



RAPPORTAGE SECOND OPINION PERSLEIDING DAMSTERDIEP

WATERSCHAP NOORDERZIJLVEST

Definitief
18 februari 2025

Inhoudsopgave

Second opinion Damsterdiep

1. Aanleiding	03
2. Doelstelling en aanpak	04
3. Introductie	05
4. Conclusies	08
5. Aanbevelingen	11

Bijlagen

A. Ontvangen documenten en interviews	
B. Benaming varianten in documentatie	
C. Analyse FMECA	
D. Bedrijfswaardemodel	

1. Aanleiding

Vrijwel al het afvalwater van de stad Groningen wordt vanaf het rioolgemaal Damsterdiep getransporteerd via één persleiding naar de RWZI Garmerwolde. Deze persleiding, verder te noemen ‘persleiding Damsterdiep’, is een risicovolle persleiding. Het waterschap is als beheerder van de persleiding onderhoudsplichtig (o.b.v. de Waterschapswet, Omgevingswet en de Waterschapsverordening) en daarmee aansprakelijk bij falen.

Sinds 2011 zijn er al diverse onderzoeken uitgevoerd op deze persleiding. Eén van de laatste onderzoeken betreft een FMECA (bepalen risicoprofiel) van diverse scenario’s om de risico’s en de kosten te beheersen. De FMECA (2019/2023) is uitgevoerd onder begeleiding van HDM Pipelines/Traduco met experts van de gemeente Groningen, waterschap Hunze & Aa’s en Noorderzijlvest. Uit deze werkgroep zijn scenario’s/varianten aangedragen om de risico’s van de Damsterdiepleiding te reduceren.

De varianten zijn ‘principe keuzes’ of ‘keuzes op hoofdlijnen’:

- > Variant 1: Bestaande situatie
- > Variant 2: Nieuwe redundante persleiding
- > Variant 3: Verbinding met Lewenborg
- > Variant 4: Verbinding met Lewenborg + DWA redundantie



Figuur. Inzicht in verstedelijking rondom persleiding Damsterdiep tussen periode van aanleg en nu. De kaart van 1984 is de meest actuele kaart kort na aanleg (1978) persleiding. In blauw is het tracé van de persleiding aangegeven. Bron: AB-info d.d. 3 juli '24.



AT OSBORNE

Second opinion persleiding Damsterdiep

2. Doelstelling en aanpak

Doelstelling second opinion

Gezien de grote gevolgen bij falen en de grote investeringen die mogelijk gedaan moeten worden om de risico's te reduceren wil het waterschap een second opinion op de uitgevoerde FMECA. Deze second opinion moet bijdragen aan het zorgvuldig en (maatschappelijk) verantwoord maken van keuzes om de risico's van de persleiding te reduceren.

Aanpak

De second opinion is uitgevoerd door een combinatie van documentenonderzoek en interviews. De bevinden en conclusies zijn gebaseerd op de beschikbare informatie ontvangen. Een lijst van de bestudeerde documenten waarnaar wordt verwezen in deze rapportage zijn opgenomen in de bijlage.

AT Osborne presenteert de concept rapportage op 17 februari '25 aan waterschap Noorderzijlvest. Op basis van deze bespreking verwerken wij de feedback en leveren wij een definitieve rapportage op.

Vraagstelling

AT Osborne beantwoordt de volgende hoofdvragen in de review:

1. *Zijn er per variant 'failure modes' (risico's) niet of onjuist benoemd die van invloed zijn op het resultaat van de FMECA? Zo ja, welke aanvullende risico's moeten worden meegewogen in de FMECA?*
2. *Zijn de juiste consequenties benoemd en zijn genoemde consequenties correct gekwantificeerd? Zo niet, welke consequenties ontbreken of dienen te worden aangepast en welke kwantificering van de consequenties is wél correct?*

Bovenstaande twee vragen vullen wij in met een analyse op de risico inventarisatie en de kwantificering daarvan. Hierin gaan we beperkt in op de technisch inhoudelijke kant.

3. *Welke variant adviseert u op basis van de door u uitgevoerde analyse?*

Het is naar ons inzicht uiteindelijk een politiek-bestuurlijke afweging welk risicoprofiel wordt geaccepteerd en daarmee welke variant wordt gekozen. Wij zullen toetsen of de risico's goed in beeld zijn gebracht om tot zorgvuldige besluitvorming te komen, en of de gekozen variant aansluit bij het door bestuur gewenste risicoprofiel.

4. *Wat is het effect van een eventuele extra zuivering op de voormalige locatie Hoogkerk voor deze analyse?*

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is vanuit het Waterschap een toelichting gegeven op de mogelijke toekomstige ontwikkelingen in de verwerking van afvalwater in en rondom de stad Groningen. Op basis daarvan hebben wij eventuele samenhang met de varianten voor de persleiding Damsterdiep beoordeeld.



3. Introductie - Probleemstelling

Na het voeren van de gesprekken en het bestuderen van de documentatie zien wij 5 belangrijke aspecten aan de probleemstelling. Deze lichten wij hieronder toe.

Kleine kans, groot gevolg

De kans dat de persleiding Damsterdiep faalt is relatief klein. De gevolgen zijn echter zeer groot. De persleiding is de grootste van Nederland en heeft een maximale afvoer capaciteit in RWA omstandigheden van 13.000m³/h. Bij het falen van deze persleiding kunnen grote gevolgen optreden zoals een sinkhole, grote milieu schade, schade met impact op de volksgezondheid en daaraan gerelateerde imagoschade voor het waterschap.

Geen onderhoud mogelijk

Op dit moment is er beperkt tot geen onderhoud mogelijk aan de persleiding Damsterdiep. Door de eigenschappen van de persleiding kan de persleiding op dit moment maximaal 10 uur buiten bedrijf bij DWA omstandigheden. De RWA omstandigheden zijn weersafhankelijk en daarmee lastig te voorspellen. Het komt wekelijks voor dat er debieten van ca. 8.000 á 9000 m³/h afgevoerd moeten worden. Dit debiet is zo groot dat dit niet op een andere manier op te vangen is dan via de persleiding Damsterdiep.

Deze situatie zorgt ervoor dat de persleiding niet lang genoeg uit bedrijf kan om te kunnen inspecteren, laat staan onderhouden. Dat betekent dat het waterschap op dit moment de staat van de persleiding niet kent. Daar komt bij dat de persleiding op dit moment 47 jaar oud is, bij een oudere persleiding is er normaal gesproken meer onderhoud nodig is. Een oudere persleiding kent ook een grilliger verloop van het faalmechanisme. Dit houdt in dat het onzekerder wordt wanneer en hoe het faalmechanisme optreedt. Mede hierdoor ontstaat bij leidingbeheerders de wens om deze persleiding steeds vaker te kunnen inspecteren.

Persleiding loopt voor een steeds groter deel door stedelijk gebied

De persleiding Damsterdiep loopt deels door stedelijk gebied. Hier bevindt zich ook bebouwing vlakbij de persleiding. Dit betekent dat wanneer zich een calamiteit zou voordoen deze bebouwing mogelijk schade oploopt. Voorbeelden van bebouwing vlak naast de persleiding zijn de brandweerkazerne, flats, winkels en een viaduct van een snelweg.

Als er een calamiteit is kan er een ontgrondingskrater ontstaan, deze kunnen van invloed zijn op boven- en ondergrondse infrastructuur. De wijze van berekenen van de afmeting van een maximale ontgrondingskrater staat beschreven in NEN3651. Op basis van deze berekening is het mogelijk te bepalen wat een veilige afstand zou zijn. De flat aan de Sontweg ligt binnen de range van een ontgrondingskrater [FMECA, 2024].

Daarnaast breidt het bebouwde gebied verder uit waardoor een groter deel van de persleiding Damsterdiep in stedelijk gebied komt te liggen. Een ander aspect aan het verstedelijkte karakter is de verhoogde kans op schade aan de persleiding door werkzaamheden, zoals nieuwe kruisingen, graafwerkzaamheden en bouwactiviteiten. Naast deze extra risico's zijn de gevolgen van falen in stedelijk gebied veel groter.

Grote afhankelijkheid

Door de over dimensionering van de persleiding heeft de persleiding Damsterdiep capaciteit over. Hierdoor zijn de laatste jaren veel extra inprikkers op de persleiding gekomen. Dit heeft ervoor gezorgd dat er een grotere afhankelijkheid is van de persleiding en dat de storingen en calamiteiten grotere impact krijgen.

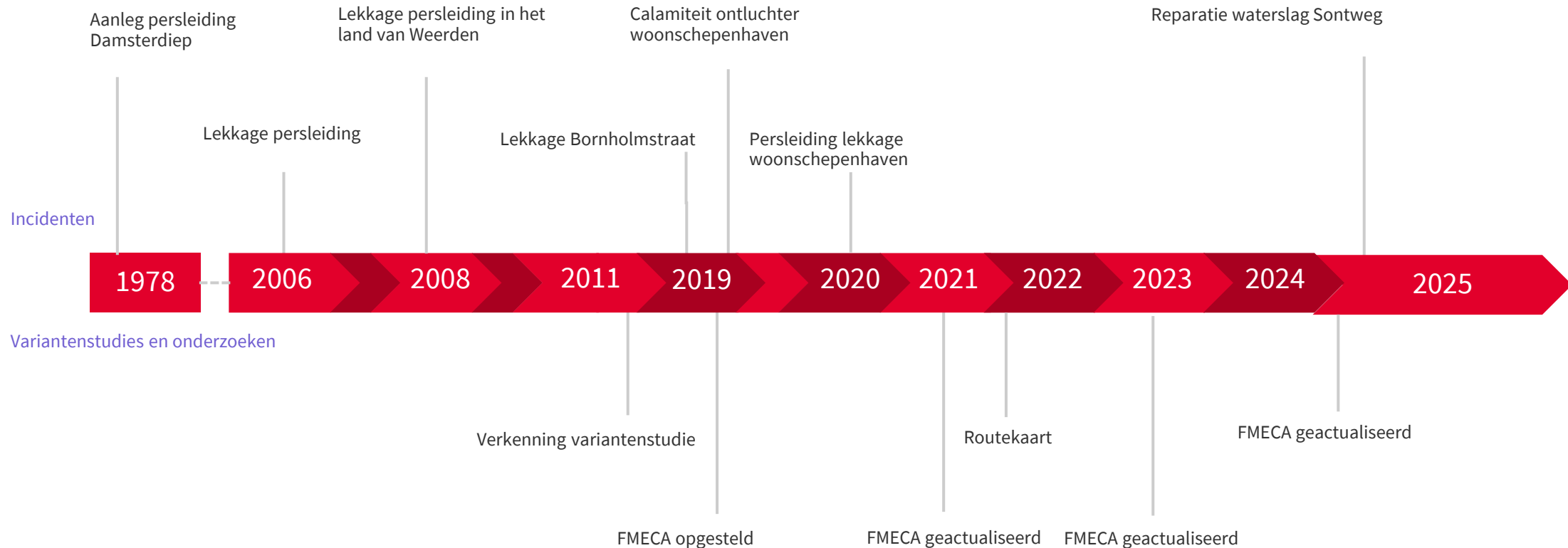
Klimaat

Er is sprake van clusterbuien en verdroging. Een calamiteit heeft in een droge periode grote impact, het oppervlaktewater wordt bijvoorbeeld ook gebruikt als water voor vee en besproeiing gewassen. Daarnaast verminderen toenemende droogteperiodes de doorspoelmogelijkheden voor het doorspoelen van de oppervlaktewateren waarop overstorten plaatsvinden.



3. Introductie - Tijdlijn Persleiding Damsterdiep

De zorgen om de persleiding Damsterdiep bestaan al lange tijd. Er hebben de afgelopen jaren meerdere incidenten plaatsgevonden en vanaf 2011 zijn er variantenstudies gestart om een toekomstbestendige oplossing voor de persleiding Damsterdiep te onderzoeken. Onderstaande tijdlijn geeft de recente incidenten weer (boven) en de onderzoeken (onder). De tijdlijn is gebaseerd op de tijdlijn uit FMECA presentatie (mei 2023 versie 4).

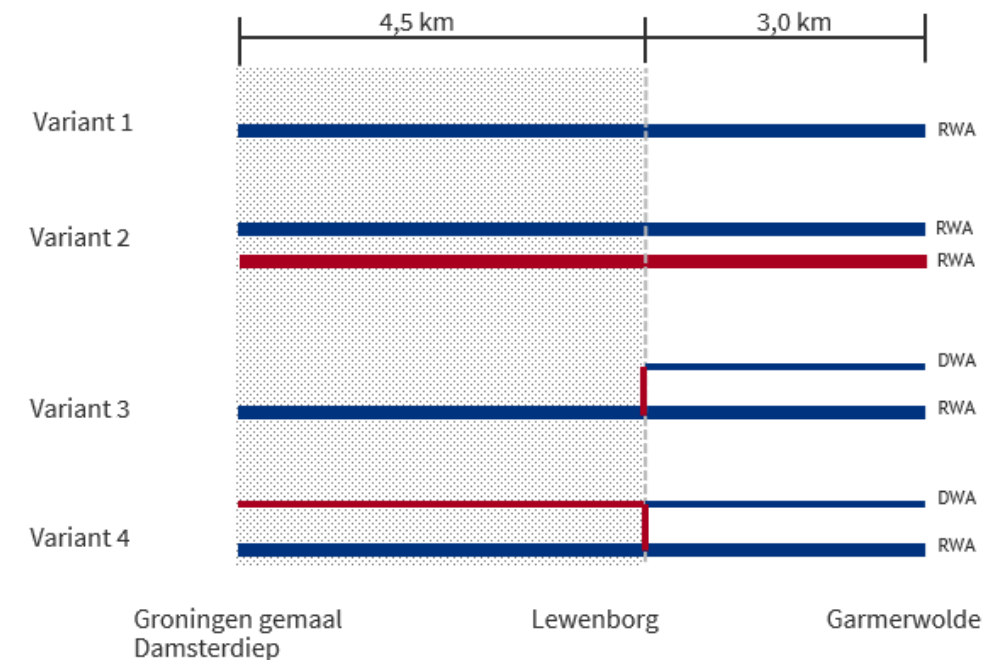
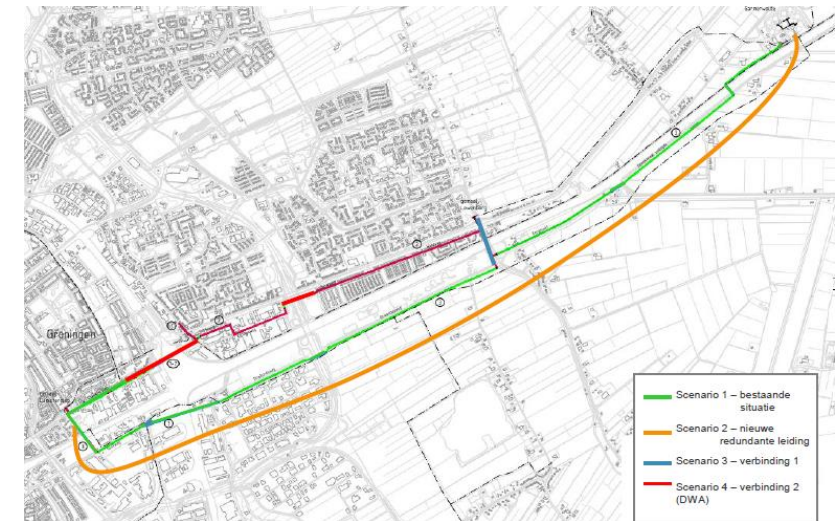
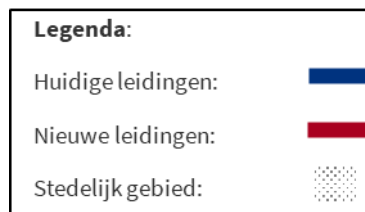


3. Introductie - Varianten

In de variantenstudie zijn er vier varianten bekeken. In de documentatie is de aanduiding van de varianten verschillend (bijlage B). In deze rapportage hanteren wij de volgende nummering en varianten:

1. **Bestaande situatie:** Bestaande persleiding wordt vervangen in 2078.
2. **Volledig redundant:** Een nieuwe persleiding naast de huidige persleiding zodat een redundante situatie wordt gecreëerd in zowel DWA als RWA omstandigheden.
3. **Koppeling Lewenborg:** Aanbrengen van een koppeling met Lewenborg zodat de persleiding deels (tussen Lewenborg en Garmerwolde) redundant wordt bij DWA omstandigheden.
4. **Stedelijk redundant DWA:** Aanbrengen van een koppeling met Lewenborg en een aansluiting te maken in stedelijk gebied zodat de persleiding redundant is in DWA omstandigheden.

Om gevoel te geven voor de impact van de verschillende varianten hebben wij een schematische weergave gemaakt, waarbij we inzichtelijk hebben gemaakt welke persleidingen er nieuw aangelegd worden in de varianten.



4. Conclusies (1/3)

Zijn er per variant ‘failure modes’ (risico’s) niet of onjuist benoemd die van invloed zijn op het resultaat van de FMECA? Zo ja, welke aanvullende risico’s moeten worden meegewogen in de FMECA?

Er is een onderbouwde FMECA gemaakt, waarin acht faalmechanismen meegenomen worden. Bij de benoemde faalmechanismen zijn er 7 van technische aard. Daarnaast is er een tweede orde effect meegenomen welke ingaat op de lekkage in verstedelijkt gebied.

Op basis van de gevoerde gesprekken en de documentanalyse vinden wij de gehanteerde faalmechanismen in de FMECA voldoende om goed inzicht te krijgen in de bedrijfseconomische haalbaarheid van de varianten. Er zijn geen failure modes of risico’s die wij missen.

Zijn de juiste consequenties benoemd en zijn genoemde consequenties correct gekwantificeerd? Zo niet, welke consequenties ontbreken of dienen te worden aangepast en welke kwantificering van de consequenties is wél correct?

Het FMECA-rekenmodel bevat een aantal onjuistheden waardoor de berekende Net Present Values voor de varianten niet correct zijn (Bijlage C). Deze onjuistheden hebben een significant effect op de NPV voor de varianten met een tie-in op Lewenborg (variant 3 en 4). De NPV voor variant 3 moet 66,6 miljoen zijn i.p.v. 27 miljoen. Daarmee komen de NPV’s van de varianten dichterbij elkaar te liggen en heeft deze variant eenzelfde NPV als voor de bestaande situatie behouden (variant 1).

In de FMECA zijn variant 1 (huidige situatie) en 2 (redundante persleiding) volledig uitgewerkt. De varianten met een tie-in bij Lewenborg (variant 3 en 4) zijn samengesteld met de uitkomsten van variant 1 en 2. Op basis van de mondelingen toelichting vinden wij de opzet waarbij variant 3 wordt samengesteld door variant 1 en 2 een goede aanname. Echter is het niet navolgbaar vastgelegd in de documentatie hoe de varianten 3 en 4 berekend worden.

De FMECA is een methodiek om inzicht te krijgen in de bedrijfseconomische haalbaarheid van de varianten. Bij het uitvoeren van de FMECA zijn er een aantal aannames gedaan die impact hebben op de resultaten:

- Bedrijfswaardemodel: Dit model geeft aan welke kwantificering er bij de kansklasse hoort. Hierin leg je vast welke waarde er wordt toegekend aan het voordoen van gebeurtenissen. Ook voor gebeurtenissen die lastig in geld uit te drukken zijn, zoals milieueffecten of de waarde van een leven. Het gehanteerde model is door het bestuur vastgesteld.
- Ingeschatte kwantificering voor en na mitigatie: De inschattingen van risico’s zijn gedaan op basis van ‘expert judgment’ en daarmee in bepaalde mate subjectief. We hebben vertrouwen in deze inschattingen, het is een gezamenlijk proces geweest met technische experts van waterschap Noorderzijlvest en Hunze en Aa, ingenieursbureaus, Gemeente Groningen en onder begeleiding van een externe partij.
- Technische levensduur huidige persleiding: hiervoor is een aanname gedaan van 100 jaar. De meningen hierover verschillen, HDM Pipelines geeft aan dat zij dit lang vinden.

De resultaten van de FMECA maken het mogelijk de varianten ten opzichte van elkaar te vergelijken. Bij interpretatie van de resultaten is het belangrijk te beseffen dat de berekende Net Present Values van de varianten ook een bandbreedte hebben, als gevolg van de gemaakte aannames en onzekerheden over de exacte omvang van risico’s en levensduur van de leiding.

4. Conclusies (2/3)

Welke variant adviseert u op basis van de door u uitgevoerde analyse?

Het is naar ons perspectief uiteindelijk een politiek-bestuurlijke afweging welk risicoprofiel het waterschap accepteert en daarmee welke variant wordt gekozen.

In de documentatie spreekt het waterschap over een 'aanvaardbaar risico'. Op basis van de gesprekken krijgen wij het beeld dat het waterschap een calamiteit met ernstige schade voor volksgezondheid of veiligheid niet acceptabel en onwenselijk vindt. Geïnterviewden stellen dat het pas een aanvaardbaar risico is als er al het mogelijke gedaan is om risico's op het gebied van volksgezondheid en veiligheid zo veel mogelijk te mitigeren. Het waterschap is zich ervan bewust dat er in alle varianten een restrisico blijft.

- Dit komt overeen met de beschrijving in de memo voor het Algemeen Bestuur [2024]: *"een acceptabel niveau. Dit houdt in dat er een situatie ontstaat waarin we problemen zoveel mogelijk zien aankomen en effecten hiervan kunnen voorkomen. Daarnaast ontstaat de mogelijkheid om bij een calamiteit snel weer een veilige afvoer situatie te realiseren. Hiermee wordt een veilige- en toekomstbestendige situatie gecreëerd, die voldoet aan geldende wet- en regelgeving."*

Op basis van bovenstaande beschrijving van een aanvaardbaar risicoprofiel voldoet alleen variant 2 'uitvoeren redundante persleiding'.

- Variant 1 'huidige situatie' heeft een hoog restrisico door onzekerheid over de staat van de persleiding. Daarnaast zijn er in deze variant geen mogelijkheden om effecten van een calamiteit te mitigeren.
- De varianten 3 'koppeling Lewenborg' en 4 'Stedelijk redundant DWA' mitigeren het risico in stedelijk gebied onvoldoende. In variant 3 is er alleen een redundante persleiding voor DWA omstandigheden tussen Lewenborg en Garmerwolde. In variant 4 is er alleen een redundantie voor DWA omstandigheden.

Het voorgelegde besluit van het waterschap om variant 2 verder uit te werken vinden wij passend bij het aanvaardbare geachte risicoprofiel. Wel vinden wij dat de onderliggende afwegingen en argumentatie beter inzichtelijk gemaakt hadden kunnen worden.

De kosten zijn inzichtelijk gemaakt met een FMECA. De uitkomsten van de FMECA geven inzicht in financiële waarde (NPV's) van de diverse varianten. Deze inzichten kunnen ondersteunend aan de besluitvorming gebruikt worden, maar kennen wel een bandbreedte. Daarnaast hebben wij in onze 2nd opinion een aantal onjuistheden in de FMECA geconstateerd. Het corrigeren van deze onjuistheden betekent dat de variant 3 'koppeling Lewenborg' relatief ongunstiger uitkomt. Dit zien wij daarom niet als aanleiding om de bestuurlijke voorkeur voor variant 2 te heroverwegen.

Daarnaast constateren we dat er in de FMECA zes effecten meegenomen zijn in de rekenkundige berekening: veiligheid, milieu(schade), imago(schade), droge voeten, waterkwaliteit en technische kosten. Wij constateren dat er niet expliciet een integrale, bredere afweging gemaakt is. Bij een integrale afweging kunnen ook andere criteria, zoals voldoen aan wet- en regelgeving of impact op de omgeving, meewegen als onderbouwing van de besluitvorming. Er kan daarbij een weging toegepast worden tussen criteria. Een methode die toegepast kan worden is een multi-criteria analyse, met als doel om varianten zo objectief mogelijk met elkaar te vergelijken. In de stukken zien wij een dergelijke analyse niet. Wij verwachten dat de bestuurlijke keuze voor variant beter uitlegbaar wordt als er een multi-criteria analyse toegepast wordt, waarin ook impact op volksgezondheid en veiligheid meewegen beter te onderbouwen is.

4. Conclusies (3/3)

Wat is het effect van een eventuele extra zuivering op de voormalige locatie Hoogkerk voor deze analyse?

Indien RWZI Hoogkerk weer in gebruik zou worden genomen, dan heeft deze maar een beperkte capaciteit voor ca. 20.000 e.v. Het debiet dat naar Hoogkerk afgevoerd kan worden is maximaal 10 tot 15% van het debiet dat de persleiding Damsterdiep afvoert. Daar komt bij dat de persleiding Damsterdiep ook in een situatie met Hoogkerk in bedrijf niet langdurig buiten gebruik kan worden gesteld voor onderhoud. Met het benutten van Hoogkerk wijzigt het risicoprofiel niet significant. Wij zijn daarom van mening dat het in bedrijf stellen van Hoogkerk met bijbehorende investeringen geen oplossing biedt voor de uitdagingen voor de persleiding Damsterdiep en geen impact heeft op de variantkeuze.



5. Aanbevelingen

- > Maak een integrale afweging tussen de varianten. Stel hiervoor een multi-criteria analyse op. Zie hiernaast een aantal suggesties voor op te nemen criteria. Neem deze analyse op in een beslisnotitie voor het Algemeen Bestuur om de voorgenomen keuze te beargumenteren.
- > Herzie de FMECA resultaten om een goede inschatting te hebben voor de kosten per variant. Geef expliciet aan dat de FMECA is gebaseerd op expert judgment en dat uitkomsten een bandbreedte kennen.
- > Maak voor de assets van waterschap Noorderzijlvest inzichtelijk wat de staat is van de assets en welke investeringen er de komende 50 jaar aankomen. Door een investeringsbegroting te hebben op de lange termijn, verwachten wij dat besluitvorming over het opstarten van grote investeringsprojecten beter voorbereid kan worden. En in het Algemeen Bestuur zowel zorgvuldiger als soepeler kan verlopen.
- > Stel voor variant 2 'redundante persleiding' een gedetailleerdere raming op en maakt expliciet welke kosten hierin opgenomen zijn. Op basis van de gesprekken krijgen wij de indruk dat voor de huidige inschatting gebaseerd is op de materiaal en uitvoeringskosten van de vervangingswaarde van de huidige persleiding Damsterdiep. Echter kunnen kosten bij een ander tracé significant anders uitvallen (gestuurde boringen zijn bijvoorbeeld kostbaar). Daarnaast is het nu nog onduidelijk wat er in de raming meegenomen is. Het bedrag lijkt alleen een inschatting te zijn van technische kosten, zonder de kosten voor voorbereiding en projectmanagement.
- > Communiceer in de beslisnotitie de schatting van de kosten, incl. voorbereiding en projectmanagementkosten, met bijbehorende bandbreedte. In deze verkennende fase is onze ervaring dat de schatting +/- 50% is.
- > Suggesties voor criteria om op te nemen in de multi-criteria analyse zijn:
 - **Volksgezondheid – mate van mitigeren risico op milieu-impact.** 80% van het stedelijk afvalwater voert af via deze persleiding. Verstopping en leidingbreuk leidt tot een open rioolsituatie met lozing op het Eemskanaal, met ernstige en langdurige gevolgen voor milieu en gezondheid.
 - **Veiligheid – mate van mitigeren risico tot letsel en schade aan openbare voorzieningen.** De persleiding is niet te compartimenteren en loopt bij lekkage helemaal leeg. Dit kan leiden tot sinkholes met risico's voor mensen, voertuigen en gebouwen.
 - **Voldoen aan wetgeving - mogelijkheden tot inspecties en onderhoud.** Op basis van de Waterschapswet, Omgevingswet en Waterschapsverordening is waterschap Noorderzijlvest als beheerder van de persleiding onderhoudsplichtig. Op dit moment is het niet mogelijk de persleiding te inspecteren. Daarom is het onduidelijk wat de staat van de persleiding is. Daarnaast is het niet mogelijk onderhoud te plegen aan de persleiding. Als de persleiding als gevolg van een breuk moet worden opgegraven, dan leidt dit tot langdurige en forse stremmingen. Nu kan de persleiding slechts kort uit bedrijf (ca. 10 uur, bij DWA), terwijl reparaties meer tijd vragen. Voor schade die ontstaat doordat het waterschap niet aan de onderhoudsplicht voldoet, is zij aansprakelijk.
 - **Voldoen aan afnameverplichtingen.** Het waterschap is afnameverplichtingen overeengekomen. Dit zijn afspraken, met gemeenten, over hoeveelheden afvalwater die het waterschap voor de Gemeente transporteert.
 - **Impact op de omgeving.** De verschillende varianten hebben een verschillende impact op de omgeving, bij het aanleggen van een volledig nieuwe persleiding zal de omgeving hiervan meer hinder van ondervinden t.o.v. gebruik maken van een bestaande persleiding.
 - **Toekomstbestendigheid i.h.k.v. toekomstige ontwikkelingen Groningen.** Veel nieuwe ontwikkelingen rondom de stad zijn afhankelijk van deze persleiding. Zoals de ontwikkeling van Meerstad, de Eemskanaalzone, Stadhavens en Suikerzijde. In hoeverre biedt een variant flexibiliteit om op te schalen?
 - **Kosten:** Hier geven de resultaten van de FMECA inzicht in.



An aerial photograph of a wastewater treatment plant. The facility features several large circular clarifiers with central mechanical scrapers, rectangular aeration tanks, and various industrial buildings. The plant is situated next to a body of water, with a dense line of trees and a road visible in the background. A semi-transparent red rectangular box is overlaid across the upper portion of the image, containing the word 'Bijlagen' in white text.

Bijlagen



AT OSBORNE

Bijlage A. Ontvangen documenten en interviews

Ontvangen documenten

- > FMECA berekeningen (2023), door HDM Pipelines/Traduco
- > Toelichting rapportage en LCC berekeningen Traduco (2023), door Traduco
- > FMECA (2024), door Waterschap Noorderzijlvest, actualisatie van FMECA in maart '24
- > AB voorstel (2024), door Waterschap Noorderzijlvest
- > Presentatie info-AB d.d. 3 juli 2024
- > Presentatie info-AB d.d. 9 oktober 2024
- > Routekaart afvalwaterketen gemeente Groningen (2021)
- > Rekenmodel FMECA, LCC_NPV_Noorderzijlvest_mei2023.xls (2023)

Geïnterviewde personen:

Naam	Rol	Datum
Popke Hoekstra	Leidingbeheerder	09/01/2025
Hessel Vogelvanger	Technisch manager	09/01/2025
Ate Wijstra	Project manager/opdrachtgever	09/01/2025
Herman Beerda	Bestuurslid waterschap Noorderzijlvest	23/01/2025
Edwin Sloots	Projectamanager HDM pipelines	20/01/2025
Nico Groen	Directeur Traduco	20/01/2025
Brian de Jong	Coördinator asset management	03/02/2025

Bijlage B. Benaming varianten in documentatie

In de variantenstudie zijn er vier varianten bekeken. In de documentatie is de aanduiding van de varianten verschillend. Onderstaande lijst geeft aan welke variantbenamingen in de rapportages zijn gebruikt.

> **FMECA presentatie Traduco mei 2024**

- > Variant 1: Bestaande situatie
- > Variant 2: Nieuwe redundante persleiding
- > Variant 3: Verbinding met Lewenborg
- > Variant 4: Verbinding met Lewenborg + DWA redundantie

> **FMECA 2024**

- > Variant 1: Bestaande situatie
- > Variant 2: Nieuwe redundante persleiding
- > Variant 3: Verbinding met Lewenborg

> **Scope document Second opinion**

- > Variant 1: Bestaande persleiding
- > Variant 2: Aansluiten op bestaand rioleringsysteem
- > Variant 3: Nieuwe redundante persleiding

> **Actualisatie FMECA maart 2024**

- > Variant 1: Bestaande situatie
- > Variant 2: Verbinding met Lewenborg
- > Variant 2A: Verbinding met Lewenborg + DWA redundantie
- > Variant 3: Nieuwe redundante persleiding

> **Presentatie AB 3 juli 2024**

- > Variant 0: Bestaande situatie
- > Variant 1: Koppelen systeem
- > Variant 1A: Verder koppelen systeem
- > Variant 2: Redundante persleiding

> **Presentatie AB 9 oktober 2024**

- > Variant 1: Bestaande situatie
- > Variant 2: Koppelen systeem
- > Variant 2A: Verder koppelen systeem
- > Variant 3: Redundante persleiding



Bijlage C. FMECA

Wat zien we?

Wat is een FMECA (Failure mode, effect and criticality analysis)?

Een FMECA onderzoekt het gevolg van mogelijk falen van een werkend item als onderdeel van een complex systeem of een proces om op voorhand constructieve of procesmaatregelen te treffen die dit mogelijk falen voorkomen, de kans verlaagt of de impact (op de rest van het systeem) vermindert.

De acht faalmechanismen die gebruikt zijn in de FMECA zijn:

- Geen afvoer door onjuist gebruik;
- Leckage door aardbeving (ongelijkmatige zetting);
- Leckage door gelijkmatige zetting;
- Leckage door graaf- en/of heiwerkzaamheden;
- Leckage door onjuist gebruik;
- Leckage door veroudering afdichtingen;
- Leckage door veroudering beton;
- Leckage in verstedelijkt gebied (2^e orde).

Er wordt een bedrijfswaardemodel gehanteerd om de risico's te classificeren. In het bedrijfswaardemodel (figuur) zijn 6 effectkolommen opgenomen.

- Veiligheid / gezondheid (voor mens en omgeving)
- Milieu(schade);
- Image(schade);
- Droge voeten;
- Schoon water ecologie en chemie (waterkwaliteit);
- Technische kosten.

Interpretatie Resultaten FMECA

- > De FMECA is gebruikt om de risico's beter te kunnen duiden. Daarnaast kunnen de resultaten van de FMECA gebruikt worden om varianten te vergelijken op basis van Net Present Values. Het is belangrijk om hierbij aan te geven dat deze waarden een bandbreedte hebben doordat tijdens de analyse veel aannames zijn gemaakt.

Veiligheid/ gezondheid	Milieu	Imago	Droge voeten	Schoon water ecologie en chemie	Technische kosten										
						> 1 x per 10.000 jaar	1 x per 1000-10.000 jaar	1 x 200-1000 jaar	1 x per 100-200 jaar	1 x per 50-100 jaar	1 x per 25-50 jaar	1 x per 10-25 jaar	1 x per 1-10 jaar	1 x / jaar	Waar ook 1 x / jaar
Max aantal verminderde levensjaren in 100 miljoen personen, gemiddeld, extreemste, gemiddeld aantal verminderde levensjaren personen	Een van vier milieus (toxiciteit, bodem, water, lucht) is slecht of slecht in de toekomst met grote risico's voor toekomstige generaties	Positief of negatief, maar niet negatief	Wat een wateroverlast, gekoppeld aan een overstromingsgevaar of andere schade (toxiciteit), kan op dode en gewonden	Wat een versuimling op de waterkwaliteit, gekoppeld aan een overstromingsgevaar of andere schade (toxiciteit), kan op dode en gewonden	Wat een versuimling op de waterkwaliteit, gekoppeld aan een overstromingsgevaar of andere schade (toxiciteit), kan op dode en gewonden										
Geen effect - nihil effect	Geen effect - nihil effect	Geen effect - nihil effect	Geen effect - nihil effect	Geen effect - nihil effect	Geen kosten										
EHBO behandeling	Bepoort effect binnen verzorgings	Intern afdeling	Poel treedt met buiten vastgestelde grens van +/- 5 cm ruim	Tijdelijke lokale achteruitgang waterkwaliteitsdoelen	300										
Medische behandeling/ letsel zonder verzuin	Bepoort emissie zonder blijvende schade	Intern organisatie	Poel treedt buiten vastgestelde grens zonder inundatie	Achteruitgang waterkwaliteit KRW schermen en overige watergangen	3.000										
Middelgroot letsel / Verlies werkdagen / Tijdelijk aanpak werk	Emissie met effect op omgeving / Milieuschade / Vergoedingsoverschrijding	Negatief in de regionale media / Bepoort imago	Poel treedt buiten vastgestelde inundatie norm, land- en glastuinbouw	Chloride pieken, blauwalgbloei, sterk en droog	30.000										
Blijvend letsel	Ernstige milieuschade / Aanzienlijke bezwaarschrijven / Langdurige vergoedingsoverschrijding	Negatief in de landelijke media / Imago	Overstroming/regionale dijdoorbraak met grote economische schade	Botulisme, zuurstofloosheid en visterie	300.000										
Mortaliteit	Blijvende onomkeerbare milieuschade. Onder toezichtstelling	Negatief in de internationale media / zeer grote imago	Overstroming / dijdoorbraak met meerdere dode mensen tot gevolg	Chemische verontreiniging met langdurige consequenties	3.000.000										
						Acceptabel					Alert		Onacceptabel		

Figuur 3 Risicomatrix Noorderzijlvest

Figuur. Bedrijfswaarde model [FMECA 2023], zie grote versie Bijlage C.

Bijlage C. FMECA

Wat zien we?

Aannames FMECA

Bij het opstellen van de FMECA zijn verschillende aannames gedaan:

- > **Bedrijfswaardemodel:** Voor de FMECA is een beoordelingsmatrix gemaakt om risico's te kwantificeren. Dit model geeft aan welke kwantificering er bij de kansklasse hoort. Hierin leg je vast welke waarde er wordt toegekend aan het voordoen van gebeurtenissen. Ook voor gebeurtenissen die lastig in geld uit te drukken zijn, zoals milieueffecten of de waarde van een leven. Het gehanteerde model is door het bestuur vastgesteld.
- > **Toe te passen beheersmaatregelen:** Om het huidige risico uitgedrukt in geld te bepalen is gekeken naar beheersmaatregelen om de risico's te beheersen. De beheersmaatregelen die zijn opgenomen zijn alle beheersmaatregelen die op dit moment worden gebruikt. Extra beheersmaatregelen die door het waterschap niet gebruikt worden zijn niet meegenomen in de analyse. Daarnaast is het opvallend hoe lage kosten voor beheersmaatregelen zorgen voor een hoge risico reductie. Enkele voorbeelden hiervan zijn:
 - Lekkage door graaf- en of heiwerkzaamheden (Variant 1 – huidige toestand). De frequentie is 1x per jaar (voor maatregelen) en 1x per 50-100 jaar (na maatregelen). De classificering op TSIMV lijkt niet te zijn veranderd. Met maatregelen ter waarde van 32k € per jaar wordt er het risico gereduceerd met 20,5 M€ per jaar (van 20,6 M€ naar 112k€).
 - Lekkage door onjuist gebruik (variant 1 – huidige toestand). De frequentie gaat van 1 keer per jaar naar 1 keer per 25 jaar. Per jaar wordt het risico gereduceerd van 4.6 M€ naar 185k.
- > **Ingeschatte kwantificering voor en na mitigatie:** De inschattingen van risico's zijn subjectief en op basis van expert judgment. Het is een gezamenlijk proces geweest met technische experts van waterschap Noorderzijlvest en Hunze en Aa, ingenieursbureaus, Gemeente Groningen en onder begeleiding van een externe partij.
- > **Technische levensduur:** Bij de FMECA wordt rekening gehouden met een technische levensduur van 100 jaar voor de persleiding Damsterdiep. Deze aanname wordt door HDM pipelines als optimistisch ingeschat. Verder wordt in de praktijk gerekend met ca 80 jaar.
- > **Termijn van investeringen:** Bij de FMECA wordt rekening gehouden met een uitgave van een 2e persleiding in 2035. Een traject van 10 jaar is een aanname van het waterschap.
- > **Begroting 2e pijpleiding niet gefundeerd:** In de documentatie wordt de begroting van de 2^e pijpleiding geraamd op 75 miljoen. Met deze raming wordt ook gerekend in de FMECA. Het is echter niet duidelijk wat precies in deze raming zit.



Bijlage C. FMECA

Wat zien we?

Er is niet duidelijk terug te vinden in de FMECA rapportages hoe de berekeningen tot stand zijn gekomen. Op basis van de interviews en het bestuderen van het FMECA-rekenmodel komen wij tot de volgende uitleg.

Voor variant 1 en 2 zijn alle risico's gekwantificeerd. Variant 3 is gebaseerd op uitkomsten van variant 1 en 2 met een kleine variatie op één faalmechanisme, variant 4 is niet volledig gekwantificeerd. Onderstaande uitleg geeft meer context.

Variant 1 & 2

Op basis van het bedrijfswaarde model (bijlage D) is voor alle 8 faalmechanismes het risico gekwantificeerd voor en na beheersmaatregelen. Het risico is gekwantificeerd voor 6 verschillende “gevolgen” namelijk, Veiligheid/gezondheid, milieu, imago, droge voeten, schoon water & technische kosten. Per risico wordt een gevolg en frequentie ingeschat. Vervolgens wordt er gekeken naar welke beheersmaatregelen het waterschap kan toepassen. En wat dan het restrisico is. Op basis van het risico na mitigatie worden de jaarlijkse correctieve en preventieve kosten berekend in AMprover.

Eenmalige investeringen in NPV-berekeningen

De NPV is voor alle varianten berekend over een periode van 2023 tot 2128. Daarin worden de jaarlijkse correctieve, preventieve kosten en de investeringen meegenomen. Bij het berekenen van de NPV zijn ook een aantal grote eenmalige investeringen meegenomen:

- > **Variant 1:** 80 miljoen in 2078 (vervanging persleiding incl. tijdelijke noodleiding)
- > **Variant 2:** 75 miljoen in 2035 (Extra redundante persleiding) en 75 miljoen in 2078 (vervanging persleiding)
- > **Variant 3:** 10 miljoen in 2027 (koppeling Lewenborg) en 75 miljoen in 2078 (vervanging persleiding)

Berekening voor variant 3 & 4 (koppeling Lewenborg)

- > Voor variant 3 en 4 is geen volledig nieuwe berekening gemaakt, maar deze is samengesteld uit berekeningen van variant 1 en 2. Hierbij is een verdeling toegepast (Hele tracé is 7,5 km):
 - 4,5 km van persleiding blijft niet redundant liggen in stedelijk gebied, gelijk aan variant 1.
 - 3 km van de persleiding wordt redundant uitgevoerd voor DWA omstandigheden (aangepaste variant van 2).

Variant 3 (koppeling Lewenborg)

- > Berekening van de kosten voor variant 3 gaat als volgt:
 - Preventieve kosten = $4.5/7.5 \times \text{prev. kosten variant 1} + 3/7.5 \times \text{prev. kosten variant 2}$
 - Correctieve kosten = $4.5/7.5 \times \text{corr. kosten variant 1} + 3/7.5 \times \text{corr. kosten variant 3}$
- > Voor het stuk van variant 3 in landelijk gebied tussen Lewenborg en Garmerwolde (3 km) is voor 7 van de 8 faalmechanismes het risico hetzelfde ingeschat voor variant 2 en 3. Voor het faalmechanisme “lekkage in verstedelijkt gebied (2e orde)” is het risico hetzelfde ingeschat als variant 1. Dit leidt ertoe dat de preventieve kosten voor het landelijk gebied in variant 3 gelijk zijn aan variant 2. De correctieve kosten zijn hoger voor variant 3.

Daarnaast is nog een extra risico toegevoegd “Geen afvoer RWA”. Het is niet duidelijk hoe dit bedrag is bepaald en waarom dit niet in de originele kwantificering zit voor deze variant. Voor elk jaar is een cash flow berekend door de som van de preventieve kosten, de correctieve kosten en het extra risico te nemen.

Variant 4 (stedelijk redundant DWA):

- > Voor variant 4 is geen FMECA analyse uitgewerkt. Voor deze variant is wel een NPV berekening gemaakt. Op basis van de documentatie is niet duidelijk hoe de preventieve en correctieve kosten voor deze variant zijn bepaald. Er is bekeken welke investering voor DWA-redundantie in stedelijk gebied gedaan kan worden in '29 om op dezelfde NPV-waarde uit te komen als variant 3.



Bijlage C. FMECA

Wat zien we?

Bij het analyseren van de FMECA resultaten en het door Traduco/Mainnovation aangeleverde rekenmodel hebben wij een aantal onjuistheden opgemerkt. De impact van deze onjuistheden is significant voor de FMECA uitkomsten. We hebben de bevindingen bij Traduco/Mainnovation geverifieerd.

- > **Net present value berekening variant 3 & 4:** Bij variant 3 en 4 zien wij dat voor de berekening van de Present value niet de cash flow als basis wordt genomen, maar een present value (4%). Dit betekent dat er twee keer een disconteringsvoet toegepast wordt. Hiermee wordt een veel lagere foutieve waarde voor NPV berekend. Het herstellen van deze fout levert hogere NPV-waarden voor variant 3 en 4, namelijk:
 - > Variant 3: NPV 3% wordt 61,9 miljoen i.p.v. 27 miljoen.
 - > Variant 4: NPV 3% wordt 53 miljoen i.p.v. 27 miljoen.
- > **Berekening variant 3 en 4, doorsteek Lewenborg:** Voor variant 3 en 4 is geen volledige berekening gemaakt, maar deze is samengesteld uit berekeningen van variant 1 en 2. Hierbij is een 4 / 3,5 verdeling toegepast (Hele tracé is 7,5 km):
 - 4,5 km van persleiding blijft niet redundant liggen in stedelijk gebied, gelijk aan variant 1.
 - 3 km van de persleiding wordt redundant uitgevoerd voor DWA omstandigheden (aangepaste variant van 2).

In het FMECA rekenmodel wordt dit principe inderdaad toegepast, echter zien we dat hierin variant 1 voor 3/7,5 meegenomen wordt en variant 2 voor 4,5/7,5. Dit moet precies tegenovergesteld zijn. Het herstellen van deze fout levert hogere NPV-waarden op

- > Variant 3: NPV 3% wordt 66,7 miljoen i.p.v. 61,9 miljoen.
- > Variant 4: dit is door ons niet te berekenen, omdat wij de aannames van deze variant niet kennen.

- > **Failure mode veroudering beton:** Bij de failure mode “Lekkage door veroudering beton” is de kwantificering van het risico niet goed gedaan. Wij observeren dat voor alle varianten de risicokosten na mitigatie hoger zijn dan ervoor. Bij alle varianten zit de “fout” in de risicokwantificering zonder beheersmaatregelen. De NPV-berekeningen zijn uitgevoerd met de risico kwantificeringen na beheersmaatregelen, daarom heeft dit geen effect op het resultaat van de NPV’s.
 - > Bij varianten 2 & 3 is de kwantificering voor “imago” niet aangeklikt bij de risicokwantificering voor beheersmaatregelen (BM).
 - > Bij variant 1 zijn de technische kosten hoger gekwantificeerd na beheersmaatregelen. Daarnaast is de “frequentie” hoger na beheersmaatregelen.
- > **Gemiddelde jaarlijkse kosten per jaar:** In de FMECA rapportage [2023] wordt gesproken over een gemiddelde jaarlijkse kosten voor correctieve en preventieve kosten. Deze lijken samengesteld te zijn uit de gemiddelde over de jaren, hierin is niet de annuïteit van de NPV meegenomen.



Bijlage C. FMECA

Wat vinden we?

- > Op basis van de gevoerde gesprekken en de documentanalyse vinden wij de gehanteerde faalmechanismen in de FMECA voldoende om goed inzicht te krijgen in de risico's van de varianten.
- > De uitgevoerde FMECA bevat aannames die invloed hebben op het resultaat van de FMECA. Los van de juistheid van de aannames is het belangrijk deze expliciet te benoemen in de rapportage, zodat de resultaten juist kunnen worden geïnterpreteerd.
- > De resultaten van de FMECA maken het mogelijk de varianten ten opzichte van elkaar te vergelijken. Bij interpretatie van de resultaten is het belangrijk te beseffen dat de berekende Net Present Values van de varianten ook een bandbreedte hebben, als gevolg van de gemaakte aannames.
- > De uitkomsten van de FMECA geven inzicht in financiële waarde (NPV's) van de diverse varianten. Deze inzichten kunnen ondersteunend aan de besluitvorming gebruikt worden.
- > Het FMECA-rekenmodel bevat een aantal onjuistheden waardoor de berekende Net Present Values voor de varianten niet goed zijn. Deze onjuistheden hebben een significant effect op de NPV voor de varianten met een tie-in op Lewenborg (variant 3 en 4). De NPV voor variant 3 moet zijn 66,6 miljoen i.p.v. 27 miljoen. Daarmee komen de NPV's van de varianten dichterbij elkaar te liggen en heeft deze variant eenzelfde NPV als voor de situatie behouden (variant 1) en dat de variant 3 Lewenborg relatief ongunstiger uitkomt. Dit zien wij daarom niet als aanleiding om de bestuurlijke voorkeur voor variant 2 te heroverwegen.



Bijlage D. Bedrijfswaardemodel

Het bedrijfswaarde model gebruikt in de FMECA analyse (FMECA, 2023).

Veiligheid/ gezondheid	Milieu	Imago	Droge voeten	Schoon water ecologie en chemie	Technische kosten												
						> 1 x per 10.000 jaar	1x per 1000-10.000 Jaar	1x 300-1000 jaar	1x per 100-300 jaar	1x per 50-100 jaar	1x per 25 - 50 jaar	1x per 10 - 25 jaar	1x per 1 - 10 jaar	1 x / jaar	Vaker dan 1 x / jaar		
Mate waarin meerdere werknemers (zowel in als extern) bezoekers, gastrokers, overvloedige, passanten hinder ondervinden of letsel kunnen oplopen	Ernst van een milieu incident. Daarbij begrepen bodem, water, lucht en hinder in de vorm van stank en/of geluid voor medewerkers en omgeving	Ernst van commotie, mate van negatief oordeel, aantal klachten	Mate van wateroverlast, gekoppeld mate van maatschappelijke en of economische schade (functie), kans op doden en gewonden	Mate van vervuiling oppervlakte water uitgedrukt in chemische en ecologische waterkwaliteit	Herstel- en gevolgstkosten het falen van een object.												
Geen effect - nihil effect	Geen effect - nihil effect	Geen effect - nihil effect	Geen effect - nihil effect	Geen effect - nihil effect	Geen kosten												
EHBO behandeling	Beperkt effect binnen terreingrens	Intern afdeling	Peil treedt net buiten vastgestelde grens van +/- 5 cm norm	Tijdelijke lokale achteruitgang waterkwaliteitsdoelen	300												
Medische behandeling/ letsel zonder verzuim	Beperkte emissie zonder blijvende schade.	Intern organisatie	Peil treedt buiten vastgestelde grens zonder innundatie	Achteruitgang waterkwaliteit KRW-lichamen en overige watergangen	3.000												
Middelgroot letsel / Verlies werkdagen / Tijdelijk aangepast werk	Emissie met effect op omgeving/ Milieuschade / Vergunningoverschrijding	Negatief in de regionale media / Beperkte imago schade	Peil treedt buiten vastgestelde innundatie norm, land - en glastuinbouw	Chloride pieken, blauwalgbloei, stank en drijfvuil	30.000												
Blijvend letsel	Ernstige milieuschade / Aanzienlijke herstelmaatregelen / Langdurige vergunningoverschrijding.	Negatief in de landelijke media / Imago schade	Overstroming / regionale dijkdoorbraak met grote economische schade	Botulisme, zuurstofloosheid en vissterfte	300.000												
Mortaliteit	Blijvende omvangrijke milieuschade. Onder toezichtstelling.	Negatief in de internationale media / Zeer grote imago schade	Overstroming / dijkdoorbraak met meerdere dode mensen tot gevolg	Chemische verontreiniging met langdurige consequenties	3.000.000												
						Acceptabel					Alert		Onacceptabel				

Figuur 3 Risicomatrix Noorderzijlvest

Lianne van der Weerd
Thijmen Kok
Pelle de Wit

© 2025, AT Osborne

AT Osborne
Postbus 168
3740 AD Baarn
(035) 543 43 43

www.atosborne.nl

