

Dijk Monitoring en Conditionering (DMC) Systeem

Ontwerp- en Beoordelingsvoorschrift



Dijk Monitoring Conditionering (DMC) systeem

Ontwerp- en Beoordelingsvoorschrift

Datum: 1 maart 2018

Plaats: Deventer

Projectnummer: **BZ140**

Rapportnummer: **Concept**

Opdrachtgever: **POV Piping**

Auteurs:	ir. J. G. Rinsema	(BZ Ingenieurs & Managers)
	drs. ing. C. K. E. ter Brake	(BZ Ingenieurs & Managers)
	H. J. Bos	(DMC Monitoring)
	H. Wiering	(DMC Monitoring)
	R. D. Rothuizen	(Visser & Smit Hanab)

Review:	ing. J. E. J. Blinde	(Deltares)
	ir. H. Niemeijer	(Arcadis)
	ir. P. Damen	(Waterschap Rivierenland)

Samenvatting

Het Dijk Monitoring en Conditionering (DMC) Systeem is een versterkingsmaatregel voor dijken dat kan worden toegepast indien de stabiliteit van de kering onvoldoende is voor de faalmechanismen piping, macrostabiliteit of microstabiliteit.

Het DMC systeem is een autonoom systeem dat op basis van de gemeten stijghoogte of hoogte van freatische lijn automatisch wordt geactiveerd, waardoor de stijghoogte of freatische lijn wordt verlaagd en daarmee de stabiliteit van de dijk wordt verhoogd. Het DMC systeem bestaat uit een filterbuis die het overtollige water uit de ondergrond draineert. Om de capaciteit optimaal te benutten wordt tevens een afvoerpomp geïnstalleerd waardoor er meer water gedraineerd kan worden dan alleen onder vrij verval mogelijk is. De activering van het DMC systeem wordt autonoom gedaan op basis van geïnstalleerde referentiemonitoring door een glasvezelkabel in de filterbuis. Indien de stijghoogte boven de vooraf ingestelde stijghoogte of freatische lijn komt, wordt het DMC systeem geactiveerd, waardoor de stijghoogte/ freatische lijn afneemt en de stabiliteit van de kering wordt verhoogd. De gemeten data wordt ontsloten in een online database.

Om de grootte van het probleem in kaart te brengen en om de eerste versie van het DMC systeem te dimensioneren wordt een systeemanalyse van het studiegebied uitgevoerd. In de systeemanalyse wordt met behulp van een geotechnisch onderzoek de ondergrond in beeld gebracht. Daarna wordt in de geohydrologische analyse de optredende stijghoogte of freatische lijn bepaald. Vervolgens wordt in de geotechnische analyse de maximaal toegestane stijghoogte of freatische lijn bepaald.

In de ontwerpfase wordt vervolgens het DMC gedimensioneerd op basis van de systeemanalyse. De variabelen in het ontwerp zijn de lengte van de capaciteit van de filterbuis, de lengte van de filterbuis, de filteropbouw en de afvoercapaciteit. Tevens wordt een monitoringssysteem ontworpen dat vervolgens kan worden gebruikt in de beoordeling. Indien nodig wordt het ontwerpproces opnieuw doorlopen om iteratief het optimale DMC systeem te ontwerpen.

De installatie van het DMC systeem wordt gedaan met behulp van horizontaal gestuurde boring (HDDW). In de fabriek en in-situ worden testen gedaan om de werking van het DMC systeem te controleren. Bij succesvolle testen kan het systeem door de opdrachtgever geaccepteerd worden.

De toepassing en installatie van het DMC systeem heeft invloed op de omgeving. Daarom is het belangrijk om deze omgeving goed bij het proces te betrekken. Daarbij moeten de actoren worden betrokken door middel van stakeholdermanagement. Tevens verdienen de benodigde juridische en fysieke randvoorwaarden voldoende aandacht door middel van conditionering.

Het beheer en onderhoud is opgesplitst in het beheer van de kering, het beheer van de installaties en het onderhoud van het systeem. Het beheer en onderhoud van het DMC systeem wordt gedeeltelijk autonoom gedaan door autonome zelftesten. Tevens worden autonome meldingen gegeven als het DMC systeem gebreken detecteert tijdens de zelftest of doordat sensoren geen informatie meer geven. Gedurende hoogwater geeft de monitoring en referentiemonitoring belangrijke informatie naast de reguliere inspectie van de kering gedurende hoogwater.

De beoordeling van de waterkering met het DMC systeem conform de WBI. Voor het faalmechanisme piping wordt de beoordeling gedaan door het toepassen van het toetspoot technische innovatie. Voor de beoordeling technische innovatie wordt beoordeeld of de technische innovatie wordt beoordeeld of de randvoorwaarden niet zijn veranderd. Tevens wordt beoordeeld of door middel van kennisontwikkeling nieuwe inzichten zijn ontstaan over de werking van het DMC systeem. Voor het faalmechanisme macrostabiliteit kan de drainerende werking van het DMC systeem worden opgenomen in de voorgeschreven WBI software. Voor macrostabiliteit geldt dat de waterkering inclusief DMC systeem kan worden beoordeeld volgens de voorgeschreven procedure zonder software te gebruiken.

Inhoudsopgave

		2
	Samenvatting	4
1	Algemeen	8
	1.1 Definitie DMC systeem	8
	1.2 Afbakening	8
	1.3 Relatie met andere leidraden en documentatie	9
	1.4 Leeswijzer	9
2	Kenmerkende Systemeigenschappen DMC	11
	2.1 Het DMC systeem	11
	2.2 DMC in relatie tot Faalmechanismen	12
	2.3 Factsheet DMC systeem	13
3	Ontwerp DMC systeem	15
	3.1 Ontwerpproces	15
	3.2 Probleemanalyse	16
	3.3 Programma van eisen	20
	3.4 Ontwerp	21
	3.5 Effect beoordeling	32
	3.6 Uitvoeringsgereed ontwerp	33
	3.7 Risicoanalyse ontwerpfase	33
4	Technische aspecten installatie	34
	4.1 Uitvoeringsaspecten	34
	4.2 Testen van functioneren	35
	4.3 Acceptatie door opdrachtgever	36
	4.4 Risicoanalyse installatiefase	36
5	Omgevingsaspecten installatie	38
	5.1 Stakeholdersmanagement	38

5.2	Conditionering	39
6	Beheer en onderhoud	41
6.1	Autonomie DMC systeem	41
6.2	Beheer- en onderhoudsprotocol	41
6.3	Kosten beheer en onderhoud	45
6.4	Risicoanalyse beheerfase	45
7	Wettelijke beoordeling van DMC systeem	47
7.1	Toetssporen Piping (STPH)	47
7.2	Toetsspoor Technische innovaties (INN)	47
7.3	Toetsspoor Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)	49
7.4	Toetsspoor Microstabieliteit (STMI)	50
8	Bibliografie	51
	Bijlage I: Voorbeeld logboek	53
	Bijlage II: Voorbeeld ontwerp	57
	Bijlage III: Voorbeeld indeling werkterrein	59

1 Algemeen

1.1 Definitie DMC systeem

Het DMC systeem is een versterkingsmaatregel voor dijken. Door waterspanning te monitoren en actief te reduceren, wordt de stabiliteit van de dijk verbeterd en het optreden van faalmechanismen, waaronder piping voorkomen.

Het DMC systeem is feitelijk een filterbuis die aan de binnenzijde van de waterkering in de ondergrond ligt en het overtollige grondwater afvangt. Het systeem ligt in de lengterichting van de dijk en het bestaat naast een filterbuis uit druksensoren, een afvoersysteem en een besturingssysteem. Het afvoersysteem wordt bediend op basis van informatie over de gemeten waterspanning in de buis. Voordat een kritieke stijghoogte in de ondergrond wordt overschreden voert het systeem water af, waardoor de stijghoogte zal dalen, de afdekkende laag niet opbarst en zodoende piping kan worden voorkomen. Dwars op de filterbuis zijn referentiesensoren geïnstalleerd. Deze sensoren zullen de werking van het systeem (de daling van de stijghoogte) bevestigen.

Het systeem is een alternatief voor ruimtelijke versterkingsmaatregelen (bijv. pipingbermen). De filterbuis wordt door middel van een horizontaal gestuurde boring aangebracht. Hierdoor wordt niet gewerkt met een open ontgraving en bestaande ondergrondse infrastructuur, verharding en bebouwing kan blijven bestaan. Het landschapsbeeld blijft onaangetast, net als de op of naast de dijk gelegen cultuurhistorische elementen. Met name op plaatsen waar ingrepen moeilijk inpasbaar zijn vanwege ruimtelijke beperkingen en/of kosten komt de efficiëntie van het systeem tot zijn recht.

Het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) zoekt naar manieren om versterkingen efficiënter, sneller en doelmatiger uit te voeren. Na de derde toetsing op veiligheid is een deel van de primaire waterkeringen afgekeurd. Het faalmechanisme piping heeft in deze dijkversterkingen een significant aandeel in de versterkingskosten. Om de versterkingen sneller, efficiënter en doelmatiger uit te voeren worden er innovatieve maatregelen gezocht die kunnen worden ingezet tegen piping, macrostabiliteit of microstabiliteit. Het DMC systeem is in navolging van diverse pilotprojecten in Nederland toegepast binnen de projectoverstijgende verkenning naar piping, om de effectiviteit ervan te onderzoeken. Het onderzoek wordt in 2017 afgerond.

1.2 Afbakening

Het ontwerp- en beoordelingsvoorschrift voor het DMC is bedoeld voor dijkbeheerders, ingenieursbureaus en aannemers die een DMC systeem willen toepassen. Dit document is een leidraad voor het toepassen van een DMC systeem als versterkingsmaatregel. In het document worden daartoe de stappen om te komen tot een doeltreffend ontwerp van het systeem en de realisatie van de versterkingsmaatregel behandeld.

Naast de leidraad tot ontwerpen behandelt de leidraad hoe na het ontwerp de beoordeling in het kader van het WBI moet worden uitgevoerd.

Het Ontwerp en Beoordelingsvoorschrift DMC richt zich op het verbeteren van stabiliteit van de kering voor de faalmechanismen piping, macrostabiliteit en microstabiliteit door het toepassen van het DMC systeem.

1.3 Relatie met andere leidraden en documentatie

Het ontwerp- en beoordelingsvoorschrift voor het DMC systeem sluit aan op de in ontwikkeling zijnde richtlijn TR Drainagetechnieken. Tevens moet het te ontwerpen DMC systeem binnen de richtlijn van het Ontwerpinstrumentarium (OI2014v4) en het beoordelingsinstrumentarium (WBI2017) passen.

TR Drainagetechnieken

De inpassing van drainageconstructies is tot op heden onbeschreven voor dijkversterkingsmaatregelen. Om de toepassing makkelijker te maken is de TR Drainagetechnieken ontwikkelt, deze beschrijft het ontwerpen en beoordelen van drainageconstructies (Niemeijer, Langhorst, van Meerten, van Meurs, & Meuwese, TR Drainagetechnieken, 2017).

Het Ontwerp- en beoordelingsvoorschrift DMC systemen is een specificatie van de TR Drainageconstructies voor DMC systemen. Voor een uitgebreide beschrijving van het algemene ontwerpproces en bijbehorend onderzoek van een DMC systeem wordt verwezen naar de TR Drainageconstructies. Alleen de aspecten die specifiek van toepassing zijn voor het ontwerpen en beoordelen van het DMC systeem worden behandeld in dit document.

Ontwerpen

Voor een groene dijk is het Ontwerp Instrumentarium ontwikkeld in 2014, waarna er een aantal updates van het document zijn verschenen. Een nieuwe versie van het Ontwerp Instrumentarium is nog in ontwikkeling onder het project OI2018. Als dit project is afgerond zullen de relevante documenten beschikbaar komen bij de Helpdesk Water.

Beoordelen

Indien het DMC systeem is ontworpen en geïnstalleerd is, dient het systeem in het kader van de wettelijke beoordeling beoordeeld te worden op veiligheid en stabiliteit. In dit document zal het beoordelingsinstrumentarium worden aangeduid. Onder het beoordelingsinstrumentarium vallen de volgende onderdelen:

- WBI 2017 Bijlage I Procedure
- WBI 2017 Bijlage II Hydraulische belastingen
- WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid

Via de Helpdesk Water (www.helpdeskwater.nl) zijn deze documenten te vinden. De beschreven beoordeling valt binnen het wettelijke kader als gesteld in deze documenten.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een korte omschrijving gegeven van de verschillende onderdelen van het DMC systeem en faalmechanismen die door toepassing beheersbaar worden. In hoofdstuk 3 wordt het iteratieve ontwerpproces van een DMC systeem beschreven. Na het ontwerp in hoofdstuk 3, wordt in hoofdstuk 4 en 5 de realisatie van het systeem belicht. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de technische aspecten van de realisatie. Hoofdstuk 5 gaat in op de omgevingsaspecten van de installatie. Nadat het systeem

gerealiseerd is volgt de beheerfase. Hoofdstuk 6 gaat over het beheer en onderhoud van het DMC systeem. Als laatste wordt in hoofdstuk 7 de beoordeling conform de WBI2017 behandeld.

2 Kenmerkende Systemeigenschappen DMC

2.1 Het DMC systeem

Het DMC systeem heeft een aantal kenmerkende onderdelen. Deze worden kort genoemd en geschetst in een tekening. Vervolgens worden de bijbehorende systeemeigenschappen genoemd.

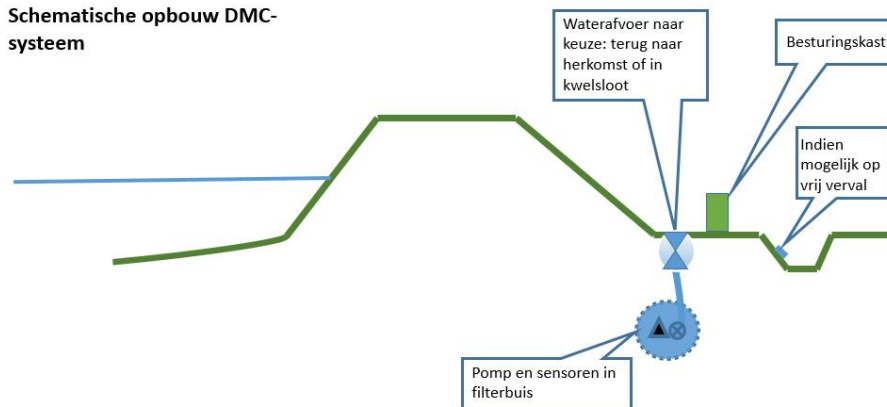
2.1.1 Onderdelen

Het DMC systeem bestaat uit de volgende onderdelen (Koelewijn, 2013):

1. Filterbuis met zandomstorting of filtergrind met een karakteristieke filterlengte
2. Monitoringsysteem ten behoeve van het meten van stijghoogte bestaande uit sensoren die de stijghoogte meten
3. Een afvoersysteem omwille van het geforceerd afvoeren van water met bijbehorende monitoringinstrumenten waaronder een debietmeter
4. Een besturingskast voor:
 - a. Het verwerken en bewaren van de informatie van het systeem (besturingssysteem);
 - b. Het aansturen van het afvoersysteem (besturingssysteem);
 - c. Het (draadloos) verzenden van de informatie (alarmeringssysteem)
 - d. Autonome testen en controle van de werking van het systeem

De bovenstaande onderdelen zijn schematisch weergegeven in Figuur 1.

Schematische opbouw DMC-systeem



Figuur 1 Onderdelen van het DMC systeem

2.1.2 Systemeigenschappen

Het DMC systeem heeft drie karakteristieke eigenschappen die belangrijk zijn voor de werking. Dit zijn de afvoer mogelijkheden, het testen van het systeem en de ontsluiting van de data via een online database.

Het water wordt afgevoerd door een filterbuis. Dit gebeurt voornamelijk zowel geforceerde afvoer met behulp van een afvoerpomp. De geforceerde afvoer wordt

automatisch in werking gesteld indien de stijghoogte in de filterbuis boven een ingesteld niveau komt. Indien de geforceerde afvoer niet is ingeschakeld voert het DMC systeem water af onder vrij verval.

De werking van het systeem wordt autonoom getest. De test is geprogrammeerd en behoeft geen verdere acties. Het doel van de autonome test is het testen van het systeem en het tijdig detecteren van eventuele storingen. De periode van het testen kan op afstand worden ingeschakeld.

De ont koppeling van gemeten data wordt gedaan in een online database. Welke database gebruikt wordt is afhankelijk van de wensen van de beheerder. Door de data op te slaan wordt informatie verzameld over de werking en effectiviteit van het systeem en kan er geleerd worden voor toekomstig gebruik, door bijvoorbeeld de stijghoogte waarbij het systeem wordt geactiveerd aan te passen.

Tevens kan door de ont koppeling van de data via de online database het DMC op afstand gevolgd worden. Zo kunnen de resultaten van de autonome testen worden ingezien, kunnen de stijghoogtes worden ingezien en kan het afvoerdebiet worden ingezien.

2.2 DMC in relatie tot Faalmechanismen

Het DMC is ontworpen om de stabiliteit van de dijk te vergroten voor de faalmechanismen piping, macrostabiliteit en microstabiliteit. In de onderstaande paragrafen wordt weergegeven wat de functie van het DMC in relatie met de faalmechanismen. Een meer uitgebreide beschrijving van de dijkdoorbraakprocessen is bijvoorbeeld te vinden in het rapport van Calle (2002).

2.2.1 Piping

Piping kan voorkomen bij dijken waar een doorlopende deklaag aanwezig is. Piping ontwikkeld zich in 3 stadia:

1. Opbarsten
2. Heave
3. Terugschrijdende erosie

Deze mechanismen worden aangedreven door de stijghoogte die in de ondergrond optreedt. De stijghoogte wordt beïnvloed door de waterstand in de rivier, mits de watervoerende zandlaag in verbinding staat met de rivier.

Het DMC systeem verhoogt de stabiliteit van de dijk door de stijghoogte te verlagen in het watervoerende pakket. De stijghoogte wordt verlaagd door water uit het watervoerende pakket af te voeren. Daarmee wordt de hydrostatische druk onder de afdekkende kleilaag actief verlaagd, waardoor de stijghoogte onder het grenspotentiaal blijft en opbarsten niet optreedt. Zonder opbarsten kan er ook geen heave optreden en terugschrijdende erosie optreden waarmee piping is uitgesloten.

2.2.2 Macrostabiliteit

Bij macrostabiliteit verliest de kering de waterkerende functie door het afschuiven van het talud. Dit kan zowel aan de binnenwaartse zijde voorkomen als buitenwaarts. Macrostabiliteit binnenwaarts wordt veroorzaakt door het evenwichtsverlies langs een glijcirkel. Indien er aan de binnenzijde sprake is van opdrijven is een deel van de glijcirkel recht.

Het DMC systeem verhoogt de stabiliteit voor het faalmechanisme macrostabiliteit bij afschuiven door de freatische lijn in de kern van de dijk te verlagen. Door de freatische lijn te verlagen wordt de effectieve spanning in de dijk verhoogt waardoor afschuiving wordt voorkomen.

Indien er sprake is van opdrijving kan het DMC systeem in de watervoerende laag worden geïnstalleerd om de stijghoogte te verlagen waardoor de effectieve spanning wordt vergroot.

2.2.3 Microstabiliteit

Bij microstabiliteit verliest de kering zijn waterkerende functie door het uitspoelen van de deklaag ter hoogte van het binnentalud. De deklaag spoelt uit doordat de freatische lijn tegen de bekleding van de kering drukt, waardoor de bekleding van binnenuit wordt weggedrukt.

Het DMC systeem verhoogt de stabiliteit van de dijk bij microstabiliteit door de freatische lijn in het dijklichaam te verlagen. Het DMC systeem wordt voor microstabiliteit in de grondlaag geïnstalleerd waar de freatische lijn verlaagd moet worden.

2.3 Factsheet DMC systeem

Het DMC systeem is meerdere keren toegepast. In eerste instantie zijn pilotprojecten uitgevoerd waar het DMC systeem in de praktijk is toegepast en waar vooral in geleerd is van de uitkomsten. De DMC systeem met wijzigingen is uiteindelijk toegepast bij de IJsseldijk te Veessen.

2.3.1 Pilotprojecten

In de ontwikkeling van het DMC systeem zijn twee pilotprojecten

- Oostzanddijk Colijnsplaat
- Ommelanderzeedijk, Delfzijl (Livedijk XL Noorderzijlvest)
- IJkdijk locatie Bad Nieuweschans

Oostzanddijk Colijnsplaat

Bij de Oostzanddijk Colijnsplaat spoelde vrijwel elk hoogwater zand mee met het kwelwater. Het zand kwam terecht in de sloot achter de dijk. In totaal haalde het waterschap elk jaar enkele vrachtwagens zand van deze locatie.

Het DMC systeem is geïnstalleerd over een lengte van 150 meter om de stijghoogte te verlagen. Tot op heden zijn er geen zandmeevoerende wellen waargenomen. Indien het DMC systeem uitgeschakeld wordt, zijn er bij hoog water weer wellen waarneembaar.

IJkdijk locatie Bad Nieuweschans

Bij IJkdijk locatie Bad Nieuweschans zijn proeven uitgevoerd in een gecontroleerde omgeving. Het DMC systeem is voor getest voor piping en microstabiliteit (de Vries, et al., 2013). In deze proef is aangetoond dat het DMC systeem de waterspanning in de dijk verlaagt.

Ommelander zeedijk Delfzijl

Tijdens een combinatie van springtij en hoogwater werd er af en toe zand geconstateerd bij de Ommelander zeedijk. Uit onderzoek bleek dat de nieuwe zanddijk over de oude kleidijk was aangelegd waardoor er tijdens hoogwater hoge waterspanningen werden waargenomen.

Het DMC systeem is over een lengte van twee keer 150 meter aangelegd, waardoor er tot op heden geen zandmeevoerende wel is geconstateerd.

Tevens is op deze locatie een proef gedaan om de werking van het DMC systeem te valideren, die succesvol is afgerond (van der Meer & Leeuwdront, 2015).

2.3.2 IJsseldijk Veessen

Vanuit de pilotprojecten is het DMC systeem verder ontwikkeld. Het ontwikkelde systeem is toegepast als versterkingsmaatregel in Veessen.

De primaire kering aan de westkant van de IJssel (voormalige dijkkring 52) is in de derde toetsronde op veiligheid afgekeurd voor een aantal trajecten op het faalmechanisme piping. Nabij een boerderij gelegen aan de IJsseldijk werd tijdens een gemiddeld hoogwater steevast een zandmeevoerende wel geconstateerd. De boerderij staat in de binnenteen van de kering. Aan de buitenzijde grenst de kering direct aan een hank (oude rivierarm). De hank is direct verbonden met de IJssel. Door aanwezige bebouwing in de kering en het zeer korte voorland, gaf deze locatie ruimtelijke beperkingen voor grootschalige, traditionele versterking, als piping bermen.

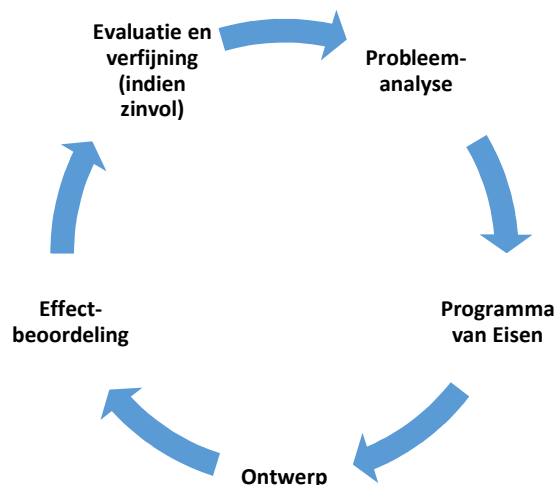
Het DMC systeem is aangelegd over een lengte van 100 meter. Sinds de installatie van het DMC systeem werden geen zandmeevoerende wellen geconstateerd. Dit is echter voornamelijk te wijten aan het feit dat er nog geen hoogwatergolf is geweest tussen de installatie en de afronding van de onderzoeksperiode.

3 Ontwerp DMC systeem

Het DMC systeem wordt aangelegd op een locatie waar een stijghoogtereductie of reductie van de freatische lijn gewenst is. Het ontwerp van het DMC systeem wordt gebaseerd op de gewenste stijghoogtereductie. Het iteratieve ontwerpproces hiertoe, is toegelicht in paragraaf 3.1. Vervolgens worden de fases van het ontwerpproces per paragraaf behandeld.

3.1 Ontwerpproces

Het ontwerpen van een DMC systeem is een iteratief proces, waarin stapsgewijs wordt gekomen tot een definitief ontwerp. Het belangrijkste onderdeel van het DMC systeem is de drainagebuis. Het ontwerpproces is daarom vergelijkbaar met het ontwerp van een drainageconstructie. Om het optimale ontwerp voor drainageconstructies te bepalen worden er vijf fases onderscheiden, zie Figuur 2. Voor gedetailleerde uitleg van dit proces wordt verwezen naar hoofdstuk 5 in de TR Drainagetechnieken (Niemeijer, Langhorst, van Meerten, van Meurs, & Meuwese, 2017).



Figuur 2 Iteratief proces ontwerpen Drainagesysteem (Niemeijer, Langhorst, van Meerten, van Meurs, & Meuwese, 2017)

Het begin van het ontwerpproces is het goed in beeld brengen van de op te lossen stabiliteitsproblemen. Voor het DMC systeem is dit het bepalen van de gewenste reductie van stijghoogte en/of het verlagen van de freatische lijn. Dit wordt beschreven in paragraaf 3.2. Vervolgens wordt de probleemanalyse vertaald in een programma van eisen waaraan het ontwerp moet voldoen, zoals kort beschreven in paragraaf 3.3.

Het ontwerp is een vertaling van het programma van eisen. De te ontwerpen onderdelen zijn geadresseerd in paragraaf 3.4. De effectbeoordeling gebeurt door het ontwerp te beoordelen volgens de geohydrologische analyse als beschreven in paragraaf 3.2 en is kort beschreven in paragraaf 3.5. Na de effectbeoordeling wordt bepaald of het behaalde resultaat nog geoptimaliseerd kan worden. Indien dit het geval is wordt de het ontwerpproces opnieuw doorlopen.

Als het uiteindelijke ontwerp geen verdere verfijning nodig heeft dient het monitoring systeem nog ontworpen te worden. Dit wordt behandeld in paragraaf 3.4.3.

Vervolgens kan het ontwerp worden samengevat in een uitvoeringsgereed ontwerp, zoals beschreven in paragraaf 3.6 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

3.2 Probleemanalyse

De eerste fase van het ontwerpproces zal bestaan uit de probleemanalyse. De probleemanalyse is gericht op het definiëren van het probleem. Het probleem wordt geduid met een gewenste stijghoogtereductie en/ of verlaging van de freatische lijn, ondersteund met geohydrologische of geotechnische analyse.

De eerste fase in de probleemanalyse is het schematiseren van het systeem. Het schematiseren wordt gedaan met behulp van geotechnisch en geohydrologisch onderzoek. Op basis van het onderzoek kan tevens de grenspotential van het systeem worden berekend.

Het uitgevoerde onderzoek is vervolgens input voor de geohydrologische en/of geotechnische analyse waar vervolgens de optredende en kritieke stijghoogte wordt bepaald. Het verschil tussen de optredende en kritieke stijghoogte is de gewenste reductie.

3.2.1 Onderzoek

Het geotechnische onderzoek is erop gericht om het gebied te kunnen schematiseren voor de geohydrologische en/ of geotechnische analyse. Tevens kan voor opbarsten (indien dit een verwacht probleem is) de grenspotential berekend worden. Dit zijn de condities waaronder het systeem nog stabiel is.

Het geotechnisch onderzoek start met een deskstudie. Indien er op basis van (historische) gegevens reeds een schematisatie met voldoende betrouwbaarheid kan worden gemaakt, is in-situ onderzoek wellicht in deze fase (nog) niet nodig.

Indien er niet voldoende informatie beschikbaar is, wordt aanvullend onderzoek uitgevoerd. Ten eerste wordt geotechnisch onderzoek uitgevoerd gericht op het vinden van de uiterste grenstoestand ten behoeve van het faalmechanisme.

Als laatste worden nog aanvullende informatiebronnen genoemd die kunnen helpen bij het geotechnische onderzoek voor de probleemanalyse.

Deskstudie

Voorafgaand aan het fysieke grondonderzoek is het noodzakelijk om een deskstudie uit te voeren. Onderdelen van de deskstudie zijn het algemene geologische beeld, het historische landgebruik en historische gegevens.

In het algemene geologische beeld wordt gekeken naar de bodemopbouw van de omgeving. Daarna wordt ingezoomd op de grondopbouw van de dijk, de specifieke locatie voor het DMC systeem. Daarbij wordt een verwachting gevormd voor de boorbaarheid van de ondergrond. Het tweede deel van de deskstudie beslaat de studie naar historisch landgebruik. Hier wordt bepaald of er verstoringen ten opzichte van het algemene geologische beeld te verwachten zijn. Te denken valt aan verstoring van de grondopbouw door vervuiling, fundaties, oude mijnschachten, versterkingsopgaven, leidingen en kabels etc. Op basis van deze informatie kan het verkregen beeld door het geologische onderzoek aangescherpt worden. Indien relevant is het ook van belang om de aardbevingsgevoeligheid van het gebied in beeld te brengen. Dit brengt namelijk extra te verwachten zettingen met zich mee.

Indien het DMC systeem wordt aangebracht bij een Primaire kering is er al veel informatie bekend uit de globale stochastische ondergrondschematisatie (WBI-SOS), ontwikkeld voor het WBI2017 en historisch grondonderzoek in het kader van eerdere beoordelingen. In het SOS zijn zogenoemde scenario's opgesteld die een bepaalde grondopbouw voorstellen. Op basis van de WBI-SOS kan een verwachting worden geformuleerd welke grondlagen te verwachten zijn. Op basis van de WBI-SOS kan wellicht een gerichtere geotechnische analyse worden uitgevoerd.

In het SOS zijn tevens default waarden voor de geohydrologische parameters d_{70} en doorlatendheid gegeven.

De opbouw van de ondergrond kan veel verschillen over een relatief kleine afstand. Daarom is het belangrijk voldoende grondonderzoek uit te voeren om de grootte van het probleem in te kunnen schatten. Voor piping wordt in de beoordeling als vuistregel een boring of sondering met een afstand 50 meter tussen twee opeenvolgende metingen geadviseerd (Rijkswaterstaat W. V., Schematiseringshandleiding piping, 2016a). Voor macrostabiliteit een afstand van 100 meter tussen opeenvolgende metingen (Rijkswaterstaat W. V., Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit, 2016b).

Volgens de richtlijn van het OI2014v4 is het ook mogelijk om het meest conservatieve basisscenario voor het faalmechanisme aan te nemen, waar vervolgens een ontwerpfactor aan toegekend wordt om de onzekerheid mee te nemen (Rijkswaterstaat, Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, 2017).

Als laatste wordt in de deskstudie op basis van historische informatie onderzocht of er op specifieke locaties verstoringen te verwachten zijn, die het aanlegproces kunnen vertragen. Te denken valt bijvoorbeeld aan bombardementen in het projectgebied gedurende de Tweede Wereldoorlog of aanwezigheid van voorwerpen die van archeologische waarde zijn. Indien er aanwijzingen zijn voor de aanwezigheid van zulke verstoringen wordt met geofysische methoden de exacte locatie vastgesteld en, bijvoorbeeld met Grondradar. Indien het nodig is zullen dergelijke voorwerpen uit de ondergrond verwijderd worden.

Geotechnisch onderzoek ten behoeve van geohydrologische analyse

Op basis van het bestaande grondonderzoek en de beschikbare SOS informatie wordt een nieuw boorplan ten behoeve van het relevante faalmechanisme opgesteld ter hoogte van de kering. Het nieuwe geotechnische onderzoek moet meer inzicht brengen in de grootte van de afkeuring, waar vervolgens de capaciteit van het DMC systeem op afgestemd moet worden. Het geotechnische onderzoek ten behoeve van het faalmechanisme wordt uitgevoerd rond de kering en moet voldoen aan de eisen die gesteld worden in het OI of WBI.

In het geotechnisch onderzoek is het onderzoek gericht op het vinden van de grondopbouw. De geotechnische analyse is gericht op het verkrijgen van de grenspotentiaal. Over het algemeen wordt dit uitgedrukt in een maximaal toegestane stijghoogte. Voor de methode om deze te berekenen wordt verwezen naar de geldende documentatie. Op het moment van schrijven is dat TR Waterspanningen (TAW, 1999). Tevens is een beschrijving van de geotechnische analyse te vinden in hoofdstuk 4 van TR Drainageconstructies (Niemeijer, Langhorst, van Meerten, van Meurs, & Meuwese, 2017), en valt daarmee buiten de scope van het ontwerp- en beoordelingsvoorschrift DMC.

Om een volledig beeld te verkrijgen kunnen ook geofysische methoden worden toegepast. Geofysische methoden zijn continue metingen, waardoor over de volledige lengte van het meetgebied bepaalde eigenschappen kunnen worden gemeten. Zo kan bijvoorbeeld de dikte van de deklaag vlakdekkend worden gemeten, of de dikte van

de ondiepe zandlaag. Voor een effectieve inzet van geofysische methoden bij het ontwerpen worden eerst geofysische methoden ingezet om vervolgens nog gericht traditioneel grondonderzoek te doen (door middel van boringen en sonderingen).

In de praktijk zal het geotechnische onderzoek samen worden uitgevoerd met het geohydrologische onderzoek. Tevens kan vooraf beoordeeld worden of geotechnisch onderzoek ten behoeve van de schematisatie tezamen kan worden uitgevoerd met het geotechnische onderzoek ten behoeve van de installatie (zie paragraaf 4.3.).

Geohydrologisch onderzoek

Voor de faalmechanismen piping en macrostabiliteit (afschuiving door opbarsten) is de stijghoogte het kritieke criterium. Voor deze faalmechanismen richt het geotechnische onderzoek zich op de opbouw van de ondergrond. Het geohydrologische onderzoek richt zich op de doorlatendheid van het watervoerende pakket, tezamen met de korrelverdeling. Deze informatie is nodig voor het bepalen van de optredende stijghoogte waar het DMC op geschematiseerd moet worden.

Voor de faalmechanismen macrostabiliteit en microstabiliteit waar de verhoging van de freatische lijn het dominante aandrijfmechanisme is, richt het geohydrologische onderzoek zich op de doorlatendheid en korrelverdeling van de bovenste grondlagen waar de freatische lijn optreedt.

De doorlatendheid is in het veld goed te bepalen door HPT sonderingen plus aanvullende kleef-sonderingen uit te voeren met WS metingen met gevoelige WS opnemer. Indien wenselijk kan tevens nog een falling head test of een pompproof worden uitgevoerd om de doorlatendheid in-situ nauwkeuriger te bepalen voor de watervoerende laag.

3.2.2 Geohydrologische analyse

De geohydrologische analyse richt zich op het modelleren van de grondwaterstroming in de ondergrond. Het doel van de geohydrologische analyse is afhankelijk van het faalmechanisme. Indien opbarsten het kritieke mechanisme is, wordt de geohydrologische analyse gedaan om de verlaging van de stijghoogte te berekenen. Indien de hoogte van de freatische lijn het kritieke mechanisme is, wordt de geohydrologische analyse gedaan om de hoogte van de freatische lijn te bepalen.

Het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies TRWG (TAW, 2001) is de basis voor de afleiding van waterspanningen in een dijklichaam en de ondergrond. Het Technisch rapport Waterspanningen geeft uniforme en objectieve richtlijn voor de schematisering van relevante waterspanningen (ENW, 2004). Het rapport TRW vormt daarbij een belangrijke verdieping en aanvulling op het TRWG. Hier is tevens een uitgebreide beschrijving van te vinden in hoofdstuk 4 in de TR Drainageconstructies (Niemeijer, Langhorst, van Meerten, van Meurs, & Meuwese, 2017).

Bij de geohydrologische analyse is het van belang om te begrijpen dat er drie verschillende processen spelen die de waterspanningen veranderen. Dit zijn waterspanningen die veroorzaakt worden door de grondwaterstroming; waterspanningen die samenhangen met de grondspanning en waterspanningen die veroorzaakt worden door vervorming. Voor het falen van een waterkering voor het faalmechanisme piping en macrostabiliteit is het eerste proces dominant.

Het TRW biedt een eerste opzet voor het opzetten van modellen voor waterspanningen in dijken onder verschillende waterstanden (maatgevend hoogwater, ontwerpwaterstand). In zijn algemeenheid zijn de volgende onderdelen van belang voor de modellering:

- Effecten op freatische lijn

- Stijghoogte in tussenlagen
- Stijghoogte in de watervoerende zandlaag, met speciale aandacht voor:
 - Invloed van de buitenwaterstand op grondwaterspanning
 - Infiltratie uit neerslag en golfoverslag
 - Door vervormingen gedreven grondwaterspanning

Indien de buitenwaterstand invloed heeft op de waterspanning in de watervoerende laag kan de toekomstige stijghoogte in de watervoerende laag worden beoordeeld met geohydrologische analyse. Vervolgens kan de stabiliteit van de dijk worden uitgerekend met een grondmechanisch model.

Modellen

De geohydrologische modelering kan zowel analytisch als numeriek worden gedaan. De keuze van de modellering hangt af van het gewenste detailniveau. Voor een eerste indicatie of het toepassen van een DMC systeem zinvol is kan gedacht worden aan een analytisch model op basis van empirische formules.

Een analytische methode is zeer waardevol in het verkennen van bijvoorbeeld de relatie tussen het afvoerdebiet en de stijghoogte in de watervoerende zandlaag.

Voor een meer gedetailleerde uitwerking van het ontwerp is ook een groter detailniveau gewenst en moet eerder gedacht worden aan een numeriek model. Voorbeeld is een 2D berekening waarin gerekend kan worden met bijvoorbeeld het stationaire model MSeep of het niet-stationair model (het nog in ontwikkeling zijnde) DG-Flow of 2D-ModFlow/MicroFEM. Voor nog complexere situaties kan er gerekend worden met 3D modellen zoals het ModFlow, DG-Flow of eindige elementenmethoden MicroFEM, FE-Flow en Plaxis Flow.

Indien er al een lokaal grondwatermodel bekend is bij bijvoorbeeld het waterschap of vanuit eerdere opdrachten en er geen grote veranderingen in het studiegebied hebben plaatsgevonden, kunnen de gegevens van het model gebruikt worden in de geohydrologische analyse. Voorbeelden zijn het MOIRA model voor het waterschap Rivierenland of het IBRAHYM (Limburg), AMIGO (Oost Gelderland) of MIPWA (Noord Nederland).

Deze modellen zijn opgezet met een ander doel dan het berekenen van lokale stijghoogten. Voor dergelijke doeleinden is bijvoorbeeld zeer waarschijnlijk de gebruikte celgrootte veel te grof om goed gefundeerde conclusies mee te kunnen trekken. Deze modellen zijn dan ook ongeschikt om uitgebreide analyses mee te doen. Wel kunnen deze modellen een eerste idee geven van de lokale gegevens, bijvoorbeeld parameterwaarden als de doorlatendheid.

Modelopzet

Na de keuze van het model dat gebruikt gaat worden moet het model toepasbaar voor het studiegebied worden gemaakt. Onderdelen die daarbij belangrijk zijn bijvoorbeeld het gebruikte grid, de tijdstap, grondopbouw, randvoorwaarden, toevoeging en onttrekking van grondwater en de validatie en kalibratie van het model.

Een 3D modellering heeft de voorkeur boven andere modellen, omdat 3D effecten van het grondwater een belangrijk onderdeel zijn van een zo volledig mogelijke schematisering. Het water stroomt niet alleen van de rivierzijde naar de polderzijde, maar ook in de langsrichting van de kering. Met 3D modellering kan daarmee een meer realistische benadering van de stijghoogte met DMC model worden gemaakt.

Een uitgebreide analyse en beschrijving van relevante onderdelen voor het gebruik van geohydrologische modellen is te vinden in hoofdstuk 4 van TR

Drainagetechnieken (Niemeijer, Langhorst, van Meerten, van Meurs, & Meuwese, 2017)

Analyse

Bovenstaande overwegingen worden meegenomen om het studie gebied te schematiseren, waarna vervolgens op basis van ingevoerde gegevens de optredende stijghoogte kan worden berekend.

3.2.3 Geotechnische analyse

Het geotechnische onderzoek kan vervolgens worden gebruikt in de berekening voor de grenstoestanden van opbarsten en heave. Dit is bepalend voor de kritieke stijghoogte/ freatische lijn. De maximaal aanvaardbare stijghoogte wordt berekend op basis van het krachtenevenwicht tussen de opdrukkende (zand)laag en de tegenwerkende deklaag.

Er zijn vele empirische formules voor het berekenen van opbarsten en heave. Een uitgebreide beschrijving van de voorgeschreven berekening voor opbarsten en heave staat beschreven in het Technisch rapport Zandmeevoerende wellen (TAW, 1999). Een toegepast voorbeeld voor de locatie Veessen van een berekening voor opbarsten en heave ten behoeve van het DMC systeem is te vinden in het rapport van Spitse (2014).

Voor macrostabiliteit zijn er computerprogramma's beschikbaar die met behulp van analytische methoden een veiligheidsfactor berekenen. De veiligheidsfactor is een maat voor de stabiliteit die op basis van de ondergrondschematisatie, de toegekende grondparameters en de afmetingen van de dijk wordt bepaald. Een veelgebruikt programma is D-GeoStability. Het DMC systeem kan hierin geïmplementeerd worden door de verlaagde freatische lijn of stijghoogte die berekend is in de geohydrologische analyse in te voeren.

Tevens kan er met numerieke modellen een veiligheidsanalyse gedaan worden die het krachtenevenwicht berekent, bijvoorbeeld PLAXIS.

3.2.4 Vervolgstappen

Het geotechnische onderzoek is uitgevoerd om de de grondopbouw te schematiseren en de bijbehorende grenspotential te berekenen. Tezamen met het geotechnisch onderzoek is het geohydrologisch onderzoek uitgevoerd om de doorlatendheid en korrelverdeling van de relevante grondlaag te vinden. Resultaten uit beide onderzoeken zijn gebruikt in de geohydrologische en geotechnische analyse waarin de optredende stijghoogte of freatische lijn is bepaald voor maatgevende omstandigheden. Het verschil tussen het grenspotential en de optredende stijghoogte is de gewenste reductie van de stijghoogte en/of freatische lijn.

De gewenste reductie wordt in het programma van eisen opgenomen, waar vervolgens het ontwerp op wordt gebaseerd. Tevens is de schematisatie van het studiegebied de basis voor het ontwerp.

3.3 Programma van eisen

3.3.1 Inhoud

De probleemanalyse wordt omgezet in een programma van eisen. In het programma van eisen worden echter meerdere soorten eisen aan het systeem gesteld waar het

ontwerp aan moet voldoen. Dit zijn de gewenste stijghoogtereductie, waterveiligheidseisen, eis aan levensduur, omgevingseisen en gebruikerseisen (voor bijvoorbeeld beheer en onderhoud).

De gewenste reductie van stijghoogte en/of verlaging van de freatische lijn kan worden opgenomen als functionele eis. Door het als functionele eis op te nemen wordt er nog enige vrijheid gelaten om de gewenste verlaging te realiseren.

Het Programma van Eisen wordt over het algemeen opgesteld voordat wordt besloten tot het toepassen van het DMC systeem. Door een aantal specifieke eisen in het Programma van Eisen kan wordt besloten tot het toepassen van het DMC systeem als pipingmaatregel, omdat het goed bij deze eisen past (bijvoorbeeld omgevingseisen en levensduur). Het opstellen van het Programma van Eisen is daarom niet specifiek voor het ontwerpen van het DMC systeem. Voor een uitgebreide beschrijving van het programma van eisen wordt verwezen naar hoofdstuk 5 van de TR Drainageconstructies (Niemeijer, Langhorst, van Meerten, van Meurs, & Meuwese, 2017).

3.3.2 Vervolgstappen

Op basis van de omgeving en de gemodelleerde omstandigheden wordt het programma van eisen opgesteld. Het programma van eisen wordt gebruikt voor het ontwerpen van het DMC systeem op de gewenste locatie. Dit wordt in de volgende stap ontwerp gedaan.

3.4 Ontwerp

In het Programma van Eisen zijn de eisen waaraan het ontwerp moet voldoen vastgelegd. De functie van het DMC systeem is het reduceren van de stijghoogte en/of freatische lijn. Het DMC systeem kent een aantal variabelen waarmee het de gewenste afmetingen krijgt om de reductie te realiseren.

De specificering van het DMC systeem gebeurt in een aantal stappen. Net als het ontwerpproces worden deze stappen iteratief doorlopen. De stappen in het ontwerp zijn:

1. *Berekenen veiligheidsfactor*

Allereerst wordt er voor het ontwerp een veiligheidsanalyse gedaan voor de lokale omstandigheden. Uit de veiligheidsanalyse komt een schematiseringsfactor dat als een extra veiligheid voor het ontwerp geldt. De schematiseringsfactor moet worden gebruikt in het ontwerp van het systeem.

2. *Ontwerpen van het systeem*

Het DMC systeem wordt ontworpen voor de te realiseren stijghoogtereductie (inclusief schematiseringsfactor) aan de hand van de variabelen in het ontwerp.

3. *Ontwerpen van het monitoringssysteem*

Het DMC systeem werkt grotendeels autonoom en kan tevens op afstand bestuurd worden. Voor een goed inzicht in de dijk wordt als onderdeel van het ontwerp ook een monitoringssysteem geconstrueerd. Dit wordt ontworpen op basis van het ontwerp van het DMC systeem en het verwachte verloop van de stijghoogtelijn en/of freatische lijn.

4. Haalbaarheid ontwerp

In de voorgaande stappen is het DMC systeem ontworpen voor de gewenste stijghoogtereductie. In deze stap wordt beoordeeld of het DMC systeem aangebracht kan worden voor de ontworpen locatie. Mogelijk moet het ontwerp worden aangepast, omdat er een alternatieve locatie gekozen moet worden.

5. Inpassing gebied

Als laatste stap in het ontwerp moet het DMC systeem worden geplaatst in een groter (regionaal) watersysteem. De eigenschappen van het regionale watersysteem, zoals de maximale capaciteit, moeten worden afgestemd op het DMC systeem.

Het ontwerpen van een maatregel om de stabiliteit van een primaire kering te verhogen brengt risico's met zich mee. Het omgaan met onzekerheid wordt nog kort geagendeerd na het ontwerpen van de gebiedsinrichting.

3.4.1 Veiligheidsanalyse

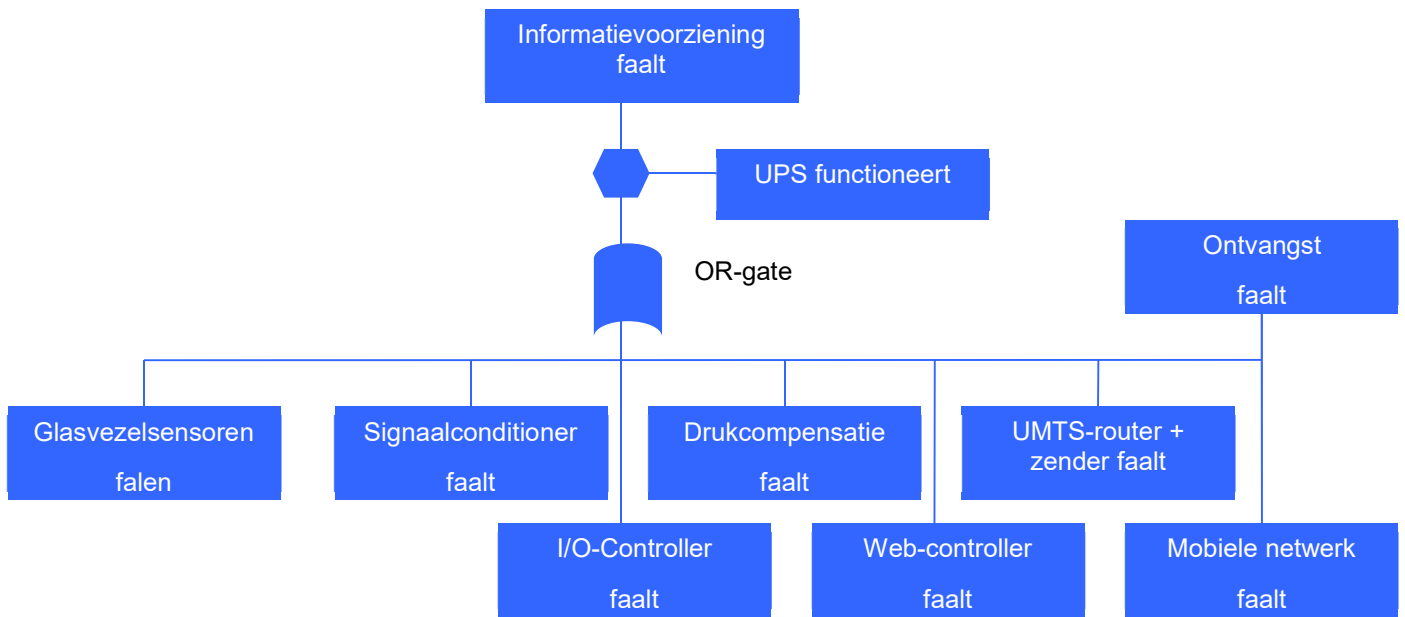
Onderdeel van het ontwerp is een veiligheidsanalyse waarmee een schematiseringsfactor wordt berekend. De veiligheidsanalyse is bedoeld om het ontwerp robuust te maken, en eventuele risico's te ondervangen met bijvoorbeeld beheer en onderhoud protocol of het aanpassen van het ontwerp.

Om de betrouwbaarheid van het DMC systeem te bepalen is een veiligheidsanalyse gedaan met behulp van foutenbomen en bijbehorende faalkansen (Paul, Bos, Wiering, & van der Hoeven, 2012). De analyse is gedaan volgens de faalwijzen en analysemethode (in Engels, Failure Mode and Effect Analysis, ofwel FMEA). Op basis van de FMEA is een foutenboomanalyse samengesteld. De foutenboomanalyse is gedaan volgens een analoge methode, zoals beschreven in bijlage B van de Leidraad Kunstwerken van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW, 2003). Tevens is voor de stochastische en booleaanse rekenregels de Fault Tree Handbook (Vesely, Goldberg, Roberts, & Haasl, 1981) van de U.S. Nuclear Regulatory Comission gebruikt.

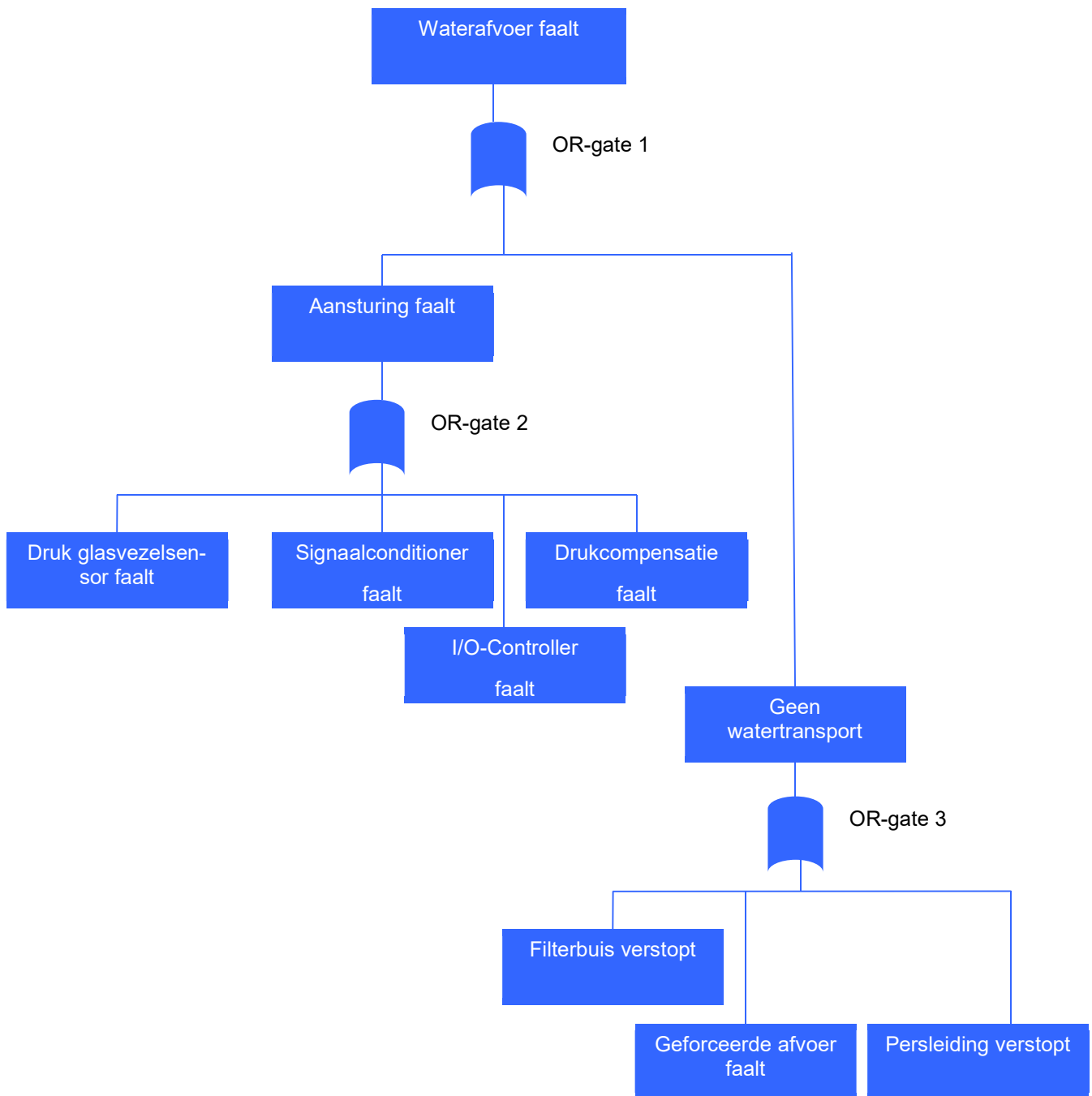
Als te vermijden topgebeurtenis (falen) geldt dat het DMC systeem geen water afvoert wanneer dat wel nodig is. Er zijn twee afzonderlijke gebeurtenissen die tot deze situatie kunnen leiden:

- De informatievoorziening over de toestand van de dijk faalt (informatie en alarmeringen worden niet doorgegeven, of niet tijdig of niet volledig).
- De waterafvoer faalt doordat het DMC systeem niet ingrijpt, niet tijdig ingrijpt of onvoldoende ingrijpt.

De foutenboom die gemaakt is voor deze twee gebeurtenissen is te zien in Figuur 3 en Figuur 4.



Figuur 3 Foutenboom falen informatievoorziening (Paul et al., 2012)



Figuur 4 Foutenboom falen waterafvoer (Paul et al., 2012)

De faalkansen die volgen uit de foutenboomanalyse zijn:

$$P_{f, \text{infovoorziening}} = 1.7 \cdot 10^{-4} / \text{uur}$$

$$P_{f, \text{waterafvoer}} = 3.4 \cdot 10^{-4} / \text{uur}$$

De faalkansen van beide top-gebeurtenissen worden in belangrijke mate bepaald door elektrische componenten. Deze worden op voorraad gehouden en zijn betrekkelijk snel te vervangen, zeker wanneer er onder kritische omstandigheden een onderhouds- en reparatieploeg in de buurt paraat gehouden wordt.

Opgemerkt moet worden dat de berekende faalkans is gedaan op basis van een ontwerp uit de pilot fase van het DMC systeem. Inmiddels zijn er meerdere veranderingen doorgevoerd die de faalkans verbeterd hebben (Koelewijn, 2013), zoals bijvoorbeeld de mogelijkheid in Veessen tot het afvoeren van water onder vrij verval en het toepassen van zelftesten om de capaciteit van het systeem te blijven garanderen.

Tevens betekent het falen van het DMC systeem niet direct het falen van de waterkering. Falen van de waterkering doet zich voor als onderstaande gebeurtenissen op enig moment gelijktijdig optreden:

- a) er een hoogwater optreedt
- b) het DMC systeem faalt
- c) reparatie van het DMC systeem zo lang duurt dat de reststerkte van de dijk onvoldoende is.

Ad a) Het DMC systeem wordt toegepast als een onderdeel van een dijk die zonder DMC systeem niet voldoet aan de geldende eisen en alleen tot een waterstand lager dan maatgevend hoogwater (MHW) voldoende veilig is. Het DMC systeem is slechts noodzakelijk om de hogere waterstand gedurende een voldoende lange tijd te kunnen keren. Dit is sterk situatieafhankelijk.

Ad b) Er zijn vele manieren waarop het DMC systeem kan falen, zoals hiervoor beschreven is. Dit is echter snel te detecteren, waarbij bovendien geldt dat onder kritische omstandigheden (d.w.z. situaties waarbij aan voorwaarde a) voldaan wordt) sprake kan zijn van een verhoogde paraatheid, tot aan het beschikbaar houden van een onderhouds- en reparatieploeg aan toe. Tevens is het DMC systeem aangepast door regelmatig autonome testen toe te passen wat de faalkans reduceert. Daarbij kunnen noodmaatregelen reeds een deel van de mogelijke risico's verkleinen.

Ad c) Wanneer aan beide voornoemde voorwaarden voldaan wordt, zal falen niet instantaan optreden: een faalmechanisme moet zich kunnen ontwikkelen. Bij het faalmechanisme piping moet zich eerst een pipe ontwikkelen die vervolgens 'geruimd' moet worden, terwijl bij het faalmechanisme 'macrostabiliteit binnenwaarts' eerst het dijklichaam voldoende verzadigd moet raken. Dit kost enige tijd. In deze tussentijd zorgt de filterbuis onder vrij verval voor de verlaging van de stijghoogte ook als schakelkast faalt. Dit verhoogd de stabiliteit van de dijk, ook als het systeem faalt.

In zijn algemeenheid kan geconcludeerd worden dat het lastig is om de werkelijke faalkans van het systeem te bepalen, omdat de faalkans in hoge mate afhankelijk is van de interactie van het DMC systeem met de omgeving (dijklichaam/ ondergrond). (Paul, Bos, Wiering, & van der Hoeven, 2012). Het is wel mogelijk om de faalkans te bepalen voor concrete gevallen. Op basis van de algemene faalkansanalyse is het wel aannemelijk dat het DMC systeem kan voldoen voor deze concrete gevallen.

3.4.2 Variabelen in het ontwerp

Voor het ontwerp van het locatie specifieke DMC systeem zijn er vier variabelen die het uiteindelijke ontwerp van het DMC systeem bepalen. De variabelen in het ontwerp zijn de afvoercapaciteit, de lengte van de filterbuis, locatie van de filterbuis en de filteropbouw. Als laatste moet het lokale afwateringsysteem worden ingericht op de afvoercapaciteit van het DMC systeem.

Locatie van de filterbuis

De locatie van de filterbuis wordt bepaald door de waterspanning, boorbaarheid, verhang van de buis, boorlijn en omgevingsfactoren. Indien er meerdere filterbuizen worden aangelegd dient ook de afstand tussen de filterbuizen ontworpen te worden.

Stijghoogtelijn

De locatie van de buis is afhankelijk van de locatie waar een verlaging van de waterspanning gewenst is en waar het fysiek mogelijk is om een DMC systeem te installeren. Deze locatie wordt bepaald op basis van modelering van het systeemgebied. Dit wordt gedaan door het DMC systeem in het opgezette grondwatermodel te implementeren.

Tot op het moment van schrijven is dit alleen gedaan voor het model ModFlow voor de het ontwerp van het DMC systeem in Veessen (van der Linden, 2014). In het rapport zijn twee methoden toegepast voor het modelleren van het DMC systeem:

1. *Onttrekking van een vast debiet*

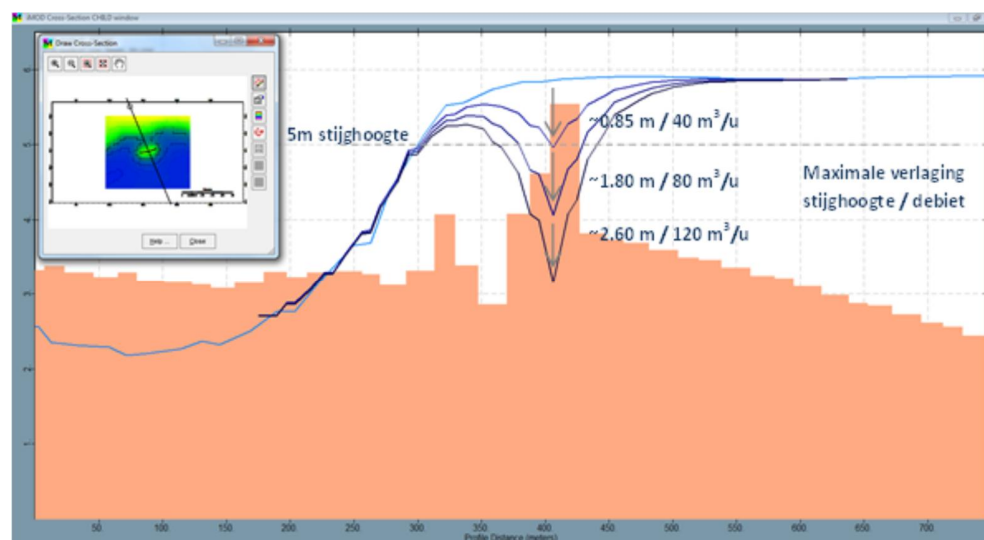
Op de gewenste locatie in het studiegebied wordt een vaste onttrekking geschematiseerd met bijbehorend debiet.

2. *Een drainage met buisdoorlatendheid (conductance) op een constant drainageniveau*

Op de gewenste locatie in het gebied wordt een filterbuis aangebracht met een bepaalde doorlatendheid. Op deze manier wordt het DMC systeem dus als drain gemodelleerd. De doorlatendheid van de buis in combinatie met de doorlatendheid van de ondergrond resulteert in een ontrekkingsdebiet in het studiegebied. Nadeel van deze methode is dat het drukverschil in de buis niet kan worden meegenomen.

Voor beide toepassingen geldt dat de resultaten bevredigend waren voor de modellering van een DMC systeem op een projectlocatie. Voor de uiteindelijke keuze voor een schematisering in een model wordt aanbevolen een gevoeligheidsanalyse te doen, om de effecten van het DMC systeem op de stijghoogtes goed in beeld te brengen.

In Figuur 5 is een 2D dwarsdoorsnede van een geohydrologische schematisatie door de onttrekking van een vast debiet in een geschematiseerde cel in het model. Het is ook mogelijk een dergelijke schematisatie te maken voor meerdere locaties worden gemaakt. Op deze manier kan het benodigde debiet voor meerdere locaties worden bepaald.



Figuur 5 Resulterende stijghoogte in dwarsdoorsnede voor het DMC systeem te Veessen (van der Linden, 2014)

De gevoeligheidsanalyse geeft tevens een indicatie van de betrouwbaarheid van de DMC modellering en daarmee de te verwachten grenstoestanden van de stijghoogte/freatische lijn met DMC systeem.

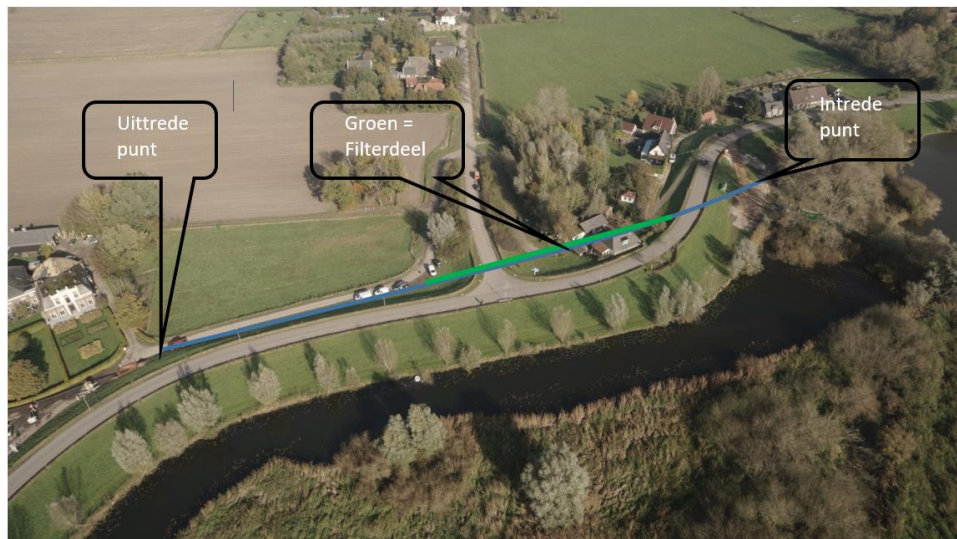
Na de realisatie is het in het kader van de beoordeling van de kering inclusief DMC systeem nodig om te evalueren of het DMC systeem aan de verwachtingen voldoet. Dit wordt gedaan door het monitoren van de stijghoogte en de relatie met het afgevoerde debiet.

Overig

De diepte van de buis is afhankelijk van de lokale bodemopbouw. De filterbuis moet geïnstalleerd worden in het watervoerende pakket, omdat het water uit deze laag zorgt voor opbarsten en heave.

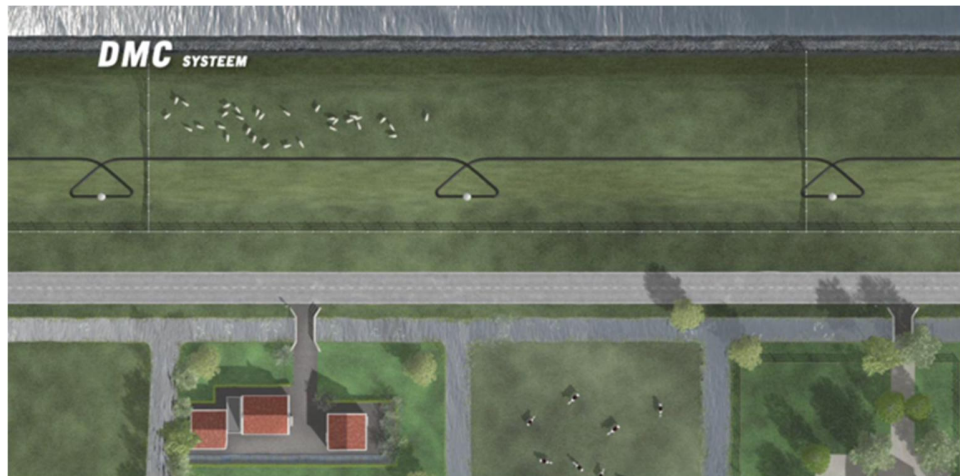
Boorlijn

De boorlijn is de lijn van het intredepunt tot het uittrede punt van de boorkop. Er dient voldoende ruimte aanwezig te zijn voor de uitvoering van het werk. Een voorbeeld van een boorlijn is te zien in Figuur 6.



Figuur 6 Boorlijn zoals gehanteerd bij de installatie van DMC Veessen

Indien er meerdere filterbuizen worden toegepast moet er rekening worden gehouden met de aansluiting van de filterbuizen op de afvoerput. De filterbuizen sluiten namelijk aan op dezelfde afvoerput, zoals is geschetst in Figuur 7. De ruimte tussen twee opeenvolgende afvoerputten moet dus kleiner zijn dan de maximale afstand, door de aansluiting op de afvoerput.



Figuur 7 Meerdere filterbuizen

Omgevingsfactoren

De omgevingsfactoren zijn bijvoorbeeld de aanwezigheid van bebouwing, kabels en leidingen en de inrichting van het werkterrein voor de uitvoering.

Afvoercapaciteit

De benodigde afvoercapaciteit van het DMC systeem wordt bepaald door een combinatie van de gewenste verlaging van de stijghoogte of freatische lijn, de doorlatendheid van het watervoerende pakket, de stromingsweerstand en de geforceerde afvoercapaciteit.

Op basis van de benodigde afvoercapaciteit wordt een diameter van de buis ontworpen. Een deel van het water zal worden afgevoerd door de drainerende eigenschappen van de filterbuis. De resterende capaciteit die nodig is voor de waterafvoer zal door de geforceerde afvoer worden gedaan.

De interne weerstand van de buis wordt berekend met behulp van de methode van Darcy Weisbach. Deze methode is bijvoorbeeld toegepast in het softwarepakket van Pipe Flow Professional. Met behulp van het model, de lokale omstandigheden (waaronder doorlatendheid) en de gewenste afvoercapaciteit onder vrij verval kan berekend worden of diameter van de buis geschikt is, en welke capaciteit de geforceerde afvoer moet hebben.

Lengte van de filterbuis

De lengte van de filterbuis is afhankelijk van de omstandigheden in situ en de lengte van het te versterken traject. De lengte van de filterbuis kan variëren tussen 150 en 300 meter. Mocht het traject dat uitgekozen is om DMC toe te passen effectief langer zijn dan 300 meter, moeten er meerdere filterbuizen aangebracht worden.

De maximale lengte van 300 meter is voornamelijk ingegeven vanuit praktisch oogpunt. Langere buizen vallen buiten het standaard assortiment waarbij ook de installatie moeilijker wordt. Het is daarom makkelijker om 2 buizen achter elkaar te installeren dan 1 lange buis.

Filteropbouw

De filteropbouw bestaat uit de filterbuis en een zandomstorting of filtergrind. De combinatie van deze twee variabelen bepaalt de doorlatendheid van het filter. De filteropbouw is afhankelijk van de ondergrondlagen die aanwezig zijn. De

doorlatendheid van het watervoerende pakket bepaalt de maximale stroomsnelheid van het grondwater, en daarmee de afvoercapaciteit van de filterbuis.

De zandomstorting of filtergrind is bedoeld om het instromende water vanuit de omgeving te zuiveren van vervuiling en fijn zand uit de omgeving. Dit voorkomt een verstopping van de filterbuis. Aandachtspunt bij het ontwerp is de grootte van de zandomstorting of het filtergrind. Een te grote package en filterspleetwijdte kan zorgen voor zandlevering. Dit betekent dat er potentieel hoge stroomsnelheden bereikt kunnen worden als er een grote afvoer bereikt wordt. De hoge afvoer spoelt het fijne zand van de zandomstorting of filtergrind uit, wat leidt tot meer onderhoud aan het filter.

Om de zandlevering te minimaliseren moeten normen worden gehanteerd die de stroomsnelheid op boorgatwand moeten minimaliseren. Als de stroomsnelheid boven de norm komt is er een hoog risico op zandlevering. De vergelijking waarmee het veilige maximale debiet voor de boorgatdikte met zandomstorting of filtergrind wordt berekend met de aangepaste formule van Sichardt (Rothuizen, 2014).

Lokaal watersysteem

Het water dat door het DMC systeem wordt afgevoerd komt uiteindelijk via de afvoerput in het lokale watersysteem terecht. Bij het lokale watersysteem kan gedacht worden aan binnendijkse afwateringssloten etc. Er moet beoordeeld worden of het regionale systeem voldoende capaciteit heeft om het geloosde water af te kunnen voeren gedurende maatgevende omstandigheden. Indien het lokale watersysteem niet voldoende afvoercapaciteit heeft, kan er ook voor gekozen worden om het water uit het DMC systeem buitendijks te lozen.

3.4.3 Monitoringsysteem

Onderdeel van het ontwerp is het inrichten van het monitoring systeem dat vervolgens wordt ontsloten in een online database. Het monitoring systeem verzamelt informatie over de werking van het DMC systeem en tevens verzamelt de monitoring informatie over de actuele toestand (stijghoogtes, hoogte freatische lijn) van de kering. Als laatste is een goed monitoringssysteem belangrijk voor de informatieverzameling in de beoordeling (zie hoofdstuk 7).

De standaard monitoring die bij de werking van het DMC systeem hoort bestaat uit een sensor voor stijghoogte in de DMC buis en een debietmeter bij de afvoerpomp en een debietmeter bij de afvoerput. Deze onderdelen worden reeds in de fabriek geïnstalleerd.

Het is aanbevolen om naast de 'standaard' monitoring ter validatie ook tenminste één peilbuis te plaatsen. De locatie van de peilbuizen moet bepaald worden op basis van het ontwerp. Het is belangrijk dat de locatie van de peilbuizen binnen het invloedsgebied wordt gesitueerd. De locatie kan worden geoptimaliseerd op basis van de geohydrologische analyse. Naast de validatie kan deze peilbuis tevens gebruikt worden om het DMC systeem handmatig in te schakelen in geval de automatische inschakeling faalt. De peilbuis dient daarom in de watervoerende laag geïnstalleerd te worden waar ook het DMC systeem voor ontworpen is.

Het is tevens aanbevolen om een peilbuis buiten het invloedsgebied te plaatsen voor de validatie van stijghoogte/ freatische lijn van de sensoren in het invloedsgebied. Tevens kan de werking van het DMC systeem gevalideerd worden, omdat het verloop van de stijghoogte/ freatische lijn van de sensoren buiten het invloedsgebied kan worden vergeleken met het verloop van de stijghoogte/ freatische lijn in het

invloedsgebied. Deze peilbuis wordt in de maatgevende watervoerende laag geïnstalleerd.

Het totaal aantal peilbuizen dat ter monitoring en referentiemeting in het projectgebied wordt geïnstalleerd is afhankelijk van de lokale omstandigheden. Het is aanbevolen om tenminste één peilbuis in het beïnvloedingsgebied te installeren en tenminste één buiten het beïnvloedingsgebied.

De locatie van de peilbuizen kan tevens gebaseerd worden op de verwachte stijghoogtelijnen in het studiegebied. In de TR Waterspanningen kan meer informatie worden gevonden over de verwachte stijghoogtelijnen (ENW, 2004).

3.4.4 Haalbaarheid ontwerp

In de voorgaande stappen is bepaald of het DMC systeem de stabiliteit van de dijk kan verhogen, gelet op het kritieke faalmechanisme. De laatste stap in de haalbaarheid van het ontwerp is bepalen of het systeem ook geïnstalleerde kan worden, gelet op de ondergrond en omgeving. Om dit te bepalen wordt geotechnisch onderzoek uitgevoerd.

Het geotechnische onderzoek voor de installatie richt zich op de uitvoerbaarheid van de gewenste installatiemethode. Het geotechnisch onderzoek voor de installatie wordt uitgevoerd rond de verwachte boorlijn voor de installatie van het DMC. Het geotechnische onderzoek is bedoeld om de uitvoerbaarheid en locatie van het DMC systeem nader te bepalen.

Aspecten geotechnische analyse

De geotechnische analyse wordt uitgevoerd op de projectlocatie om een beeld te krijgen van de ondergrond. Het fysieke grondonderzoek moet voldoen aan de geotechnisch geldende protocollen:

- NEN-EN-ISO 22476-1 elektrisch sonderen (NEN, 2013) met Correctieblad C1 (2012/2013)
- NEN-EN-ISO 22475-1/C11 (NEN, 2010) voor boringen

Als richtlijn kan worden aangehouden dat maximaal om de 200 meter een meting (boring/ sondering) dient te worden uitgevoerd, gelet op de uitvoeringsaspecten. Daarbij is de aanvullende eis dat er zowel aan de uittrede- als aan de intredezijde een meting wordt uitgevoerd. Extra metingen kunnen nodig zijn afhankelijk van de variatie van de ondergrond.

De locatie van de metingen heeft eisen in zowel de diepte als de afstand tot het buistracé. De diepte van de metingen dienen de maximale diepte van de horizontaal gestuurde boring (HDDW) met minimaal 3 tot 5 meter te overschrijden. Dit geeft de vrijheid om de buis iets dieper aan te leggen indien dit wenselijk is, of indien dit nodig is in verband met de boorbaarheid van de grond. Met behulp van boringen en sonderingen.

De afstand van de metingen tot de boorlijn dient niet geringer dan 10 meter en niet groter dan 25 meter aan weerszijden van de boorlijn te zijn, afhankelijk van de omstandigheden. De afstand van de boringen en sonderingen is om te voorkomen dat door de hoge druk de boorvloeistof door de (voormalige) boorgaten naar boven wordt gedrukt.

Boorbaarheid

Uit de geotechnische analyse blijkt de grondopbouw ter hoogte van de boorlijn. Het aanbrengen van de filterbuizen van het DMC systeem wordt gedaan met behulp van

een horizontaal gestuurde boring (Horizontal Directional Drilled (Well), ofwel HDD(W)). Niet alle ondergrond is geschikt voor een HDD(W). Grind en uniform zand zijn voorbeelden van grondtypen die slecht stuurbaar zijn. De boorbaarheid is afhankelijk van de stuurbaarheid, grondtype, korrelvorm, korrelgrootte, hardheid, aanwezigheid obstakels, stenen etc. Per locatie wordt een inschatting gemaakt wat de beste boorlijn is.

Conclusie haalbaarheid ontwerp

Op basis van de stappen in de haalbaarheid van het ontwerp is het mogelijk dat er voor een alternatieve locatie van het DMC systeem wordt gekozen omdat het systeem op die locatie beter geïnstalleerd kan worden.

Indien het ontworpen DMC systeem niet kan worden geïnstalleerd volgens de standaard methode zijn er twee opties. De eerste optie is om een alternatieve installatiemethode te kiezen.

Indien het DMC systeem niet de gewenste stijghoogte en/of freatische lijn kan verlagen op een alternatieve locatie en het systeem niet geïnstalleerd kan worden op de ontworpen locatie, moet gekeken worden naar alternatieve methoden om de stabiliteit van de dijk te verhogen.

3.4.5 Inpassing gebied

Naast de variabelen in het ontwerp van het DMC systeem moeten er ook enkele noodzakelijke randzaken worden ontworpen. Zo moet de schakelkast in het projectgebied worden geïnstalleerd. En moet specifiek worden gekeken naar de afvoercapaciteit van het lokale watersysteem

3.4.6 Omgaan met onzekerheid

Het ontwerpen van een DMC systeem wordt gedaan voor de komende 50 tot 100 jaar. Voor het ontwerpen voor een maatregel tegen piping, macrostabiliteit en microstabiliteit zijn onzekerheden in het ontwerp. Een aantal belangrijke onzekerheden zijn de ondergrondschematisatie (geotechnisch onderzoek en WBI-SOS), geohydrologische modelonzekerheid, kennisontwikkeling in hydraulische randvoorwaarden en de onzekerheid over de benodigde capaciteit van het DMC systeem wat samen hangt met de geohydrologische modelonzekerheid en een veranderende MHW. Een uitgebreide analyse voor het omgaan met algemene onzekerheden is opgenomen in hoofdstuk 5 van de TR Drainageconstructies (Niemeijer, Langhorst, van Meerten, van Meurs, & Meuwese, 2017).

De onzekerheden kunnen tot een minimum beperkt worden, maar zijn moeilijk volledig weg te nemen. De onzekerheden voor het DMC systeem kunnen worden meegenomen door het systeem met een overcapaciteit te ontwerpen voor zowel de filterbuis, geforceerde afvoer en het lokale watersysteem.

De mate van overcapaciteit is afhankelijk van de mate van onzekerheid in het ontwerp, en de capaciteit van de buis (diameter van de filterbuis, doorlatendheid ondergrond en geforceerde afvoer).

3.4.7 Vervolgstappen

In de stap 'Ontwerp' is het DMC systeem ontworpen op basis van het Programma van Eisen en de probleemanalyse. In de volgende stap wordt de effectiviteit van het ontworpen DMC systeem op de stijghoogte en/ of freatische lijn beoordeeld. Daarbij wordt getoetst of de gewenste (stijg)hoogtereductie gehaald wordt.

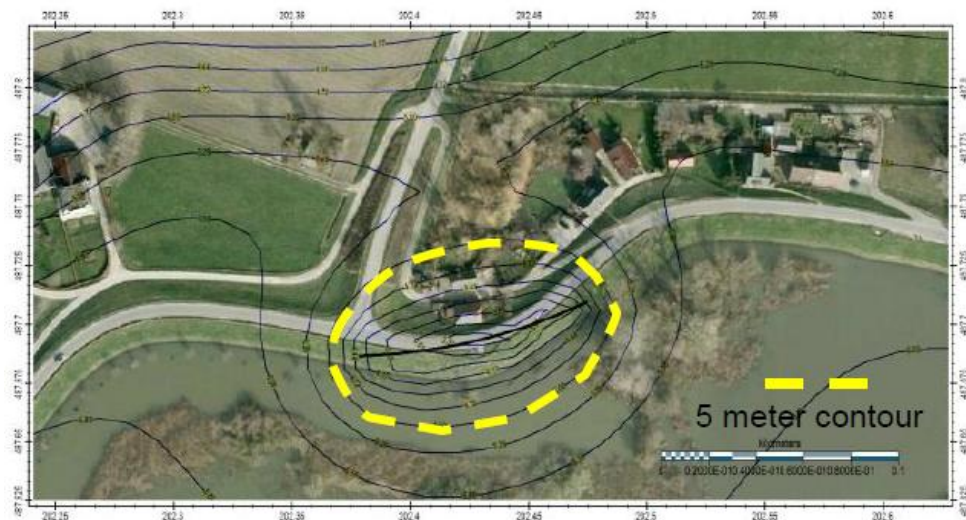
3.5 Effect beoordeling

Vooraf is een kritische stijghoogte gedefinieerd. Het installeren van het DMC systeem zorgt ervoor dat de stijghoogte op een bepaalde locatie wordt verlaagd. Bij de effect beoordeling wordt beoordeeld of de vooraf gewenste stijghoogteverlaging ook gerealiseerd wordt met behulp van het ontworpen DMC systeem (in de voorgaande stappen).

3.5.1 Modelling

Het effect wordt beoordeeld met behulp van geohydrologische modellering. De modelering is gelijk aan de modelering als behandeld in paragraaf 3.2.

In Figuur 8 is als voorbeeld van de effectbeoordeling een 3D effect van de stijghoogte te zien. De 5 meter contour lijn laat zien waar de stijghoogte 5 meter is. Richting het DMC systeem neemt de stijghoogte af. De eerste contourlijn van de DMC buis af laat nog een hogere stijghoogte zien, daarna neemt de stijghoogte af.



Figuur 8 Stijghoogte Contourlijnen bij onttrekking door het DMC systeem van 120 m³/s te Veessen (van der Linden, 2014)

In Figuur 8 is te zien dat de stijghoogte niet alleen beïnvloed wordt ter hoogte van het DMC systeem, maar een groter ruimtelijk effect heeft zowel in 2D als 3D richting. De grootte van het beïnvloedingsgebied is afhankelijk van de capaciteit van het systeem en de doorlatendheid van de ondergrond in zowel horizontale richting van de watervoerende laag (kD) als verticale richting van de semi permeabele laag (c). Een grotere doorlatendheid zorgt voor een groter beïnvloedingsgebied.

Indirect zal de capaciteit van het DMC systeem mede bepaald worden door de doorlatendheid. Dit wordt indirect gedaan, omdat dit in de modelmatige schematisatie zit door de stijghoogtes die ontstaan in de schematisatie, en de benodigde capaciteit die nodig is om de stijghoogte onder het gewenste niveau te houden bij maatgevende omstandigheden.

3.5.2 Vervolgstappen

Het ontwerp is gereed indien uit de modelering blijkt dat de gewenste stijghoogtereductie wordt bereikt met het ontworpen DMC systeem. Tevens moet

worden voldaan aan de overige eisen die zijn opgenomen in het programma van eisen. Indien wordt voldaan aan al de eisen is het ontwerp uitvoeringsgereed, zie volgende paragraaf.

Als niet wordt voldaan aan de eisen uit het programma van eisen wordt de ontwerpcirkel opnieuw doorlopen, waarin specifiek wordt gelet op de ontbrekende eisen.

3.6 Uitvoeringsgereed ontwerp

De afzonderlijke variabelen van het DMC systeem voor het ontwerp zijn vastgesteld op basis van de geotechnische en geohydrologische analyse en kunnen uiteindelijk worden samengevoegd tot een uitvoeringsgereed ontwerp. In deze stap worden de uiteindelijke technische tekeningen gemaakt.

In het uitvoeringsgereed ontwerp wordt, naast het ontworpen DMC systeem, de installatiemethode voor het specifieke projectgebied gemaakt op basis van de algemene methode.

Een voorbeeld van een uitvoeringsgereed ontwerp is gegeven van het DMC systeem in Veessen, deze is te vinden in bijlage II.

3.6.1 Vervolgstappen

In de stap uitvoeringsgereed ontwerp wordt het ontwerp verder uitgewerkt in tekeningen zodat het systeem kan worden aangelegd. Als het uitvoerings gereed ontwerp voltooid is kan het DMC systeem geïnstalleerd worden.

3.7 Risicoanalyse ontwerpfase

Er is een risicoanalyse opgesteld voor de RISMAN methodiek voor de installatiefase. De risicoanalyse met geformuleerde beheersmaatregelen is te zien in Tabel 1.

Tabel 1 RISMAN analyse ontwerpfase DMC systeem

RISMAN	Oorzaak	Gebeurtenis	Gevolg	Beheermaatregel
RISICO-INVENTARISATIE ONTWERPFASE				
	Er zijn verkeerde (model)berekeningen uitgevoerd	Het systeem blijkt onvoldoende afvoercapaciteit te hebben	De drainageconstructie voldoet niet aan de functionele eis.	-Check op gebruikte gegevens MHW -Externe review op geohydrologische berekening

4 Technische aspecten installatie

De ontwerpfase heeft een uitvoeringsgereed ontwerp van het DMC systeem opgeleverd die toegepast kan worden bij de projectlocatie. In paragraaf 4.1. worden de uitvoeringsaspecten van het DMC systeem geagendeerd. In paragraaf 4.2. wordt het testen van het functioneren kort behandeld en in paragraaf 4.3. wordt de acceptatie door de opdrachtgever benoemd. Ten slotte zijn ook voor de installatiefase de belangrijkste algemene risico's volgens de RISMAN methodiek geïdentificeerde in paragraaf 4.4.

4.1 Uitvoeringsaspecten

In de toepassing van het DMC systeem tot zover, is het DMC systeem geïnstalleerd met behulp van Horizontaal gestuurde boring (HDDW). Onderstaande tekst is daarom gebaseerd op de uitvoering met HDDW. Dit is echter ook mogelijk met behulp van een 'normale' boring methode als bijvoorbeeld HDD.

4.1.1 Boring

Voor de installatie met HDDW worden de volgende fasen vijf fasen onderscheiden:

1. Pilot boring
2. Ruimen boorgat
3. Intrekoperatie
4. Uittrekoperatie
5. Schoonmaken filterbuis

Voor de uitvoeringsaspecten wordt het werkterrein, het ruimen van het boorgat, het ontwikkelen van het filter en het aan- en afvoeren van het water besproken.

Pilot boring

In de eerste fase wordt er een pilotboring gedaan. Tijdens de pilotboring zal met behulp van een boorkop een eerste gat gemaakt worden. Samen met het boren wordt een boorvloeistof in het boorgat gespoten om het gat open en stabiel te houden.

Ruimen het boorgat

Na de eerste boring wordt bij het uittredepunt de ruimer aan de boorstreng gekoppeld. De ruimer wordt vervolgens roterend terug naar het intredepunt getrokken. Ook bij het ruimen van het boorgat wordt boorvloeistof vanaf de boorstelling door de boorstreng en via de ruimer in het boorgat gespoten. Door het heen en weer trekken van de ruimer wordt het boorgat steeds groter gemaakt.

Intrekoperatie

Als het boorgat groot genoeg is wordt de mantelbuis met daarin de filterbuis aan de trekkop vastgemaakt. Op deze manier wordt de filterbuis in het boorgat getrokken.

Uittrekoperatie

Na het intrekken van de mantelbuis wordt deze weer uit het boorgat getrokken, terwijl er op hetzelfde moment zand rond de filterbuis wordt gespoten. Op deze manier is het mantel verwijderd en is er een zandfilter rond de filterbuis aangebracht. Het zand wordt rond het filter aangebracht door een zogenoemde 'spoeikop' op de mantelbuis

te monteren. De spoelkop zorgt ervoor dat zand en drillgrout in het boorgat aangebracht kan worden.

Schoonmaken filterbuis

Na het aanbrengen van het zandomhulsel of grindomhulsel wordt het filter schoon gemaakt. Hierbij wordt onder hoge druk water ingespoten en wordt de boorvloeistof afgevoerd.

Een ander voorbeeld voor het schoonmaken van het filter is het gebruik van een trilnaad in combinatie met een pomp.

4.1.2 Aan- en afvoer van water

Tijdens de installatie van het DMC systeem is zoet water nodig voor de boorvloeistof en voor het schoonspuiten van het filter. Het water dat gebruikt wordt is afkomstig van oppervlaktewater binnen- of buitendijks.

Na het gebruik van het water bevat het water boorvloeistof waardoor het niet zomaar terug geloosd kan worden op oppervlaktewater. Het gebruikte water wordt daarom eerst via een aantal containers geleid om de boorvloeistof zoveel mogelijk te laten bezinken. Vervolgens wordt het oppervlaktewater nog langs een aantal zuiveringscontainers gevoerd waarna het gereed is om op het oppervlaktewater te lozen.

4.1.3 Werkterrein

Voor de uitvoering van het werk is materiaal en materieel nodig. Een voorbeeld van het benodigde materieel is de (Leeuwestein & Rothuizen, 2014):

- 27 tons boorstelling
- recycling unit
- mix unit
- hoge druk pomp
- BBA-pompen
- Voorraad water
- Voorraad bentoniet
- vloeistof dichte bak
- diesel tank
- aggregaat
- Mobiele graafmachine

Voor het HDDW is nog aanvullend materieel nodig (Leeuwestein & Rothuizen, 2014):

- Slurry pompen
- FMC pomp
- Hopper (grout)
- Bronneringspomp
- Hopper (zand)
- diesel tank
- aggregaat
- BBA tank
- Voorraad zand
- Voorraad drillgrout

Een voorbeeld van de indeling van het werkterrein is opgenomen in bijlage III. De hoeveelheden die nodig zijn voor de installatie is afhankelijk van de grootte van het DMC systeem dat wordt geïnstalleerd.

4.2 Testen van functioneren

4.2.1 Capaciteitentest

De capaciteit van de filterbuis wordt getest na het ontwikkelen van het filter. Het controleren van het functioneren gebeurt door de pomp of in te schakelen. Vervolgens

kan via de online database het effect van het DMC systeem worden gezien bij de debietmeting in de buis.

Tevens kan het effect van het DMC systeem op de stijghoogte in de invloedszone worden bekeken. Na het moment van het inschakelen van het DMC systeem moet er, al dan niet met vertraging, een verlaging waarneembaar zijn in de stijghoogte.

4.2.2 FAT en SAT test

Voordat het besturingssysteem de fabriek verlaat wordt een FAT (Factory Acceptance Test) uitgevoerd om de samenhang van de componenten in de kast in relatie tot de software te laten testen.

Na de installatie wordt er een SAT (Site Acceptance Test) gedaan. Tijdens de SAT wordt het besturingssysteem getest in combinatie met in het veld aangebrachte onderdelen. Indien de test succesvol is afgerond kan het systeem overgedragen worden aan de eigenaar.

4.3 Acceptatie door opdrachtgever

Na de installatie van het DMC systeem en het testen van het functioneren wordt het beheer en onderhoud overgedragen aan de dijkbeheerder. Bij de acceptatie hoort de overdracht van het opleveringsdossier. In het opleveringsdossier zitten alle relevante documenten van het geïnstalleerde DMC systeem. Daarin bevinden zich onder andere de gebruikershandleiding, de revisietekeningen en de installatietekening.

Indien het wenselijk wordt geacht kan de opdrachtgever aanwezig zijn bij de FAT en SAT zoals beschreven in paragraaf 4.2. Indien de testen in het bijzijn van de opdrachtgever is goedgekeurd kan het DMC systeem overgedragen worden.

4.4 Risicoanalyse installatiefase

Er is een risicoanalyse opgesteld met de RISMAN methodiek voor de installatiefase. De risicoanalyse met geformuleerde beheersmaatregelen is te zien in Tabel 2.

Tabel 2 RISMAN analyse installatiefase DMC systeem

RISMAN	Oorzaak	Gebeurtenis	Gevolg	Beheermaatregel
RISICO-INVENTARISATIE UITVOERINGSFASE				
	Verontreinigde bodem	Er wordt een bodemverontreiniging aangetroffen op de projectlocatie	Vertraging en extra kosten	-Uitvoeren van een gedegen historisch onderzoek en bodemonderzoek
	Obstakels in de ondergrond	De boring stuit op een obstakel	Boring kan niet worden voltooid. Aanpassing van boortracé is noodzakelijk	-Uitvoeren van een gedegen historisch onderzoek en bodemonderzoek -Onderzoeken van de mogelijkheid tot een aangepast boortracé.
	Vandalisme	Er wordt schade toegebracht aan materieel of materiaal	Herstelkosten	-Inzetten van (camera)bewaking bij de boorequipment.
	Onverhoopte beschadiging bebouwing	Door de werkzaamheden treden er beschadigingen op aan nabijgelegen bebouwing	Beschadigingen moeten hersteld worden of de bewoners gecompenseerd	-maken van een zettingsberekening om de veilige afstand van bebouwing te bepalen. -Uitvoering van een nulmeting om de staat van aanwezige bebouwing voor de werkzaamheden vast te stellen en zodoende effecten nadien te kunnen bepalen of uit te sluiten.
	Situatie eigendom ondergrond is niet duidelijk	constructie wordt geïnstalleerd over/in grond dat in eigendom is van derden	Er dient overleg gevoerd te worden met de eigenaar en er dient een recht van opstal gevestigd te worden	-Goede inventarisatie eigendomssituatie -Overleg met eigenaren van aanliggende gronden.
	Er wordt geen vergunning versterkt voor aanleg (watervergunning of omgevingsvergunning)	Bevoegd gezag legt het werk stil	Uitstel of afstel van uitvoering	-Vanaf ontwerpface overleg voeren met bevoegd gezag
	Het project loopt vertraging op	Het werk is niet afgerond voor start van het stormseizoen (veelal 1 oktober tot 1 april)	Er dient te worden gewerkt in het stormseizoen	-Intensief overleg met dijkbeheerder aangaande de planning van het werk -Plan van aanpak voor mitigerende maatregelen.
	Onvoldoende overleg met eigenaar van nabij gelegen grond	Geen toestemming om materieel op grondgebied van derden te stallen	Beoogde opstellingen en/of werkterrein niet mogelijk	-Goede inventarisatie eigendomssituatie -Overleg met eigenaren van aanliggende gronden.

5 Omgevingsaspecten installatie

Toepassing van het DMC systeem heeft invloed op de omgeving. De omgeving bestaat uit de fysieke projectomgeving en de daarin aanwezige personen of organisaties met hun belangen. De manier hoe hiermee om te gaan heet omgevingsmanagement. Rijkwaterstaat (2009) omschrijft het omgevingsmanagement als het scheppen van fysiek-ruimtelijke en bestuurlijk-maatschappelijke condities in de omgeving om tot een voorspoedige en beheerste realisatie van een afgebakend project te komen. Het omgevingsmanagement is een continue proces, dat loopt van de plan fase tot en met de uitvoering en nazorgfase. We onderscheiden grofweg twee hoofdactiviteiten: stakeholdermanagement en conditionering.

5.1 Stakeholdersmanagement

Stakeholdersmanagement richt zich op de belanghebbende personen of organisaties (stakeholders) in de omgeving van de projectlocatie. Belangrijk daarbij is de mate waarin zij in hun belangen geschaad of juist tegemoet gekomen worden. Het laatste is in deze niet uit te sluiten omdat het DMC systeem wordt toegepast met het doel de omgeving veiliger te maken. Voorafgaand aan het project wordt in kaart gebracht op welke stakeholders het toepassen van het DMC systeem invloed heeft en wat hun belangen zijn.

5.1.1 Omwonenden

Het DMC systeem wordt veelal toegepast in gebieden waar weinig fysieke ruimte is voor versterkingsalternatieven, zoals bebouwd gebied. Het ligt dan ook vaak langs of onder bebouwing, zoals woningen. Dat maakt de omwonenden een belangrijke groep stakeholders. De omwonenden hebben een sterk, gedeeld belang bij waterveiligheid in hun omgeving. Zij zullen nut en noodzaak van dijkversterking ook vaak erkennen. Desondanks blijven er mogelijk bezwaren tegen de realisatie van het systeem door bijvoorbeeld verwachte hinder en/of schade als gevolg. Vormen van mogelijke hinder zijn:

- aantasting van kwaliteit eigendommen tijdens realisatie;
- slechte bereikbaarheid van de eigen woning tijdens realisatie;
- onveiligheid (sociale veiligheid en verkeersveiligheid) tijdens realisatie;
- slecht verkoopbare woning in de periode van planvorming en/of daarna.

Hinder is van korte duur, schade is vaak blijvend. Beiden dienen zo veel mogelijk voorkomen te worden. Indien het toch optreedt is het echter belangrijk om goede afspraken te maken over het oplossen daarvan, met name over schadeafwikkeling. Een beheersmaatregel is het uitvoeren van een nulmeting, die situatie voor de realisatie weergeeft, om oorzaak en gevolg helder te hebben.

Omwonenden zijn te onderscheiden in direct omwonenden, die zich binnen het invloedgebied van de filterbuis bevinden en omwonenden die buiten het invloedgebied van de filterbuis wonen. Beide groepen hebben belang bij een waterveilige omgeving, maar de eerste groep heeft een zwaarwegend belang. Het DMC systeem is een alternatief voor een traditionele dijkversterking op de locatie. In het worst-case scenario zouden grootschalige ruimtelijke ingrepen noodzakelijk zijn en woningen daarvoor plaats moeten maken. Deze direct omwonenden kunnen dan ook worden gezien als co-makers of ambassadeurs voor het systeem.

5.1.2 Grondeigenaren

Naast de omwonenden kunnen andere personen of organisaties grond bezitten langs de dijk of het DMC systeem. Afgezien van de beheerder van de dijk, kunnen dit gemeente, provincie, waterschap, grote terrein beherende organisaties als Staatsbosbeheer of een private eigenaar zijn. Deze partijen kunnen ook het bevoegd gezag zijn voor vergunningen en/of ontheffingen (zie paragraaf conditionering). Verder is het belangrijk om met deze partijen afspraken te maken over voorkomen en oplossen van bovengenoemde mogelijk hinder en/of schade, maar ook over toegang en grondgebruik.

5.1.3 Waterbeheerder

Een voor de hand liggende, maar niet overbodig te noemen stakeholder, is de waterbeheerder. De waterbeheerder zal in de meeste gevallen tot dezelfde organisatie behoren als de opdrachtgever, maar heeft in deze diverse andere rollen, overkoepeld door de rol als waterbeheerder. Naast opdrachtgever is de waterbeheerder verlener van de watervergunning (zie paragraaf conditionering), peilbeheerder, dijkbeheerder (eindgebruiker van het systeem) en als installatiebeheerder verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van het systeem. De peilbeheerder dient te worden geraadpleegd bij het organiseren van de afvoerlocatie en –capaciteit van het systeem. Bovendien dient de afvoermogelijkheid op orde te blijven. De dijkbeheerder dient mee te denken over het ontwerp, de beoogde veiligheid en te oordelen over de gebruiksvriendelijkheid. De installatiebeheerder dient de vereiste specificaties van de constructie te bepalen en zo nodig daarin te sturen. Bovengenoemde rollen van de waterbeheerder dienen in het gehele proces betrokken te worden en te blijven en toetsen idealiter het resultaat. Het systeem wordt immers na oplevering hun eigendom.

5.2 Conditionering

Naast de stakeholders verdienen de juridische en fysieke randvoorwaarden bij toepassing van het systeem aandacht. Het in beeld brengen van deze randvoorwaarden en het uit de weg ruimen van de eventuele belemmeringen die daaruit voortvloeien, heet conditioneren. Hieronder staat een aantal zaken genoemd die aandacht behoeven.

5.2.1 Watervergunning

Omdat het DMC systeem in de dijk, of in de beschermingszone daarvan wordt aangelegd, is naast een omgevingsvergunning ook een watervergunning noodzakelijk. Daarin dient geregeld te worden dat er in of nabij de dijk werkzaamheden mogen worden verricht. Aandachtspunt daarin is het werken in het stormseizoen (1 oktober tot 1 april). Werkzaamheden in, of nabij de dijk is in deze periode in principe niet toegestaan. De beheerder van de dijk, (waterschap of Rijkswaterstaat) is het bevoegd gezag. Wat ook in de watervergunning geregeld moet worden is de lozing van water op oppervlaktewater. Tijdens de realisatie wordt water gebruikt in de boorvloeistof. Dit water wordt na zuivering geloosd in oppervlaktewater. Daarnaast voert het systeem water af wanneer het operationeel is. Ook voor deze afvoer dient lozing geregeld te worden in oppervlaktewater, binnen- of buitendijks. Doordat lozing binnen- of buitendijks kan plaatsvinden, kan het bevoegd gezag ook verschillen.

5.2.2 Omgevingsvergunning

Voor de aanleg van het DMC systeem is een Omgevingsvergunning noodzakelijk. De gemeente is hiervoor het bevoegd gezag. De Omgevingsvergunning kan worden aangevraagd via één loket.

5.2.3 Overeenkomsten (privaatrechtelijk)

Het DMC systeem wordt eigendom van de waterbeheerder. Indien het systeem wordt gerealiseerd op grond van derden, anders dan de waterbeheerder zelf, dient er op de grond een recht van opstal te worden gevestigd. Dit zakelijk recht is nodig om het eigendom van het systeem goed te regelen. Een recht van opstal wordt door middel van een notariële akte ingeschreven in het kadaster.

5.2.4 Kabels en leidingen

Voorafgaand aan de boring doet de aannemer een vooronderzoek en een graafmelding. De procedure hiervan is vermeld in hoofdstuk 3.

5.2.5 Archeologie en NGE

Voorafgaand aan de boring doet de aannemer een vooronderzoek naar mogelijke archeologische waarde in de ondergrond of niet-gesprongen explosieven (NGE). Beiden zaken worden onderzocht in de deskstudie van de geotechnische analyse (zie paragraaf 3.1.2). Indien uit deze bureaustudie blijkt dat één van beide aan de orde is, dient vervolgonderzoek te worden uitgevoerd en in het geval van NGE ook detectie en ruiming.

Hinder is van korte duur en eindigt vanzelf, schade (aan het werkterrein) als gevolg van explosie of verwijdering wordt nadien hersteld. Schade kan alleen ontstaan bij in en uittrede punt.

6 Beheer en onderhoud

Het beheer en onderhoud van het DMC systeem wordt gedaan door de eigenaar van het systeem, in de meeste gevallen de waterbeheerder. Een kenmerkende eigenschap van het DMC systeem is de autonome werking van het systeem. Het beheer en onderhoud is per organisatie wellicht verschillend georganiseerd, afhankelijk van de interne organisatie. Allereerst worden de autonome eigenschappen van het DMC systeem geagendeerd. Door de autonome werking van het systeem is een groot deel van het beheer en onderhoud passief. Daarnaast wordt voor het ontwerp- en beoordelingsvoorschrift aangenomen dat er onderscheid is gemaakt tussen beheer en onderhoud van het DMC systeem.

6.1 Autonomie DMC systeem

Het DMC systeem heeft een grote mate van autonoom beheer. Dit werkt ook door in het opstellen van het beheer en onderhoudsprotocol.

Het DMC systeem heeft een ingebouwde zelftest, als genoemd in paragraaf 2.1. Voor het beheer zijn deze autonome zelftesten erg belangrijk, omdat storingen in het systeem automatisch worden gedetecteerd. Tevens wordt het systeem automatisch ingeschakeld indien de stijghoogte boven een vooraf ingesteld niveau komt.

Tevens geeft het DMC systeem automatisch meldingen waarin een verandering in de situatie wordt gemeld. De meldingen zijn op relevantie uitgesplitst voor het beheer (paragraaf 6.2.1.) en onderhoud (paragraaf 6.2.2.). Voor het uiterste geval zijn noodmaatregelen geformuleerd (paragraaf 6.2.3.).

6.2 Beheer- en onderhoudsprotocol

Voor het beheer en onderhoudsprotocol wordt onderscheid gemaakt tussen beheer en onderhoud van het systeem. Onder het beheer wordt het behouden en testen van de functionaliteit van het systeem verstaan. Onder onderhoud wordt herstel of vervangen van het onderdelen van het systeem verstaan, zowel periodiek als incidenteel als gevolg van functieverlies.

Naast de meldingen zijn er activiteiten benoemd die door de beheerders en de afdeling onderhoudt worden uitgevoerd onder wisselende omstandigheden. De frequentie van de activiteiten zijn een richtlijn en kunnen per beheerder verschillen, indien dit wenselijk wordt geacht door de betreffende beheerder.

6.2.1 Beheer

Het beheer van het DMC systeem bestaat uit twee onderdelen namelijk:

- Beheer van de dijk
- Beheer van de installaties

Beheer van de dijk

Het beheer van de dijk focust op de stabiliteit van de dijk. Het systeem heeft daarin een rol. De beheerder van de dijk is daarmee voornamelijk geïnteresseerd in de stabiliteit van de dijk. Voor een dijk met een DMC systeem betekent dit dat de

beheerder van de dijk regelmatig controleert of het water dat door het DMC systeem wordt afgevoerd nog vrij wordt afgevoerd wordt in het omliggende watersysteem.

In het geval van een hoogwatersituatie komen meldingen ook per mail binnen. De beheerder wordt daarmee actief op de hoogte gehouden van de situatie in de dijk. Op basis van de debietmeting kan de beheerder controleren of het systeem ingeschakeld is, en of het debiet aan de verwachting voldoet. Een periodiek locatiebezoek kan naast de online meldingen extra informatie geven over de actuele situatie aan de beheerder. Zo kan de conditie van de dijk beoordeeld worden en kan er inspectie gedaan worden op zand meevoerende wellen. Na de hoogwatersituatie kan het beheer weer voornamelijk op afstand worden gedaan.

Het beheer van de dijk is samengevat in tabel 3. meldingen die door het DMC systeem gegenereerd worden en relevant zijn voor de dijkbeheerder zijn samengevat in Tabel 4.

Tabel 3 Periodiek beheer dijkbeheerder

Activiteit	Locatie	Frequentie (normaal peil)	Frequentie (hoogwaterperiode)
Controleren en vrijmaken watergangen voor afvoercapaciteit	Projectlocatie	Half jaarlijks	N.v.t.
Controleren en vrijmaken put voor afvoercapaciteit	Projectlocatie	Half jaarlijks	Elk uur tot dagelijks
Inspectie beheeromgeving inclusief vrijhouden van de installatiekast	Projectlocatie	Half jaarlijks	N.v.t.
Inspectie van de stijghoogte/ hoogte freatische lijn	Online database	Maandelijks	Elk uur tot dagelijks
Inspectie op optreden wellen/ eerste tekenen afschuiven talud (voor microstabiliteit of macrostabiliteit)	Projectlocatie	N.v.t.	Elk uur tot dagelijks

Tabel 4 Meldingen DMC systeem voor de dijkbeheerder

Onderdeel	Melding
Dijk	Hoge druk alarm
Dijk	Hoge druk bereikt
Dijk	Lage druk alarm
Drukmeting dijk PT01 bij pomp	Attentie waterniveau bereikt
Niveaumeting tussenput	Hoogwater alarm

Beheer van de installaties

Het beheer van de installaties bestaat uit het controleren van de installatie onderdelen van het DMC systeem. Onderdelen die onder de installaties vallen zijn de afvoerpomp, filterbuis, sensoren die de waterspanning meten, de modems en de accu die de data naar de online database sturen.

Een van de kenmerken van het DMC systeem is dat het van afstand goed bedienbaar en controleerbaar is. Dit maakt het mogelijk om het functioneren van het systeem op afstand te controleren. Fysieke veranderingen worden ook door het DMC systeem gemeld. Veranderingen die als onwenselijk worden beschouwd kunnen daarmee snel opgelost worden.

In Tabel 5 staat het staan de beheerstaken die aan de installaties uitgevoerd dienen te worden. In Tabel 5 staan de actieve meldingen voor de installatiebeheerder die het DMC systeem genereert. Alhoewel het vermogen van de pomp en de werking van de glasvezelsensor via de online database kan worden beheerd, wordt het aangeraden om ook met een vooraf ingestelde frequentie beheer te voeren om te controleren of het systeem nog goed werkt.

Tabel 5 Periodiek installatie beheer

<i>Activiteit</i>	<i>Locatie</i>	<i>Frequentie (normaal peil)</i>	<i>Frequentie (hoogwaterperiode)</i>
Inspectie staat van de besturingskast	Projectlocatie	Half jaarlijks	half jaarlijks
Vermogen van de pomp	Online database	Half jaarlijks	n.v.t.
Werking van de glasvezelsensor	Online database	Halfjaarlijks	Dagelijks

Voor sommige meldingen is niet direct duidelijk wat de storing is. Voor deze meldingen wordt verwezen naar de gebruikershandleiding van het DMC systeem, om er achter te komen wat er exact aan de hand is.

Tabel 6 Meldingen voor installatie beheer

<i>Onderdeel</i>	<i>Melding</i>	<i>Onderdeel</i>	<i>Melding</i>
Algemeen	Remote I/O storing	Pomp 1	Capaciteitsprobleem geconstateerd tijdens test
Algemeen	Spanningsuitval	Pomp 1	Capaciteit test verstoord!
Algemeen	Maximale looptijd pompen	Pomp 1	Run test verstoord!
Algemeen	Test meldsysteem	Pomp 1	Thermische storing
Algemeen	Deur open	Pomp 1	Check F.O. aanloop
Algemeen	Inbraak	Pomp 1	Check F.O. stop
Algemeen	Afstel sabotage	Pomp 1	Niet stand-by
Algemeen	Regeling geblokkeerd	Pomp 1	Storing debietmeter (contact)

Algemeen	Afstand reset	Pomp 1	In bedrijf
Drukmeting dijk PT01 bij pomp	Attentie waterniveau bereikt	Pomp 1	Geblokkeerd
Drukmeting referentie 1 PT03	Opnemer buiten bereik	Pomp 1	Bedieningsschakelaar op HAND
Drukmeting referentie 2 PT04	Opnemer buiten bereik	Pomp 1	Bedieningsschakelaar op UIT
Drukmeting referentie 3 PT05	Opnemer buiten bereik	Pomp 1	Bedieningsschakelaar op AUTO
Drukmeting referentie 4 PT06	Opnemer buiten bereik	Pomp 1	Minimaal debiet onderschrijding (drooglopen)
Drukmeting referentie 5 PT07	Opnemer buiten bereik	Temperatuurmeting dijk	Opnemer buiten bereik
Drukmeting referentie 6 PT08	Opnemer buiten bereik	Toerenmeting pomp 1	Opnemer buiten bereik
Luchtdrukmeting PTO02	Opnemer buiten bereik	Uitstroom dijk	Storing debietmeter (contact)

6.2.2 Onderhoud

Het onderhoud van dijken en installaties wordt uitgevoerd door de afdeling onderhoud. Het onderhoud voor het DMC systeem kan in twee categorieën worden omschreven:

- Periodiek onderhoud
- Noodzakelijk onderhoud

Periodiek onderhoud

Het periodieke onderhoud is vooraf voorgeschreven en zorgt ervoor dat het systeem blijft functioneren. De activiteiten voor het periodieke onderhoud staan in Tabel 7. De genoemde frequentie is op basis van de ervaringen van de ontwikkelaar van het systeem. Dit kan echter worden aangepast naar de wensen van de beheerder.

Tabel 7 Periodieke onderhoudsactiviteiten

Periodieke onderhoudstaken	<i>Frequentie</i>
Abonnement data herzien	jaarlijks
Abonnement elektriciteit herzien	jaarlijks
Vervangen pomp	10 jaar
Filterbuis reinigen	15 jaar

Noodzakelijk onderhoud

Noodzakelijk onderhoud is bekend geworden door inspectie van de afdeling beheer, of door een autonome melding die het DMC systeem geeft. De autonome meldingen staan in Tabel 8.

Tabel 8 Meldingen noodzakelijk onderhoud

Onderdeel	Melding
Debietmeting pomp 1	Opnemer defect
Debietmeting uitstroom	Opnemer defect
Drukmeting dijk PT01 bij pomp	Opnemer defect
Drukmeting referentie 1 PT03	Opnemer defect
Drukmeting referentie 2 PT04	Opnemer defect
Drukmeting referentie 3 PT05	Opnemer defect
Drukmeting referentie 4 PT06	Opnemer defect
Drukmeting referentie 5 PT07	Opnemer defect
Drukmeting referentie 6 PT08	Opnemer defect
Luchtdrukmeting PTO02	Opnemer defect
Pomp 1	Stroommeting defect
Temperatuurmeting dijk	Opnemer defect
Toerenmeting pomp 1	Opnemer defect

6.2.3 Noodmaatregelen

In het uiterste geval kan het voorkomen dat de kering kans heeft op falen, zoals beschreven in de veiligheidsanalyse. Voor dit uiterste geval is het belangrijk dat er ook noodmaatregelen worden geformuleerd. De noodmaatregelen zijn afhankelijk van het faalmechanisme en de wensen van de beheerder.

6.3 Kosten beheer en onderhoud

De kosten van het beheer en onderhoud zullen circa 15% van het totale aanschafbedrag bedragen. Dit behelst het totaal aan de kosten van het beheer en onderhoud van het systeem gedurende de geschatte levensduur van 50 jaar.

6.4 Risicoanalyse beheerfase

Er is een risicoanalyse opgesteld met de RISMAN methodiek voor de installatiefase. De risicoanalyse met geformuleerde beheersmaatregelen is te zien in Tabel 9.

Tabel 9 RISMAN analyse beheerfase DMC systeem

RISMAN	Oorzaak	Gebeurtenis	Gevolg	Beheermaatregel
RISICO-INVENTARISATIE BEHEERFASE				
	Filterbuis is verstopt	Filterbuis is onbruikbaar	Filterbuis moet worden vervangen	-De filterbuis frequent doorspoelen (regenereren).
	Schade aan bovengrondse deel van de constructie (besturingskast)	De kast op de dijk met daarin de besturing en de communicatie-apparatuur werkt niet naar behoren.	Het systeem kan niet op afstand bestuurd en/of uitgelezen worden	-Kast dient vergrendeld te zijn -Beheersmaatregelen die ervoor zorgen dat de beheerder toegang heeft tot de kast en over kan gaan tot handmatige bediening.
	Capaciteit van het systeem is onvoldoende	Kritieke stijghoogte wordt bereikt	De kering faalt	-Formuleren van noodmaatregelen voor het relevante faalmechanisme
	Elektriciteit valt uit	De pomp kan niet tijdig worden ingeschakeld	Er is geen afvoer via de pomp mogelijk	-Creëren van de mogelijkheid van afvoer onder vrij verval -Beschikbaarheid noodaggregaat regelen.
	Uitval sensoren	Sensoren geven geen informatie over functionaliteit systeem en situatie in de dijk.	Beheerder heeft onvoldoende inzicht in functionaliteit systeem en situatie in de dijk.	-De sensoren zijn redundant uitgevoerd en functioneren apart van elkaar -Het systeem werkt autonoom, waardoor de functionaliteit van het systeem niet in het geding is.

7 Wettelijke beoordeling van DMC systeem

De stabiliteit van de dijk wordt periodiek beoordeeld door de waterschappen. De huidige regelgeving voor de beoordeling is beschreven in de WBI2017 (Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving, 2016d). De toepassing van het DMC systeem heeft invloed op de stabiliteit van de dijk en moet in de beoordeling van de primaire kering ook zo meegenomen worden. In de beoordeling wordt de primaire kering inclusief het DMC systeem. Het DMC systeem wordt dus niet apart beoordeeld, maar als één geheel met de primaire kering.

Binnen het WBI geldt een standaardprocedure waarin van grof naar fijn wordt gewerkt en van simpel tot geavanceerd. De eenvoudige toets is de eerste beoordeling, en kan worden gezien als een soort toepassingsvoorwaarde. In deze stap wordt beoordeeld of de kering op basis van algemene kenmerken reeds voldoet. De gedetailleerde toets is volgens een vaste procedure omlijnd en kan niet zomaar worden aangepast, dit betreft tevens een statische beoordeling. Indien het dijkvak (/traject) niet voldoet kan er gekozen worden voor een toets op maat. Binnen de toets op maat is er geen vast format van beoordelen.

Met behulp van de monitoring kan op elk moment gekeken worden of het systeem nog werkt. De beoordeling is echter periodiek en beoordeeld of de kering met DMC systeem onder maatgevende omstandigheden nog voldoet op basis van de laatste inzichten. Belangrijk uitgangspunt bij de beoordeling van het systeem in onderstaande paragrafen is dat wordt beoordeeld of de inzichten ten aanzien van de werking en levensduur zijn veranderd, of dat de inzichten ten aanzien van de hydraulische randvoorwaarde (maatgevende hoogwaterstand, kritieke stijghoogte) zijn gewijzigd. Belangrijke informatie voor deze constatering komen uit de monitoring van het systeem zelf.

Een uitgebreide beschrijving van de beoordeling van de stabiliteit van de dijk kan worden gevonden in de ministeriële regeling en de schematisatiehandleiding piping (Rijkswaterstaat W. V., 2016a), schematiseringshandleiding macrostabiliteit (Rijkswaterstaat W. V., 2016b) en de schematiseringshandleiding microstabiliteit (Rijkswaterstaat W. V., 2016c).

7.1 Toetssporen Piping (STPH)

Binnen de huidige procedure voor piping is het niet mogelijk om de dijk met DMC systeem te beoordelen binnen de 'standaard' procedure van de eenvoudige en gedetailleerde toets. Stap E.3. van de eenvoudige toets schrijft specifiek voor:

“Wanneer het grondlichaam, of de ondergrond, elementen bevat zijnde geen natuurlijke grond (bijvoorbeeld leidingen,..., drainage), dan is de beoordeling volgens het toetsspoor piping niet van toepassing. In deze gevallen wordt piping beoordeeld in de toets op maat of volgens een van de volgende toetssporen: niet waterkerende elementen, piping bij kunstwerken, langconstructies of technische innovatie.”

7.2 Toetsspoor Technische innovaties (INN)

Indien technische innovaties zijn ingezet bij (recente) dijkversterkingen ter verhoging van de veiligheid van de waterkering, moeten deze volgens het toetsspoor Technische Innovaties worden beoordeeld. De beoordeling van Technische Innovaties bestaat uit de eenvoudige toets (bijlage III, ministeriële regeling). Indien niet kan worden

voldaan aan de voorwaarden die gesteld zijn bij de eenvoudige toets is per stap aangegeven wat de mogelijke vervolgstappen kunnen zijn in de Toets op Maat.

Stap E.1. Voldoende gegevens

In de eerste stap wordt nagegaan of er voldoende documentatie vanuit de ontwerp/aanlegfase beschikbaar is om het geheel te kunnen beoordelen. De volgende onderdelen moeten aanwezig zijn.

- 1. In het ontwerp dient aangetoond te zijn dat minimaal voldaan wordt aan de eis van waterkerendheid. Hiervoor dienen alle ontwerprandvoorwaarden volledig en herleidbaar gedocumenteerd te zijn en is aan te tonen dat voldoende kwaliteitscontrole heeft plaats gevonden. Is de veiligheidsfilosofie van het ontwerp conform de meest recente eis aan de waterveiligheid?*
- 2. Van belang is dat de grens voor falen van de waterkering bekend is. Zijn er duidelijke criteria gegeven voor de uiterste grenstoestand (UGT) ten aanzien van waterkeringsveiligheid?*
- 3. Is gespecificeerd welke marges en toleranties bij de aanleg en tijdens de inregelperiode gelden? Dit betreft toleranties ten aanzien van de afmetingen van het geheel, dan wel afzonderlijke onderdelen.*
- 4. Is gespecificeerd welke marges en toleranties bij de aanleg en tijdens de inregelperiode gelden? Dit betreft toleranties ten aanzien van de afmetingen van het geheel, dan wel afzonderlijke onderdelen. Dit betreft de toleranties ten aanzien van optredende vervorming, veroudering of andere specifieke werking van deze innovatieve bepaling van eigenschappen gedurende de levensduur.*
- 5. Is de uitvoering uitgevoerd binnen de gestelde marges en toleranties van vraag 3? Zo niet, zijn de in de aanlegfase opgetreden afwijkingen verwerkt in de ontwerp- of beheersspecificaties (aanlegdocumentatie) zodat vastgesteld is dat de bestaande situatie (as-built) voldoet aan de eis van waterkeringsveiligheid?*

Indien deze vragen met 'ja' beantwoord wordt kan de beoordeling worden vervolgd met stap E.2. Indien een van de vragen met 'nee' beantwoord wordt, moet er aanvullend onderzoek worden gedaan om deze toch positief te kunnen beantwoorden. Voorbeelden van acties zijn het met terugwerkende kracht opstellen van de bij het ontwerp, uitvoering en monitoring behorende toets documentatie.

Stap E.2. inzichten over de innovatie zijn nog dezelfde

In stap E.2. wordt gecontroleerd of er nieuwe kennis beschikbaar is over de aangenomen betrouwbaarheid of veiligheid van het DMC systeem en de berekende faalkans als aangegeven in hoofdstuk 3.

Tevens is de kennis over het gedrag van het DMC systeem in ontwikkeling, bijvoorbeeld door voortschrijdend inzicht door de toepassing van het DMC systeem bij de Livedijk XL of ter hoogte van Veessen. De nieuwe kennis die wordt opgedaan in deze projecten is ook relevant voor de overige locaties waar een DMC systeem is of wordt geïnstalleerd.

Stap E.3. Hydraulische belastingen en overige randvoorwaarden zijn dezelfde of gunstiger

De hydraulische belasting is de maatgevende hoogwaterstand die gegeven is voor de beoordeling binnen het WBI. Door veranderende statistiek of nieuwe kennis kan de hydraulische randvoorwaarde veranderen.

Indien de hydraulische randvoorwaarde (maatgevende waterstand) ongunstiger worden, moet door middel van een geohydrologische analyse worden gecontroleerd of het DMC systeem de stijghoogte nog voldoende weet te verlagen en daarmee voldoende stabiliteit weet te bieden.

Stap E.4. Goed gedrag

Goed gedrag betekent dat het systeem voldoet aan de verwachtingen zoals die zijn opgesteld binnen het ontwerp. De prestaties van het systeem zijn vastgelegd in de online database en in het onderhoud en beheersplan.

Het combineren van het afgevoerde debiet, stijghoogte gegevens in de buis, stijghoogte gegevens in de invloedzone en stijghoogte gegevens buiten het de invloedzone geeft informatie over het gedrag van het DMC systeem in het projectgebied.

Indien de gegevens bij verschillende waterstanden wordt vastgelegd is het mogelijk de geohydrologische modellering voor meerder scenario's te valideren, en daarbij het gedrag van het DMC systeem te controleren.

Indien de prestaties afwijken moet er aanvullend onderzoek worden gedaan naar het gedrag, en moet worden gecontroleerd worden of het systeem nog binnen de gespecificeerde Uiterste Grenstoestanden valt.

7.3 Toetspoor Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)

In tegenstelling tot piping kan voor het faalmechanisme macrostabieliteit de kering wel worden beoordeeld met behulp van de voorgeschreven procedure in het WBI2017. In de eenvoudige toets wordt in stap E.2. wel gecontroleerd op de aanwezigheid van constructieve elementen, maar dan worden fysieke elementen bedoeld die afschuiven tegen houden zoals een damwand, ankers of nagels.

De beoordeling wordt voortgezet in de gedetailleerde toets. Daarin wordt de ondergrond geschematiseerd met behulp van DSoil. Vervolgens wordt met behulp van BM Macrostabieliteit een veiligheidsfactor uitgerekend voor het betreffende dijkvak.

De aanwezigheid van het DMC systeem wordt binnen de beoordeling meegenomen in het berekenen van de veiligheidsfactor in BM Macrostabieliteit (Deltares, 2016). De ondergrondschematisatie wordt regulier uitgevoerd. Vervolgens kan in BM Macrostabieliteit worden aangevinkt dat er een drainage aanwezig is in de kering. De x en z coördinaten moeten worden ingevoerd. Vervolgens wordt er in de berekening van de freatische lijn (PL1) rekening gehouden met de aanwezigheid van een drainageconstructie. De veranderende (lagere) freatische lijn geeft vervolgens een hogere veiligheidsfactor.

De toevoeging van een drainageconstructie kan alleen indien er sprake is van een zanddijk op klei, of een zanddijk op zand. In overige gevallen zal een toets op maat uitkomst moeten bieden.

7.4 Toetsspoor Microstabiliteit (STMI)

Voor microstabiliteit geldt dat het toetsspoor twee stappen kent in de eenvoudige toets. Aan de eerste stap (E.1.) wordt altijd voldaan als het DMC systeem geïnstalleerd is, omdat het alleen duinen en kunstwerken uitsluit van de beoordeling. De tweede stap is echter interessant voor de beoordeling van de kering inclusief DMC systeem.

E.2. Toets op basis van algemene kenmerken

Indien aan één of meerdere van de volgende criteria wordt voldaan, is de bijdrage van microstabiliteit aan de overstromingskans verwaarloosbaar klein:

- 1. Het wordt aangetoond dat de binnenteen van de waterkering in voldoende mate gedraineerd wordt. Dit kan door aan te tonen dat een drainageconstructie in de teen van de waterkering goed functioneert.*
- 2. De waterkering heeft een (slecht doorlatende) kleikern waarvan de hoogte gelijk is aan of hoger is dan de waterstand bij de norm en waarvan de basis aansluit op een slecht doorlatende ondergrond.*
- 3. Het gehele dijklichaam binnenwaarts van de binnenkruinlijn bestaat volledig uit klei.*
- 4. De waterkering is zandig en heeft een zandig binnentalud met een helling flauwer dan 1V:5H. met zandig binnentalud wordt bedoeld een binnentalud met ongeveer gelijke doorlatendheid als de kern van de dijk. Een kleibekleding ontbreekt in dit geval.*

Indien het DMC systeem is geïnstalleerd voor het faalmechanisme microstabiliteit wordt, als het systeem goed functioneert, voldaan aan de eerste voorwaarde. Het functioneren van de drainagewerking van het DMC systeem kan met behulp van de resultaten uit de monitoring goed aangetoond worden. Als het functioneren vervolgens wordt vastgelegd in de beoordelingsrapportage krijgt het dijkvak waarin het DMC systeem geïnstalleerd is het oordeel 'voldoet'.

8 Bibliografie

- Calle, E. O. (2002). *Dijkdoorbraakprocessen*. Delft: GeoDelft.
- de Vries, G., ter Brake, C., de Bruijn, H., Koelewijn, A., van Lottum, H., Langius, E., & Zomer, W. (2013). *Dijkmonitoring: beoordeling van meettechnieken en visualisatiesystemen - Eindrapport All-in-one Sensor Validatie Test*. Amersfoort: STOWA/Stichting IJkdijk.
- Deltares. (2016). *BM-Macrostabieliteit - Gebruikershandleiding versie 1.1.49053*. Delft: Deltares.
- ENW. (2004). *Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken*. Den Haag: RWS-DWW.
- Koelewijn, A. R. (2013). *Betrouwbaarheid DMC systeem*. Delft: Deltares.
- Leeuwestein, H., & Rothuizen, R. (2014). *Werkmethodebeschrijving HDDW DMC-systeem Veessen 27 tons rig*. Papendrecht: Visser & Smit Hanab.
- Niemeijer, H., Langhorst, O., van Meerten, H., van Meurs, G., & Meuwese, H. (2017). *TR Drainagetechnieken*. Delft: POV Macrostabieliteit & POV Piping.
- Paul, S., Bos, H., Wiering, H., & van der Hoeven, I. (2012). *Faalkansen Dike Monitoring and Conditioning system - Betrouwbaarheidsanalyse tijdens operatie*. Delft: Deltares.
- Rijkswaterstaat. (2009). *Omgevingsmanager: de onmisbare schakel tussen buiten en binnen*. Den Haag: Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2017). *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen*. Rijswijk: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.
- Rijkswaterstaat, W. V. (2016a). *Schematiseringshandleiding piping*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Rijkswaterstaat, W. V. (2016b). *Schematiseringshandleiding Macrostabieliteit*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Rijkswaterstaat, W. V. (2016c). *Schematiseringshandleiding Microstabieliteit*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving. (2016d). *Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 - Bijlage III Sterkte en veiligheid*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Rothuizen, R. (2014). *Filterspleet en gravel pack HDDW Veessen*. Papendrecht: Visser & Smit Hanab.
- Spitse, L. J. (2014). *opbarsten en heave berekening ten behoeve van aanleg DMC systeem*. Delft: Deltares.
- TAW. (1999). *Technisch rapport Zandmeevoerende wellen*. Delft: Rijkswaterstaat.
- TAW. (2001). *Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies - Geotechnische aspecten van dijken, dammen en boezemkades*. Den Haag.
- TAW. (2003). *Leidraad Kunstwerken*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.
- van der Linden, W. (2014). *Debiet berekening DMC-systeem Veessen*. Delft: Deltares.
- van der Meer, M., & Leeuwedrent, W. (2015). *Livedijk XL Ommelanderzeedijk - Fase 2: Resultaten DMC Infiltratieproef*. Leek: Stichting IJkdijk.

Vesely, W., Goldberg, F., Roberts, N., & Haasl, D. (1981). *Fault tree Handbook*. U. S. Regulatory Commission (NUREG-0492).

Bijlage I: Voorbeeld logboek

Het DMC systeem

In Figuur 9 is de dagtabel te zien. Dit zijn de dagtotalen ondergebracht zodat per dag de draaiminuten, het aantal starts en de verpompte hoeveelheid water op te vragen zijn.

Historie overzichten naar scherm inlogtijdstip: 2013-1-22, 15:22:45

Historie overzichten downloads - Historie overzichten naar e-mail - Naar overzichtsmenu - Naar hoofdscherm

TELLERSTANDEN: PERIODE TOTALEN	HISTORIE SAMPLES MEETWAARDEN	HISTORIE ALARMEN
01 Dagoverzicht	02 Drukmeting (mNAP) dijk	11 Alarmlijst
	03 Stroommeting pomp 1	
	04 Frequentiëmeting pomp 1	HISTORIE GEBRUIKERS
	05 Debietmeting pompen	12 Login historie
	06 Persdrukmeting pomp 1	
	07 Meting luchtdruk	
	08 Temperatuurmeting dijk	
	09 Abs. (water)druk dijk	
	10 Meerdere analoge ingangen	

Maak uw keuze en geef <ENTER> Doorgaan

TELLERSTANDEN: PERIODE TOTALEN, DAGOVERZICHT

TOTALEN VANDAAG:

Pomp 1	Starts	Volume
min.	aantal	m3
254	25	10

HISTORIE DAGWAARDEN:

Vul voor een andere dagwaardenreeks de aanvangs- en einddatum in (dd-mm-jjjj).
Er worden (tot max.) 400 dagen getoond.

17-01-2013 tot [Genereer] [Opschonen]

Datum	Pomp 1 min.	Pomp 1 starts	Volume m3
17/1/2013 0:00:00	206	1	8
18/1/2013 0:00:00	0	0	0
19/1/2013 0:00:00	216	1	9
20/1/2013 0:00:00	0	0	0
21/1/2013 0:00:00	504	23	21
Getotaliseerd	926	25	38

scr=1021

Operator: Nivo 2 Naam object: DMC SYSTEEM LINKS 2013-1-22, 15:23:41 [vorige] [volgende] [Hoofdpagina]

Figuur 9 DMC dagtabellen

Ten behoeve van de analyse van alle aangesloten meetsensoren worden meetsamples in het DMC systeem opgeslagen die achteraf (per sensor) kunnen worden opgevraagd met een interval van elke 10 seconden. Door de gegevens te exporteren kunnen er grafieken van gemaakt worden. Een voorbeeld van de historie van de DMC tabellen is te zien in Figuur 10.

Historie overzichten naar scherm inlogtijdstip: 2013-1-22, 15:22:45

[Historie overzichten downloads -](#) [Historie overzichten naar e-mail -](#) [Naar overzichtmenu -](#) [Naar hoofdscherm](#)

TELLERSTANDEN: PERIODE TOTALEN	HISTORIE SAMPLES MEETWAARDEN	HISTORIE ALARMEN
01 Dagoverzicht	02 Drukmeting (mNAP) dijk	11 Alarmlijst
	03 Stroommeting pomp 1	HISTORIE GEBRUIKERS
	04 Frequentiëmeting pomp 1	
	05 Debietmeting pompen	
	06 Persdrukmeting pomp 1	
	07 Meting luchtdruk	
	08 Temperatuurmeting dijk	
	09 Abs. (water)druk dijk	
	10 Meerdere analoge ingangen	

Maak uw keuze en geef <ENTER>

HISTORIE SAMPLES MEETWAARDEN: DRUMMETING (mNAP) DIJK

Vul voor het tonen van een sampleblok de aanvangs- en de einddatum + tijd in (dd-mm-jjjj hh:mm:ss).
Er worden (tot max.) 64kb aan samples getoond, met het opgegeven sample interval.

22-01-2013 08:00:00 tot 22-01-2013 08:01:00

- 22/1/2013 9:00:00 -1.39
- 22/1/2013 9:00:10 -1.38
- 22/1/2013 9:00:20 -1.38
- 22/1/2013 9:00:30 -1.37
- 22/1/2013 9:00:40 -1.37
- 22/1/2013 9:00:50 -1.37
- 22/1/2013 9:01:00 -1.36

scr=1041

Operator: Nivo 2 Naam object: DMC SYSTEEM LINKS 2013-1-22, 15:23:41

Figuur 10 DMC historie tabellen per trendpad

In plaats van elke meetsensor afzonderlijk kunnen de gegevens van de meetsensoren ook gegroepeerd worden getoond zoals is te zien in Figuur 11.

Historie overzichten naar scherm

inlogtijdstip: 2013-1-22, 15:41:0

[Historie overzichten downloads](#) - [Historie overzichten naar e-mail](#) - [Naar overzichtsmenu](#) - [Naar hoofdscherm](#)

TELLERSTANDEN: PERIODE TOTALEN	HISTORIE SAMPLES MEETWAARDEN	HISTORIE ALARMEN
01 Dagoverzicht	02 Drukmeting (mNAP) dijk	11 Alarmlijst
	03 Stroommeting pomp 1	HISTORIE GEBRUIKERS
	04 Frequentiemeting pomp 1	
	05 Debietmeting pompen	
	06 Persdrukmeting pomp 1	
	07 Meting luchtdruk	
	08 Temperatuurmeting dijk	
	09 Abs. (water)druk dijk	
	10 Meerdere analoge ingangen	

Maeke uw keuze en geef <ENTER>

HISTORIE SAMPLES MEETWAARDEN: ALLE ANALOGE INGANGEN

ACTUELE WAARDEN:

Druk	Stroom	Freq.	Debiet	Persdruk	Druk	Temp.	Abs. druk
dijk	pomp 1	pomp 1	pompen	pomp 1	lucht	dijk	dijk
mNAP	A	Hz	m3	bar	kPa	oC	kPa
-1.31	0.00	0.08	0.00	0.00	101.13	11.20	109.21

HISTORIE SAMPLES:

Vul voor een ander sampleblok de aanvangs- en einddatum + tijd in (dd-mm-jjj hh:mm:ss).

Er worden default (tot max.) 20 samples getoond, met een sample interval van 1 minuut

22-01-2013 08:00:00 tot 22-01-2013 08:20:00

Datum / Tijd	Druk dijk mNAP	Stroom P1 A	Freq. P1 Hz	Debiet pompen m3/h	Persdruk P1 bar	Luchtdruk kPa	Temp. dijk oC	Abs. druk dijk kPa
22/1/2013 9:00:00	-1.39	0	0.08	0.00	0.00	101.07	11.21	108.32
22/1/2013 9:01:00	-1.36	0	0.07	0.00	0.00	101.06	11.20	108.68
22/1/2013 9:02:00	-1.35	0	0.08	0.00	0.00	101.06	11.20	108.81
22/1/2013 9:03:00	-1.35	0	0.07	0.00	0.00	101.11	11.21	108.85
22/1/2013 9:04:00	-1.33	0	0.07	0.00	0.00	101.06	11.21	108.94
22/1/2013 9:05:00	-1.34	0	0.08	0.00	0.00	101.12	11.19	108.93
22/1/2013 9:06:00	-1.32	0	0.08	0.00	0.00	101.06	11.21	109.08
22/1/2013 9:07:00	-1.32	0	0.08	0.00	0.00	101.06	11.20	109.07
22/1/2013 9:08:00	-1.33	0	0.07	0.00	0.00	101.10	11.19	109.05
22/1/2013 9:09:00	-1.32	0	0.08	0.00	0.00	101.09	11.20	109.08
22/1/2013 9:10:00	-1.31	0	0.08	0.00	0.00	101.08	11.21	109.17
22/1/2013 9:11:00	-1.33	0	0.08	0.00	0.00	101.13	11.20	109.08
22/1/2013 9:12:00	-1.32	0	0.09	0.00	0.00	101.06	11.21	109.08
22/1/2013 9:13:00	-1.32	0	0.08	0.00	0.00	101.11	11.21	109.16
22/1/2013 9:14:00	-1.31	0	0.08	0.00	0.00	101.08	11.21	109.17
22/1/2013 9:15:00	-1.31	0	0.08	0.00	0.00	101.10	11.19	109.16
22/1/2013 9:16:00	-1.31	0	0.07	0.00	0.00	101.08	11.19	109.18
22/1/2013 9:17:00	-1.32	0	0.08	0.00	0.00	101.13	11.19	109.13
22/1/2013 9:18:00	-1.31	0	0.08	0.00	0.00	101.06	11.20	109.16
22/1/2013 9:19:00	-1.32	0	0.08	0.00	0.00	101.11	11.25	109.10
22/1/2013 9:20:00	-1.31		0.08	0.00	0.00	101.08	11.18	109.16

scr=1031

Operator: Nivo 2 Naam object: DMC SYSTEEM LINKS 2013-1-22, 15:41:56

Figuur 11 DMC Historie tabellen met meerdere trendpennen

Alle meldingen / alarmen van het DMC systeem worden vastgelegd in een historisch bestand zodat achteraf alle gegenereerde meldingen in volgorde van tijd op te vragen zijn. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 12.

Historie overzichten naar scherm inlogtijdstip: 2013-1-22, 15:41:00

[Historie overzichten downloads -](#)
[Historie overzichten naar e-mail -](#)
[Naar overzichtsmenu -](#)
[Naar hoofdscherm](#)

TELLERSTANDEN: PERIODE TOTALEN	HISTORIE SAMPLES MEETWAARDEN	HISTORIE ALARMEN
01 Dagoverzicht	02 Drukmeting (mNAP) dijk	11 Alarmlijst
	03 Stroommeting pomp 1	HISTORIE GEBRUIKERS
	04 Frequentiëmeting pomp 1	
	05 Debietmeting pompen	
	06 Persdrukmeting pomp 1	
	07 Meting luchtdruk	
	08 Temperatuurmeting dijk	
	09 Abs. (water)druk dijk	
	10 Meerdere analoge ingangen	

Maak uw keuze en geef <ENTER> Doorgaan

HISTORIE ALARMEN: ALARMLIJST

Vul voor het tonen van een alarmlijst over een andere periode, de aanvangs- en de einddatum + tijd in (dd-mm-jjjj hh:mm:ss).

tot
Genereer
Opschonen

Datum tijd	Installatie deel	Betreft	Status
15/1/2013 23:59:41	Drukmeting dijk	Attentie waterniveau bereikt	Opgeheven
16/1/2013 12:49:30	Drukmeting dijk	Attentie waterniveau bereikt	Actief
17/1/2013 8:35:19	Drukmeting dijk	Attentie waterniveau bereikt	Opgeheven
17/1/2013 18:30:06	Drukmeting dijk	Attentie waterniveau bereikt	Actief
19/1/2013 11:59:02	Drukmeting dijk	Attentie waterniveau bereikt	Opgeheven
20/1/2013 1:27:19	Drukmeting dijk	Attentie waterniveau bereikt	Actief
21/1/2013 9:22:06	Drukmeting dijk	Attentie waterniveau bereikt	Opgeheven

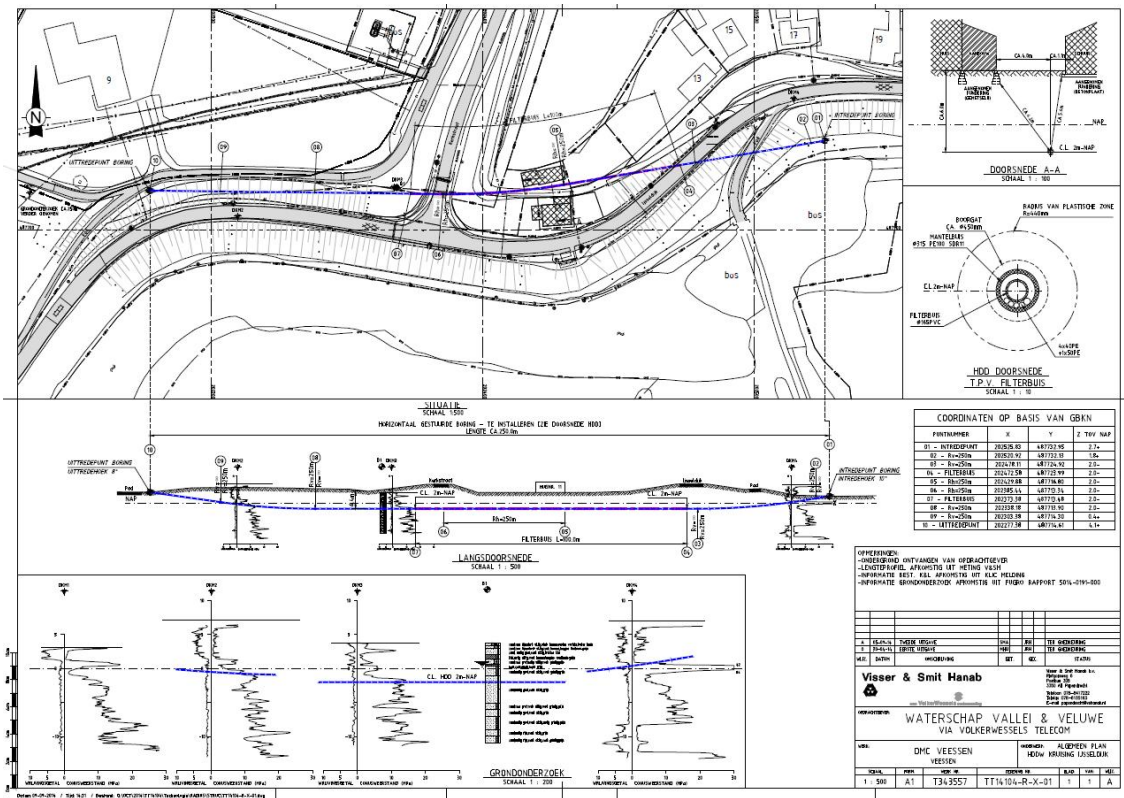
scr=1058

Operator: Nivo 2
Naam object: DMC SYSTEEM LINKS
2013-1-22, 15:48:27
vorige
volgende
Hoofdpagina

Figuur 12 Historie en alarmen

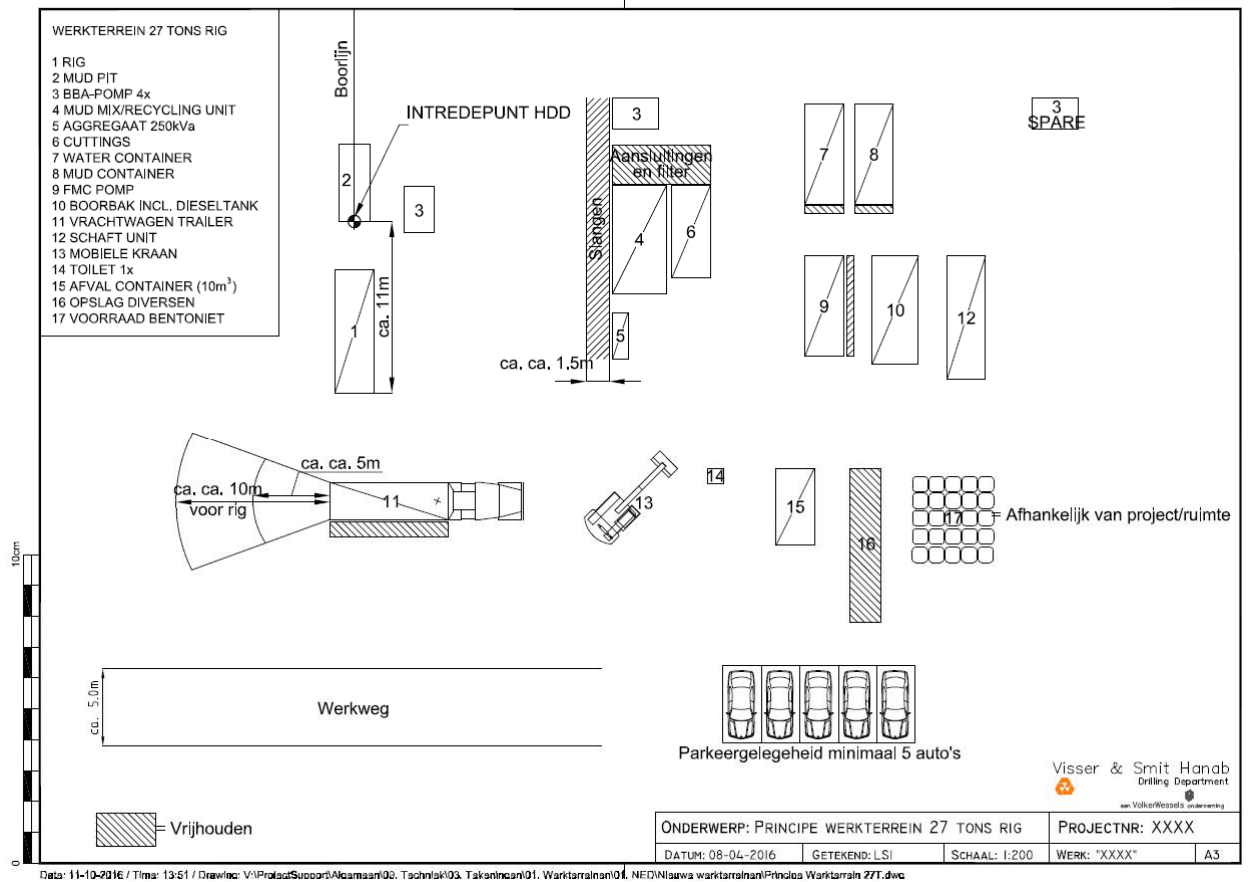
Bijlage II: Voorbeeld ontwerp

Het voorbeeld van ontwerptekeningen van het



Figuur 13 Installatietekening DMC Veessen

Bijlage III: Voorbeeld indeling werkterrein



Figuur 0-1 Principe werkterrein indeling voor 27 tons rig (voor HDDW)