheerder Vitens. Waarschijnlijk is de bedrijfsdruk kleiner dan 10 bar. Dit dient geverifieerd te worden. Van één leiding zijn in het geheel geen gegevens beschikbaar gesteld. Deze gegevens dienen te worden opgevraagd. Vooralsnog is in het kader van voorliggende beoordeling het uitgangspunt gehanteerd dat deze leiding maximaal over de grootste dimensies beschikt uit de lijst. Voor DW-VIT-065 betekent dit dat de specs van DW-VIT-012 aangehouden zijn.

Tabel 2: Eenvoudige beoordeling kruisende leidingen

Code	DP	Locatie	Beheerder	Type	Oordeel	toelichting
DW-VIT-012	26.0	Maximacentrale	Vitens	Waterleiding	VB	Diameter
DW-VIT-036	26.0	Maximacentrale	Vitens	Mantelbuis	Voldoet*	In- en uitredepunt
DW-VIT-037	26.0	Maximacentrale	Vitens	Mantelbuis	Voldoet*	In- en uitredepunt
DW-VIT-013	27.0	Flevokust	Vitens	Waterleiding	Voldoet	
LG-LIA-005	27.0	Flevokust	Liander	Gas lage druk	Voldoet	
DR-GEM-Flevokust	27.0	Flevokust	Gem. Lelystad	Rioolperleiding	VB	Diameter
DW-VIT-024	31.8	Flevo marina	Vitens	Waterleiding	Voldoet	
LG-LIA-011	31.8	Flevo marina	Liander	Gas lage druk	Voldoet	
DR-GEM-003	32.4	Houtribhoek	Gem. Lelystad	Rioolleiding	Voldoet	
DW-VIT-004	32.4	Houtribhoek	Vitens	Waterleiding	Voldoet**	Aanname druk <2,5 bar
DR-GEM-006	33.9	Parkhaven	Gem. Lelystad	Rioolleiding	Voldoet	
DW-VIT-010	33.9	Parkhaven	Vitens	Waterleiding	VB	Diameter
LG-LIA-018	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	VB	Diameter

Code	DP	Locatie	Beheerder	Type	Oordeel	toelichting
LG-LIA-032	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	VB	Diameter
LG-LIA-049	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	VB	Diameter
DR-GEM-004	34.4	Parkhaven	Gem. Lelystad	Rioolleiding	Voldoet	
DW-VIT-033	34.4	Parkhaven	Vitens	Waterleiding	Voldoet	
DW-VIT-061	34.4	Parkhaven	Vitens	Mantelbuis	Voldoet*	In- en uitredepunt
DW-VIT-065	34.4	Parkhaven	Vitens		VB	Geen gegevens leiding
LG-LIA-009	34.4	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	VB	Diameter
LG-LIA-033	34.4	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	Voldoet	
LG-LIA-107	34.7	Houtribhaven	Liander	Mantelbuis	Voldoet*	In- en uitredepunt
LG-LIA-019	34.7	Houtribhaven	Liander	Gas lage druk	Voldoet	
LG-LIA-035	34.7	Houtribhaven	Liander	Gas lage druk	Voldoet	
LG-LIA-042	34.7	Houtribhaven	Liander	Gas lage druk	Voldoet	
LG-LIA-107	34.7	Houtribhaven	Liander	Mantelbuis	Voldoet*	In- en uitredepunt
DR-GEM-005	34.8	Houtribhaven	Gem. Lelystad	Rioolleiding	Voldoet	
DW-VIT-028	34.9	Houtribhaven	Vitens	Waterleiding	Voldoet	

\* De mantelbuizen zijn vooralsnog als beoordeeld als geen significante bijdrage aan de overstromingskans. Voorwaarde hierbij is wel dat een controle op de ligging van het in- en uitredepunt plaats vindt.

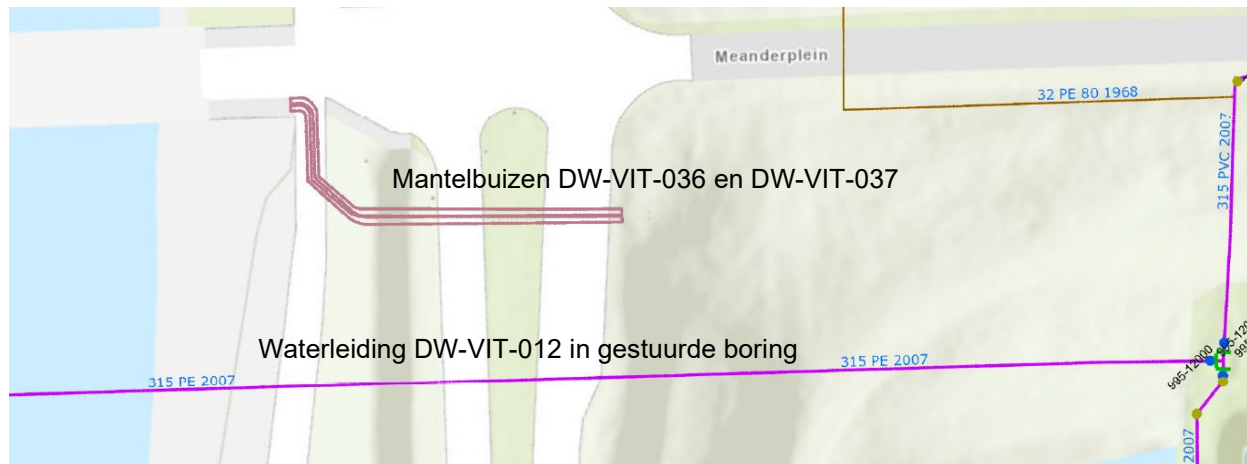
De volledige eenvoudige beoordeling is opgenomen in Bijlage A.

In de volgende stap zijn uitsluitend de leidingen met oordeel VB (verder beoordelen) meegenomen. De beoordeling is per dwarsprofiel uitgevoerd. Het betreft de kruisende leidingen ter plaatse van dwarsprofielen bij de Maximacentrale (DP 26.0), de loswal Flevokust (DP 27.0), Parkhaven (DP 33.9), Deco Marinahaven (DP 34.4) Houtribhaven en (DP 34.7).

## 5. Nadere beoordeling per dwarsprofiel

### 5.1 Maximacentrale DP 26.0

Ter plaatse van de Maximacentrale liggen de Gasunie leiding (GI-NGO-003)- die al is goedgekeurd op basis van een probabilistische beoordeling, een Vitens waterleiding (DW-VIT-012) die in een gestuurde boring ligt en twee mantelbuizen (DW-VIT-036 en DW-VIT-037). In deze paragraaf wordt ingegaan op de beoordeling van de waterleiding en beide mantelbuizen.



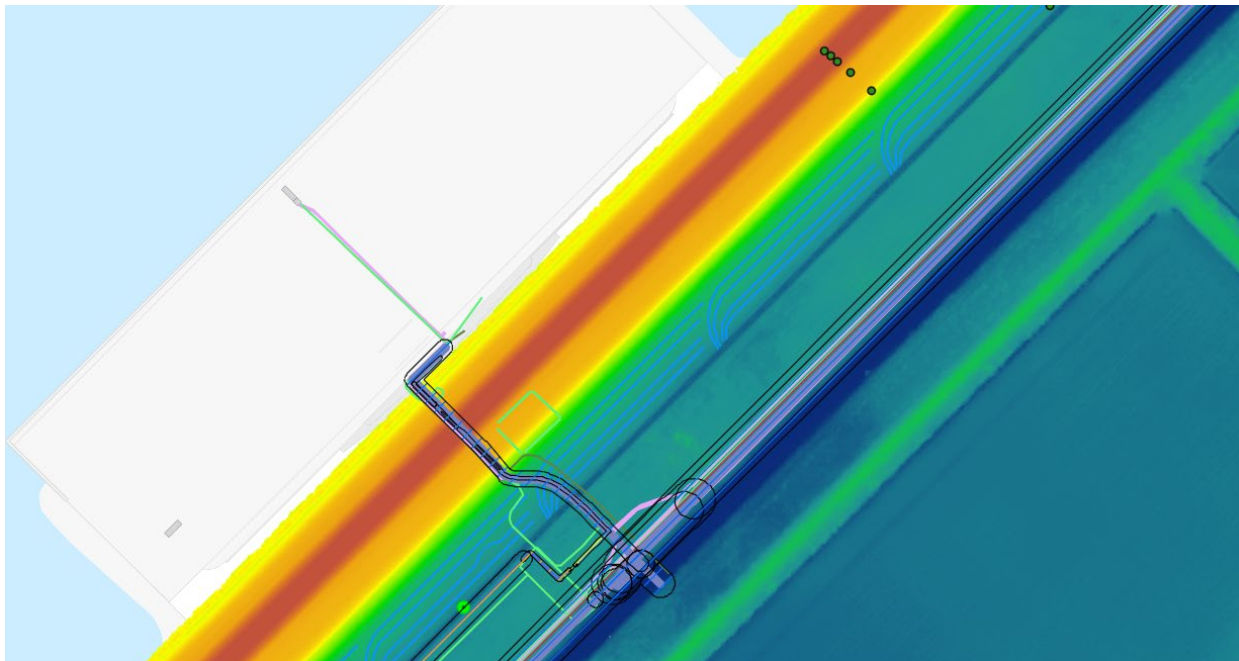
Figuur 2: Waterleiding DW-VIT-012 en mantelbuizen DW-VIT-036 en DW-VIT-037 bij de Maximacentrale DP 26.0 (bron: Vitens)

In Figuur 2 is te zien dat de gestuurde boring van de waterleiding begint in het achterland van de dijk, op ruim 200 m vanaf de kruin van de dijk. Dit is buiten de invloedzone van de waterkering. Het maaiveldniveau is hier circa NAP -4,5 m. De gestuurde boring eindigt ter plaatse van het terrein van de Maximacentrale op circa NAP +3,0 m. Aangezien het maaiveldniveau ter plaatse van dit buitendijkse intredepunt hoger ligt dan de waterstand bij de norm (WBN), wordt de bijdrage van deze leiding verwaarloosbaar geacht. De dijk voldoet hiermee ter plaatse van deze leidingkruising aan de norm.

Zoals te zien is in Figuur 2 dienen de mantelbuizen uitsluitend om de weg op de dijk te kunnen kruisen. Het in- en uitredepunt van deze mantelbuizen ligt aan beide zijden van de weg boven WBN, respectievelijk NAP +3,7 en +3,2 m ter plaatse van buiten- en binnenzijde van de waterkering. De faalkansbijdrage van deze mantelbuizen wordt hiermee verwaarloosbaar verondersteld. De waterkering voldoet hiermee, na uitvoering van de versterking, aan de norm.

### 5.2 Loswal Flevokust DP 27.0

Ter plaatse van DP 27.0 kruist een groot aantal leidingen de waterkering. In Figuur 3 is te zien dat ter plaatse van deze leidingkruisingen een hoog voorland aanwezig is. De hoogte van het voorland is NAP +2,2 m en de breedte bedraagt ruim 130 m. Vanwege de aanwezigheid van dit hoge voorland met een hoogte net onder WBN ligt, wordt de faalkansbijdrage van de leidingen op de waterkering verwaarloosbaar geacht. De dijk voldoet hiermee aan de norm.



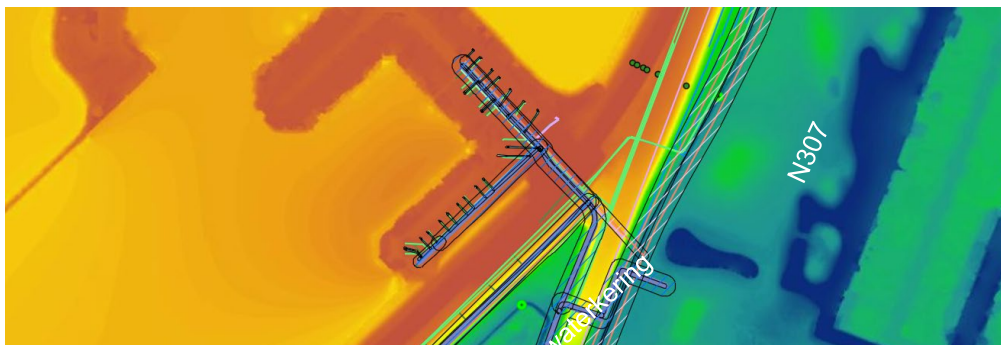
Figuur 3: Kabels en leidingen ter plaatse loswal Flevokust DP 27.0 (bron: GIS viewer ZZZ)

Opgemerkt wordt dat in de GIS viewer een aantal mantelbuizen is aangetroffen die niet in de lijst in de quickscan zijn opgenomen. Het betreft mantelbuis DT-KPN-088 met een diameter van 1100 mm en mantelbuis LG-LIA-087 met een diameter van 110 mm. Ook deze leidingen hebben vanwege het hoge voorland een verwaarloosbare bijdrage aan de faalkans van de waterkering.

### 5.3 Parkhaven DP 33.9

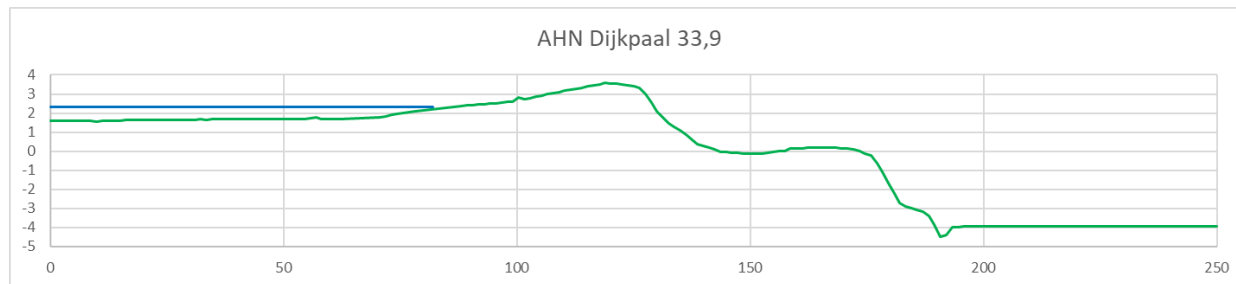
Ter plaatse van Parkhaven DP 33.9 kruist een aantal leidingen de waterkering (Figuur 4). In Figuur 5 is te zien dat ter plaatse van de leidingkruisingen een hoog voorland aanwezig is. Het hoge voorland maakt onderdeel uit van een strekdam met een breedte van 70 m. De totale lengte van de strekdam bedraagt circa 300 m loodrecht op de dijk op circa NAP +1,5 m. Over een lengte van 50 m ligt dit voorland hoger dan WBN (>NAP +2,4 m).

Binnendijks is sprake van een verbrede berm ten gevolge van de N307 die hier aansluit op de dijk. In Tabel 3 is een overzicht met de ontgrondingskraters van de betreffende leidingen opgenomen.



Figuur 4: Kruisende leidingen ter plaatse van Parkhaven: DP 33.9 (bron: GIS viewer ZZZ)





Figuur 5: Dwarsprofiel ter plaatse van leidingkruisingen Parkhaven DP 33.9 (bron: AHN)

Tabel 3: Ontgrondingskraters van de te beoordelen kruisende leidingen Parkhaven DP 33.9

Code	DP	Beheerder	Type	Krater	Opmerkingen
DW-VIT-010	33.9	Vitens	Waterleiding	11,8/1,4	
LG-LIA-018	33.9	Liander	Gas lage druk	1,6/1,1	
LG-LIA-032	33.9	Liander	Gas lage druk	1,6/1,1	
LG-LIA-049	33.9	Liander	Gas lage druk	1,6/1,1	

Opgemerkt wordt dat in de GIS viewer een aantal mantelbuizen is aangetroffen die niet in de lijst in de quickscan zijn opgenomen. Het betreft mantelbuis LG-LIA-082 met een diameter van 200 mm en mantelbuis DW-VIT-061 met een onbekende diameter. Deze leidingen hebben vanwege het hoge voorland een verwaarloosbare bijdrage aan de faalkans van de waterkering. De in- en uitredepunten van deze leidingen liggen met respectievelijk NAP +3,3 en +3,4 m boven WBN.

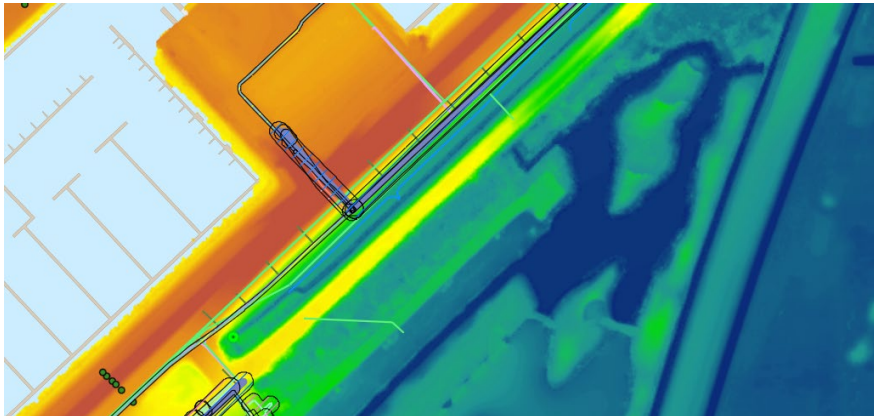
De kruinhoogte ter plaatse van DP 33.9 bedraagt NAP +4,1 m. Bij het ontstaan van de grootste ontgrondingskrater (Vitens waterleiding DW-VIT-010) ligt de resterende kruinhoogte met NAP + 2,7 m nog steeds boven WBN. Ondanks het hoge voorland, kan erosie door golfaanval niet volledig worden uitgesloten. Om de invloed van de kruisende leidingen ter plaatse van DP 33.9 te bepalen, is in paragraaf 6 een probabilistische beoordeling uitgewerkt.

#### 5.4 . Deco Marinahaven DP 34.4

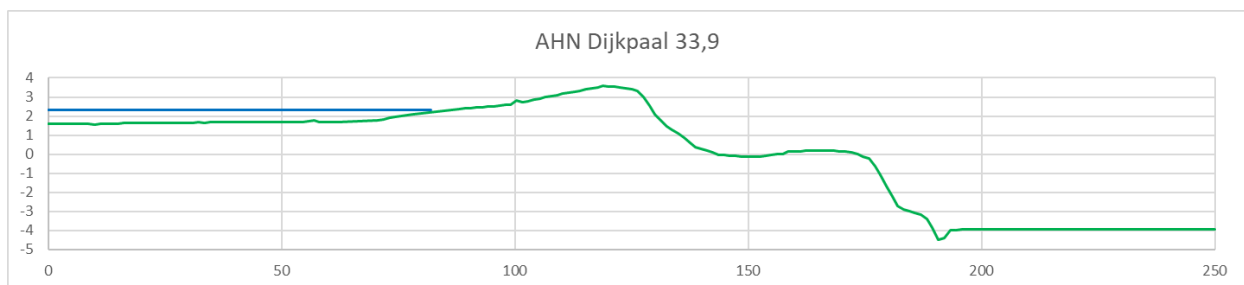
Ter plaatse van Parkhaven DP 34.4 kruist een aantal leidingen de waterkering (Figuur 6). In Figuur 7 is te zien dat ter plaatse van de leidingkruisingen een hoog voorland aanwezig is. Het hoge voorland maakt onderdeel uit van een plateau met een breedte van 130 m. De totale lengte van het plateau bedraagt circa 120 m loodrecht op de dijk op circa NAP +1,0 m. De leidingkruisingen bevinden zich in de toerit naar de dijk waardoor de dijk hier lokaal beschikt over een overbreedte.

Binnendijks heeft de dijk een standaardprofiel.

In Tabel 4 is een overzicht met de ontgrondingskraters van de betreffende leidingen opgenomen.



Figuur 6: Kruisende leidingen ter plaatse van Parkhaven DP 34.4 (bron: GIS viewer ZZL)



Figuur 7: Dwarsprofiel ter plaatse van leidingkruisingen Parkhaven DP 34.4 (bron: AHN)

Tabel 4: Ontgrondingskraters van de te beoordelen kruisende leidingen Parkhaven DP 34.4

Code	DP	Beheerder	Type	Krater	Opmerkingen
DW-VIT-033	34.4	Vitens	Waterleiding	9,3/1,3	
DW-VIT-061	34.4	Vitens	Mantelbuis	11,8/1,4	Geen sterktereductie bij falen leiding
DW-VIT-065	34.4	Vitens	Niet in lijst Vitens		
LG-LIA-009	34.4	Liander	Gas lage druk	1,6/1,1	

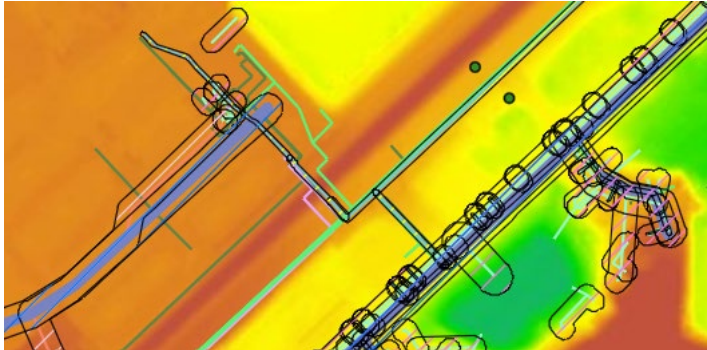
De mantelbuis (DW-VIT-061) is uitsluitend ter plaatse van de kruising met de weg aanwezig. Het in- en uittredepunt van de mantelbuis liggen op respectievelijk NAP +3,3 en +3,4 m. Gezien deze ligging boven WBN, wordt de faalkansbijdrage van deze leiding verwaarloosbaar geacht.

De kruinhoogte ter plaatse van DP 34.4 bedraagt NAP +3,5 m. Bij het ontstaan van een ontgrondingskrater is de resterende kruinhoogte NAP +2,2 m. Dit is lager dan WBN en bovendien moet rekening worden gehouden met enige erosie door golfaanval, ondanks het hoge voorland. Om de invloed van de kruisende leidingen ter plaatse van DP 34.4 te bepalen, is in paragraaf 6 een probabilistische beoordeling uitgewerkt.

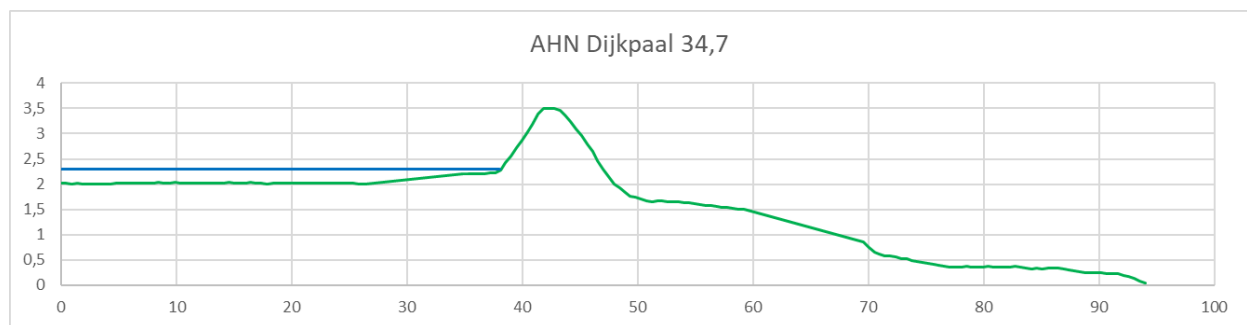
#### 5.5 . Houtribhaven DP 34.7

Ter plaatse van Houtribhaven DP 34.7 kruist een aantal leidingen de waterkering (Figuur 8). In Figuur 9 is te zien dat ter plaatse van de leidingkruisingen een hoog voorland aanwezig is. Het hoge voorland maakt onderdeel uit van een plateau met een lengte van 190 m. De gemiddelde breedte van het plateau bedraagt circa 170 m en ligt op circa NAP +2,0 m. De leidingkruisingen bevinden zich aan de zijkant van het plateau, aan de zijde van de jachthaven. De dijk een heeft een standaardprofiel ter plaatse van de leidingkruisingen. Wel is er sprake van een hoog achterland, NAP 0 m in plaats van NAP -4,5 m.

In Tabel 5 is een overzicht met de ontgrondingskraters van de betreffende leidingen opgenomen.



Figuur 8: Kruisende leidingen ter plaatse van Parkhaven DP 34.7 (bron: GIS viewer ZZL)



Figuur 9: Dwarsprofiel ter plaatse van leidingkruisingen Houtribhaven DP 34.7 (bron: AHN)

Tabel 5: Ontgrondingskraters van de te beoordelen kruisende leidingen Parkhaven DP 34.7

Code	DP	Beheerder	Type	Krater	Opmerkingen
DW-VIT-033	33.9	Vitens	Waterleiding	9,3/1,3	
DW-VIT-061	33.9	Vitens	Mantelbuis	11,8/1,4	

In het achterland is een mantelbuis aanwezig die niet in de overzichtslijst is opgenomen (LG-LIA-107) met een diameter van 168 mm. Omdat het intredepunt van deze mantelbuis binnendijs ligt, is de faalkansbijdrage van de leiding verwaarloosbaar.

De kruinhoogte ter plaatse van DP 34.7 bedraagt NAP +3,5 m. Na het ontstaan van een ontgrondingskrater is de kruinhoogte met NAP +2,1 m lager dan WBN. Om de invloed van de kruisende leidingen ter plaatse van DP 34.7 te bepalen, is in paragraaf 6 een probabilistische beoordeling uitgewerkt.

#### 6. Probabilistische analyse leidingen Parkhaven en Houtribhaven

De probabilistische beoordeling is gebaseerd op de aanpak zoals beschreven in BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0055. Door het toepassen van een aantal conservatieve aannamen, is een universele beoordeling voor alle profielen in het traject van Parkhaven en Houtribhaven mogelijk. De uitwerking van de generieke probabilistische beoordeling, inclusief de hierbij gehanteerde uitgangspunten zijn onderstaand nader uitgewerkt.

### 6.1 Uitgangspunten universele probabilistische beoordeling

De kans op een overstroming is het product van de kans op het falen van de leiding, de conditionele vervolgcans op hoogwater vóórdat de schade door leidingfalen hersteld is en de conditionele vervolgcans op falen van de dijk ten tijde van dit hoogwater met een overstroming als gevolg. In formulevorm:

$$P_{\text{overstromen door leidingfalen}} = P_{f;\text{leiding}} \cdot P_{\text{geen herstel}} \cdot P_{f;\text{dijk}}$$

Waarin  $P_{\text{overstroming door leidingfalen}}$  de overstromingskans door leidingfalen,  $P_{f;\text{dijk}}$  de conditionele kans op een overstroming gegeven niet vóór hoogwater herstelde schade door leidingfalen,  $P_{\text{geen herstel}}$  de kans op hoogwater vóór herstel en  $P_{f;\text{leiding}}$  de kans op leidingfalen.

Er is geen tijdig herstel als er tijdens een hoogwatergebeurtenis niet-herstelde schade is door leidingfalen. Dit kan zijn als het leidingfalen voorafgaand aan het hoogwater plaatsvindt en de ontdek- en hersteltijd langer is dan de tijd tot het volgend hoogwater of als het leidingfalen plaatsvindt tijdens een hoogwater. Er is dus geen tijdig herstel als de hersteltijd overlapt met een hoogwater. Er vanuit gaande dat er geen correlatie is tussen leidingfalen en hoogwater, is alleen de duur van het hoogwater van belang. Er is uitgegaan van een duur van het hoogwater van 48 uur (stormduur) en een ontdek- en hersteltijd van 3 dagen. Voor de hersteltijd is uitgegaan van het minimum van 3 dagen. Hierbij is rekening gehouden met de goede bereikbaarheid van de locaties en het gegeven dat de leidingkruisingen in stedelijk gebied liggen, waardoor het aannemelijk is dat leidingfalen snel gedetecteerd wordt. Uitgaande van gemiddeld één relevante hoogwatergebeurtenis per jaar is de kans op geen tijdig herstel, c.q. geen herstel vóór de hoogwatergebeurtenis, gelijk aan  $1,37\text{E-}02$  per leidingfaalgeval.

$$P_{\text{geen tijdig herstel}} = \frac{t_{\text{hoogwater}} + t_{\text{herstel}}}{t_{\text{referentie}}} = \frac{2 + 3}{365} \approx 0,01$$

In de vergelijking is  $t_{\text{herstel}}$  de ontdek- en hersteltijd van de schade door leidingfalen,  $t_{\text{hoogwater}}$  de duur van een hoogwatergebeurtenis en  $t_{\text{referentie}}$  de referentieperiode waarin gemiddelde één hoogwatergebeurtenis plaatsvindt (één jaar ofwel 365 dagen).

Bij het bepalen van de leidingfaalkans is als conservatief uitgangspunt genomen dat de correctiefactor voor alle faaloorzaken, zowel binnen als buiten de centrale zone, 1,0 bedraagt. Dit omdat het verschillende typen leidingen betreft en er relatief weinig gegevens beschikbaar zijn van de leidingen. Er zijn geen sterktegegevens bekend, van enkele leidingen is de werkdruk niet beschikbaar en evenmin is bekend of de leidingen ter plaatse van de dijk kruising versterkt zijn uitgevoerd. De leidingfaalkans bedraagt hiermee:

Tabel 6: Faalfrequenties per meter en jaar voor leiding per kratercategorie (gekoppeld aan lektype, som van de faalfrequenties per kratercategorie I-III)

Categorie	Buiten centrale zone	Binnen centrale zone
Langsscheur (type c)	1,9E-09	1,9E-09
Krater totaal I-III	4,2E-08	4,2E-08

De kans op leidingfalen ( $P_{f;\text{leiding}}$ ) betreft de kans per meter leidinglengte.  $P_{f;\text{leiding}}$  en wordt verkregen door deze eenheidskans te vermenigvuldigen met de equivalente leidinglengte. De equivalente leidinglengte in de betreffende zones (naar categorie; krater I-III en langsscheur) is aan de hand van een

bovengrensbenadering universeel bepaald. De omvang van de centrale zone is vastgesteld aan de hand van zone 1 uit het Technisch Rapport Actuele sterkte (TRAS, 2007) en bedraagt  $3\text{ m} + 2 * H_{\text{dijk}}$  vermeerderd met de straal van de krater ( $G_L$ ) =  $3 + 16 + 12 \approx 31\text{ m}$ . Hierbij is de maximale  $H_{\text{dijk}}$  van 8 m aangehouden en is de maximale kraterstraal van 12 m gehanteerd. In een zone van 150 m heeft een erosiekrater geen invloed meer op de dijkveiligheid (GEKB), de tussenliggende zone is aangeduid met "buiten centrale zone". De equivalente leidinglengte buiten de centrale zone bedraagt 119 m (150 - 31 m).

Bij instabiele langsscheuren (lektype c in de TNO rapportage) kunnen meerdere buiselementen openscheuren naar beide kanten toe vanuit de lek of begin locatie. De scheurvorming stopt bij zogenaamde scheurstoppers ('arrest pipes') die voldoende taaigheid hebben om de scheurvorming tegen te houden. Zulke scheurstoppers kunnen planmatig aanwezig zijn, of toevallig aanwezig zijn door variatie in de taaigheid tussen verschillende buiselementen.

Omdat onbekend is of er scheurstoppers aanwezig zijn in de leidingen, is de equivalente leidinglengte zoals afgeleid in BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0055 als bovengrens gehanteerd. De invloedslengte van 700 m wordt als bovengrens beschouwd.

De langsscheur in de centrale zone bedraagt 722 m, de karakteristieke lengte + de diameters van de krater. De langsscheur buiten de centrale zone bedraagt 119 m, dit is gelijk aan de aanvullende invloedslengte (verschil tussen centrale zone en buiten centrale zone krater).

Evenals in BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0055 is het voorland niet beschouwd in de probabilistische beoordeling. Op alle locaties met leidingkruisingen in Parkhaven en Houtribhaven is een hoog voorland aanwezig, waardoor de faalkansbijdrage van leidingfalen in het voorland verwaarloosbaar is beschouwd.

## 6.2 Faalmechanismen

De volgende faalmechanismen zijn beoordeeld:

- Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI);
- Piping en heave (STPH);
- Overslag en erosie (GEKB);
- Grasbekleding buitentalud (GEBU)

### 6.2.1 Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)

De berekende S.F. in het traject Parkhaven bedraagt 1,39 (Wettelijke Beoordeling Primaire Waterkering normtraject 8-3, ZZL, november 2018). Dit is gebaseerd op sterkteparameters uit de Schematiseringshandleiding en is daarom conservatief. Gezien de oversterkte die in de profielen aanwezig is (hoog achterland, brede berm) wordt de invloed van de ontgrondingskrater op de S.F. verwaarloosbaar geacht. Als veilige aanname is uitgegaan van een reductie van 0,1 op de S.F. (1,29). De Faalkans op doorsnedeniveau ( $P_{f,dijk}$ ) bedraagt hiermee  $3,7E-08$  per jaar voor STBI.

### 6.2.2. Piping en heave (STPH)

Voor piping en heave is conform BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0055 een faalkans van  $1,0E-10$  per jaar aangehouden voor STPH. De Ijsselmeerdijk wordt vanwege de specifieke opbouw (zandcunet) en dikke waterremmende lagen in voor- en achterland, als niet pipinggevoelig beschouwd (faalkans verwaarloosbaar). Een aantal van de te beoordelen leidingen kruist de dijk echter onder WBN, waardoor mogelijk wel een intredepunt kan ontstaan bij een ontgrondingskrater in de buitenkruin. De kans dat dit tot dijkfalen leidt, door het optreden van piping, wordt zeer klein geacht. Ten behoeve van de integrale faalkansanalyse wordt in de gebeurtenissenboom gerekend met een faalkans van  $P_{f,dijk} = 1,0E-10$ . Dit wordt als zeer conservatief uitgangspunt beschouwd. Een invloedzone voor piping wordt niet van toepassing geacht.

### 6.2.3 Overslag en erosie (GEKB)

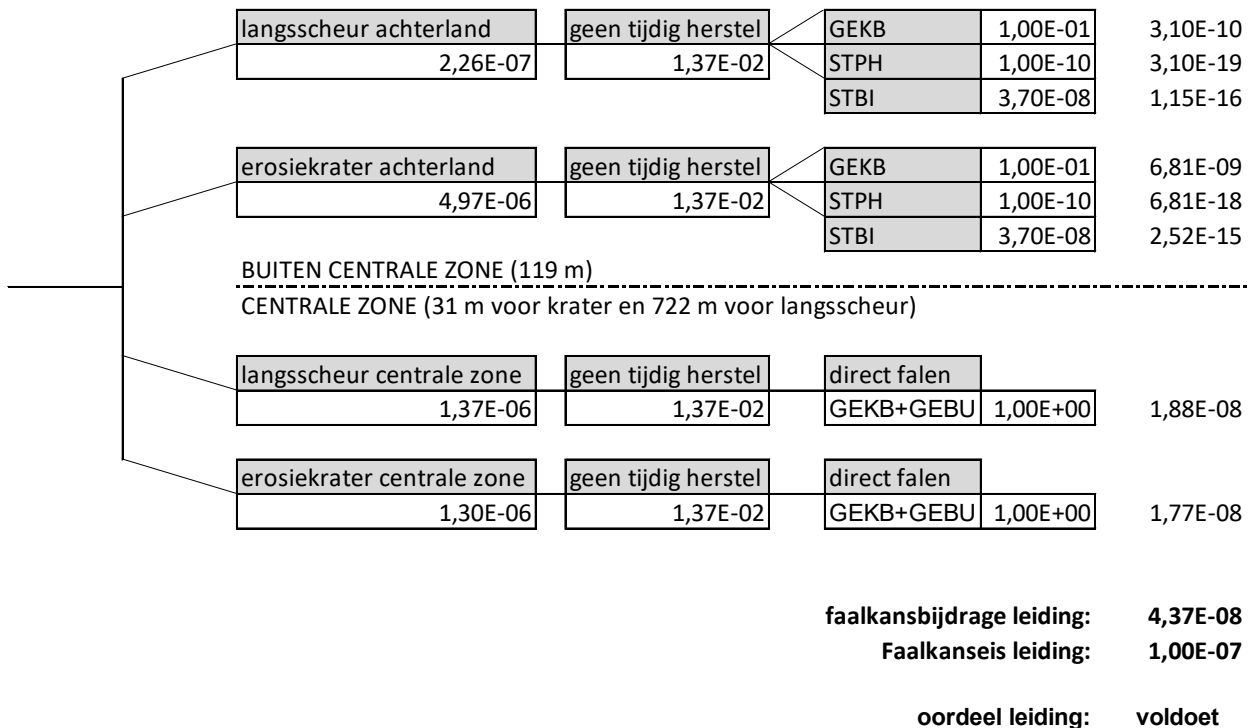
De IJsselmeerdijk beschikt over een zandkern. Wanneer de bekleding beschadigd is, komt de zandkern bloot te liggen. Dit wordt beschouwd als falen van de waterkering (direct falen;  $P_{f,dijk} = 1,0$ ). Dit is een conservatieve inschatting, door de aanwezigheid van hoog voorland, dat bovendien deels voorzien is van verhardingen en/of bebouwing, wordt overslag en erosie (GEKB) onwaarschijnlijk geacht.

### 6.2.4 Grasbekleding buitentalud (GEBU)

Bij het ontstaan van een erosiekrater in het voorland kan schade ontstaan aan de bekleding van het buitentalud. Omdat dit dezelfde zone van de waterkering betreft als GEKB en in deze zone is uitgegaan van direct falen, wordt GEBU binnen dezelfde faalkans beschouwd.

## 6.3 Generieke gebeurtenissenboom

In zijn leidingfaalkans, kans op geen herstel en faalkans van de dijk per faalmechanisme gecombineerd tot de generieke gebeurtenissenboom voor de leidingen in Parkhaven, Deco Marinahaven en Houtribhaven. De resulterende kans op overstromen ten gevolge van leidingfalen bedraagt  $4,37E-08$ . Deze kans is kleiner dan de faalkanseis van  $1,0E-07$ , waarmee de leidingkruisingen voldoen aan de norm, na uitvoering van de dijkversterking.



Figuur 10: : Generieke gebeurtenissenboom voor faalkans na leidingfalen kruisende leidingen Parkhaven

## 7. Conclusies en eindoordeel

Op basis van bovenstaand wordt geconcludeerd dat de bijdrage van de leidingen aan de totale faalkans van de dijk acceptabel is. Dit oordeel is gebaseerd op de faalkansbijdrage van een leiding van  $4,37E-08$ . Deze is kleiner dan de faalkanseis van  $1,0E-07$ . Bovendien blijkt uit de analyse dat gebeurtenissen buiten de centrale zone, met name stabiliteit en piping, niet noemenswaardig bijdragen aan de totale faalkans. Voor deze dijk is schade aan de bekleding (van zowel buitenzijde, kruin als binnentalud) bepalend voor de faalkans. Wanneer niet tijdig gerepareerd, kan een dergelijke schade echter wel tot falen van de waterkering leiden.

## BIJLAGE A – Eenvoudige beoordeling kruisende leidingen conform WBI2017

De eenvoudige beoordeling is uitgevoerd conform hoofdstuk 25.4 van WBI “Bijlage III Sterkte en veiligheid” van de “Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017” (I&M, 2017).

Code	DP	Locatie	Beheerder	Type	Materiaal	Diameter	Druk [bar]	eenvoudige beoordeling NWOKI WBI								Oordeel	
								E.1 Uitzondering	E.2.1 verstoringszone	E.2.2 Comp. Voorz.	E.2.4.1 wel/geen staal	E.2.4.2 P<10 bar	E.2.4.3 Ø<125 mm	E.2.4.4 NEN3651	E.2.4.5 P<10 bar		E.2.4.6 Ø<500 mm
DW-VIT-012	26.0	Maximacentrale	Vitens	Waterleiding	PE	315	2,5	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen
DW-VIT-036	26.0	Maximacentrale	Vitens	Mantelbuis	staal	368	n.v.t.	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	ja, E.2.4.5				ja, E.2.4.6	ja, voldoet	voldoet
DW-VIT-037	26.0	Maximacentrale	Vitens	Mantelbuis	staal	368	n.v.t.	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	ja, E.2.4.5				ja, E.2.4.6	ja, voldoet	voldoet
DW-VIT-013	27.0	Flevokust	Vitens	Waterleiding	HDPE	63	2,5	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
LG-LIA-005	27.0	Flevokust	Liander	Gas lage druk	PE100	75	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
DR-GEM-Flevokust	27.0	Flevokust	gemeente Lelystad	Rioolpersleiding	PE100	160	1,5	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen
DW-VIT-024	31.8	Flevo marina	Vitens	Waterleiding	staal	114	2,5	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	ja, E.2.4.5				ja, E.2.4.6	ja, voldoet	voldoet
DW-LIA-011	31.8	Flevo marina	Liander	Gas lage druk	HPE	110	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
DR-GEM-003	32.4	Houtribhoek	gemeente Lelystad	Rioolleiding	HPE	75	0	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
DW-VIT-004	32.4	Houtribhoek	Vitens	Waterleiding	PE	63	2,5	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3*	ja, voldoet				voldoet
DR-GEM-006	33.9	Parkhaven	gemeente Lelystad	Rioolleiding	HPE	63	0	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
DW-VIT-010	33.9	Parkhaven	Vitens	Waterleiding	PE	160	2,5	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	verder beoordelen
LG-LIA-018	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	HPE	160	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen
LG-LIA-032	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	HPE	160	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen
LG-LIA-049	33.9	Parkhaven	Liander	Gas lage druk	HPE	160	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen
DR-GEM-004	34.4	Deco marinahaven	gemeente Lelystad	Rioolleiding	HPE	63	0	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
DW-VIT-033	34.4	Deco marinahaven	Vitens	Waterleiding	PE	110	2,5	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3*	ja, voldoet				voldoet
DW-VIT-061	34.4	Deco marinahaven	Vitens	Mantelbuis	PVC	160	n.v.t.	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen MB
DW-VIT-065	34.4	Deco marinahaven	Vitens	Niet in lijst Vitens				nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	onbekend	verder beoordelen
LG-LIA-009	34.4	Deco marinahaven	Liander	Gas lage druk	HPE	131.4	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen
LG-LIA-033	34.4	Deco marinahaven	Liander	Gas lage druk	HPE	110	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
LG-LIA-107	34.7	Houtribhaven	Liander	Mantelbuis	SPVC	160	n.v.t.	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen MB
LG-LIA-019	34.7	Houtribhaven	Liander	Gas lage druk	HPE	63	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
LG-LIA-035	34.7	Houtribhaven	Liander	Gas lage druk	HPE	110	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
LG-LIA-042	34.7	Houtribhaven	Liander	Gas lage druk	PE100	110	0,1	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
LG-LIA-107	34.7	Houtribhaven	Liander	Mantelbuis	SPVC	160	n.v.t.	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	nee, VB				verder beoordelen MB
DR-GEM-005	34.8	Houtribhaven	gemeente Lelystad	Rioolleiding	PVC	125	0	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	nee, E.2.4.2	ja, E.2.4.3	ja, voldoet				voldoet
DW-VIT-028	34.9	Houtribhaven	Vitens	Waterleiding	staal	108	2,5	nee, E.2	ja, E.2.2	nee, E.4	ja, E.2.4.5	ja, E.2.4.3*	ja, voldoet				voldoet

MB = mantelbuis