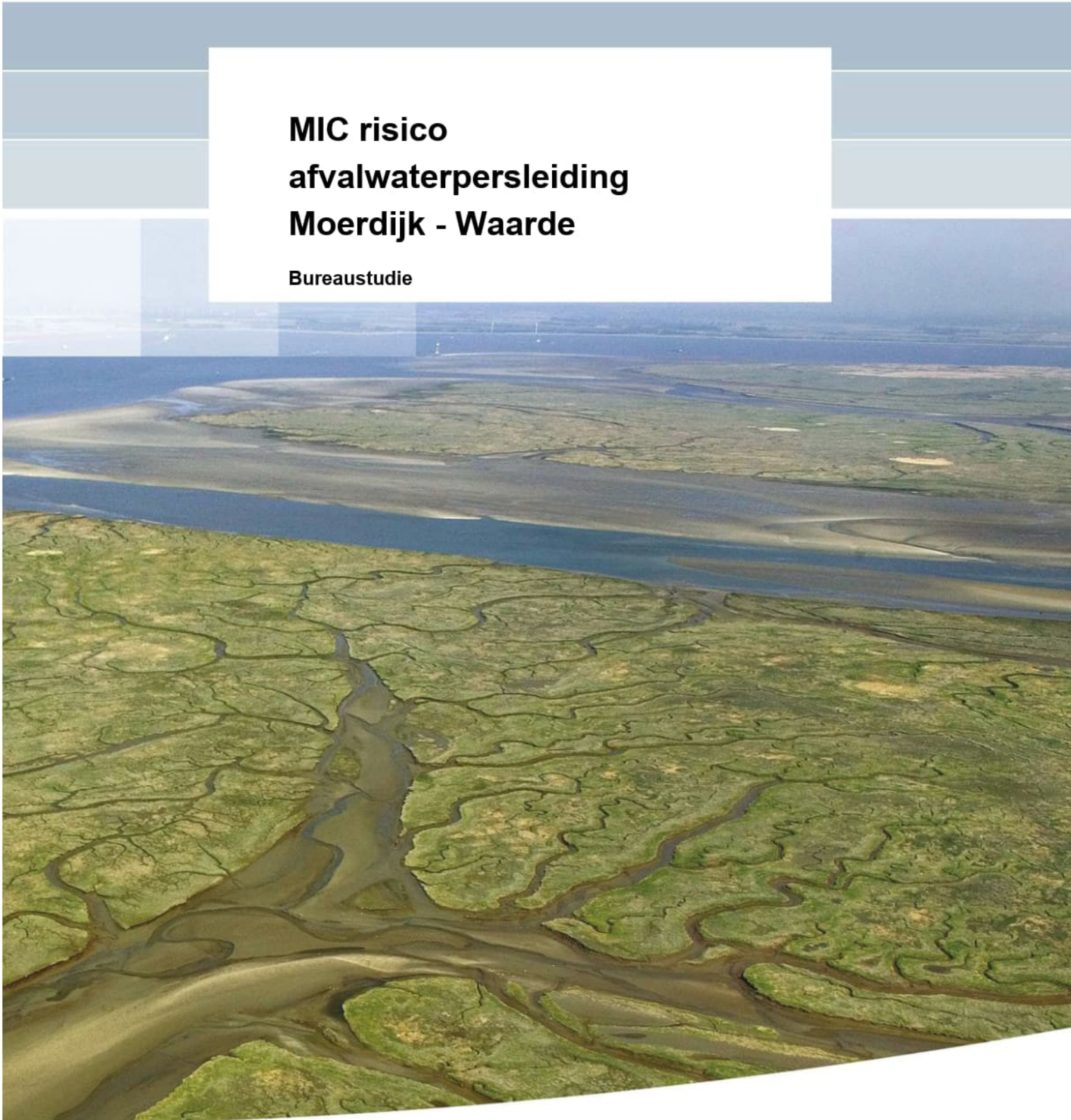


**MIC risico
afvalwaterpersleiding
Moerdijk - Waarde**

Bureaustudie



MIC risico afvalwaterpersleiding Moerdijk - Waarde

Bureaustudie

5.1.2.e



Titel
MIC risico afvalwaterpersleiding Moerdijk - Waarde

Opdrachtgever
Waterschap Brabantse
Delta, BREDA

Project
11202759-000

Kenmerk
11202759-000-BGS-0004

Pagina's
37

Trefwoorden
Microbiële corrosie (MIC), afvalwaterpersleiding, staal

Samenvatting
Het waterschap Brabantse Delta onderhoudt een afvalwaterpersleiding (AWP) die van industrieterrein Moerdijk naar de rioolwaterzuivering in Bath loopt. Dit persleidingstelsel bestaat uit een betonnen leiding (en een aantal meter GVK (glasvezelversterkte kunststof) leiding) met verschillende stalen onderdelen. Voor deze afvalwaterpersleiding is nagegaan wat de kans op microbiële corrosie (MIC) is. De afvalwaterpersleiding is verdeeld in vijf trajecten op basis van parameters die voor externe MIC relevant zijn. Voor deze vijf trajecten is de mogelijke bijdrage van kritische parameters die invloed hebben op MIC gescoord, zoals bodemtype, grondwaterstand, grondwaterstroming, pH en nitraatgehalte. Aan de hand van een corrosie-beoordelingssysteem is de bijdrage van de kritische parameters vertaald naar de (kwalitatieve) kans op MIC. Geconcludeerd kan worden dat de hoogste kans op MIC op de stalen onderdelen aanwezig is in traject 1 (Moerdijk), traject 4 (Bergen op Zoom - Woensdrecht) en traject 5 (Woensdrecht – Waarde). Mits goed aangebracht en onderhouden, verlagen coatings en kathodische bescherming (KB) op de verschillende stalen onderdelen de kans op MIC tot een acceptabel niveau. We bevelen aan om deze beschermende maatregelen goed te monitoren zodat eventuele mankementen op tijd gedetecteerd worden. De monitoringsfrequentie kan worden afgestemd op het MIC risico per traject (bij hoger MIC risico hogere monitoringsfrequentie).

De stalen en RVS onderdelen die in contact met het afvalwater staan (zoals de flenzen, mangaten en afsluiters) hebben ook een risico op interne MIC. Dit interne MIC risico, vanuit het afvalwater, is groter dan het externe MIC risico vanuit bodem en grondwater. Maar aangezien de binnenzijde van de leiding voornamelijk uit beton bestaat, wordt verwacht dat het mogelijke effect op lekkages klein is.

5.1.2.e

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.1	maart 2019						

Status
definitief

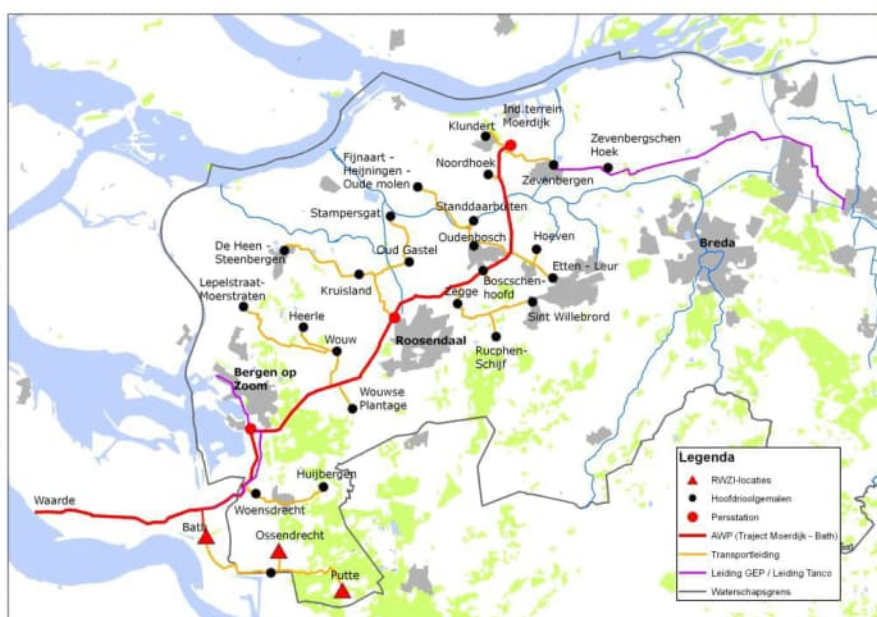
Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Onderzoeksopzet	1
1.2 Leeswijzer	2
2 Microbiële corrosie	3
2.1 Karakteristieken van microbiële corrosie	3
2.2 Beoordelingssystemen voor MIC	7
2.3 Keuze beoordelingssysteem MIC in afvalwaterpersleiding (AWP)	11
3 De Afvalwaterpersleiding	13
3.1 Materialen AWP	13
3.2 Eerste beoordeling kans op MIC en mogelijke effecten daarvan per onderdeel	15
4 Kritische parameters voor MIC bij de AWP-onderdelen	17
4.1 AWP trajecten	17
4.2 Kritische MIC-parameters per traject	17
4.2.1 Traject 1	21
4.2.2 Traject 2	21
4.2.3 Traject 3	21
4.2.4 Traject 4	21
4.2.5 Traject 5	21
5 MIC beoordeling	23
5.1 Traject 1	23
5.2 Traject 2	23
5.3 Traject 3	23
5.4 Traject 4	23
5.5 Traject 5	23
5.6 Interne MIC	24
6 Conclusies en aanbevelingen	26
6.1 Conclusies	26
6.2 Aanbevelingen	26
Referenties	27
Bijlagen	29
Bijlage 1: De gegevens van de locatie voor alle kritische parameters	30
Bijlage 2: Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	33
Bijlage 3: Faciliteiten MIC onderzoek Deltares	34

1 Inleiding

Het waterschap Brabantse Delta beheert en onderhoudt zo'n 380 km aan persleidingen incl. bijbehorende (stalen) appendages. De persleidingen zijn van verschillende materialen en aangelegd in verschillende jaren en beheersgebieden. Elk materiaal en elk soort omgeving kent zijn eigen corrosierisico's. Het waterschap is alert op nieuwe inzichten in factoren die de leidingintegriteit in gevaar kunnen brengen. Dit geldt voor nu, maar zeker ook in de toekomst omdat de assets steeds meer de verwachte technische levensduur behalen.

Een concreet voorbeeld hiervan is de Afvalwaterpersleiding (AWP) die van industrieterrein Moerdijk naar de rioolwaterzuivering in Bath loopt (Figuur 1.11). Deze leiding is ca 60 km lang. In deze leiding wordt het afvalwater van huishoudens en bedrijven van 35 dorpen en steden in West-Brabant verzameld en getransporteerd. Al dit afvalwater wordt gezuiverd in Bath en daarna geloosd in de Westerschelde. De leiding is in de jaren 70 aangelegd.



Figuur 1.1 Ligging van de afvalwaterpersleiding in Noord-Brabant en Zeeland

Brabantse Delta heeft Deltares gevraagd de risico's voor de stalen onderdelen van de AWP met betrekking tot MIC (Microbiologically Influenced Corrosion) in kaart te brengen. Het waterschap heeft Deltares verzocht om deze vraag op basis van tekeningen en andere technische informatie te beantwoorden. Het afvalwaterpersleidingsysteem bestaat uit een ± 60 km betonnen leiding waarbij om de 300 m een stalen mangatconstructie is met of zonder stalen ontluchter. De betonnen buizen zijn voorgespannen of voorzien van een plaatstalen kern.

1.1 Onderzoekopzet

In deze studie beoordelen we de potentiële risico's op MIC op basis van bestaande informatie. Aan de ene kant betreft dit informatie over de AWP, zoals tekeningen en andere technische informatie (aangeleverd door Brabantse Delta). Aan de andere kant betreft het informatie over de omgeving van de AWP, zoals bodemkaarten en grondwatergegevens. Deltares heeft deze informatie gecombineerd met de kennis over MIC en de invloed daarop van omgevingskarakteristieken, om zo te komen tot een risico-inschatting. De risico's worden

gegeven voor verschillende kwetsbare onderdelen van het AWP en voor verschillende trajecten.

De beoordeling is stapsgewijs aangepakt:

1. Allereerst is bekeken uit welke onderdelen en materialen de AWP bestaat, welke onderdelen een kans op MIC kunnen hebben en wat de mogelijke effecten zijn van MIC. Op basis van deze gegevens is een keuze gemaakt voor de onderdelen van de AWP waarvoor een uitgebreider MIC onderzoek is uitgevoerd.
2. Scoring van de gekozen AWP onderdelen op risico op MIC aan de hand van relevante factoren zoals (Hoofdstuk 4):
 - a. Materiaal van AWP onderdelen;
 - b. Ligging (diepte, bodemtype, locatie ten opzichte van grondwaterstand, etc.);
 - c. Omgeving waarmee het materiaal in contact staat (bodem, afvalwater, grondwater, etc.);
 - d. Beschermingsmaatregelen (coatings, kathodische bescherming, etc.);
 - e. Informatie over defecten.
3. Aan de hand van deze scoring is een indeling gemaakt van onderdelen in verschillende categorieën:
 - a. Rood: hoge kans op MIC, intensieve maatregelen en/of monitoring aanbevolen;
 - b. Oranje: middelhoge kans op MIC, minder intensieve maatregelen en/of monitoring aanbevolen;
 - c. Groen: lage kans op MIC, weinig/geen maatregelen en/of monitoring aanbevolen.

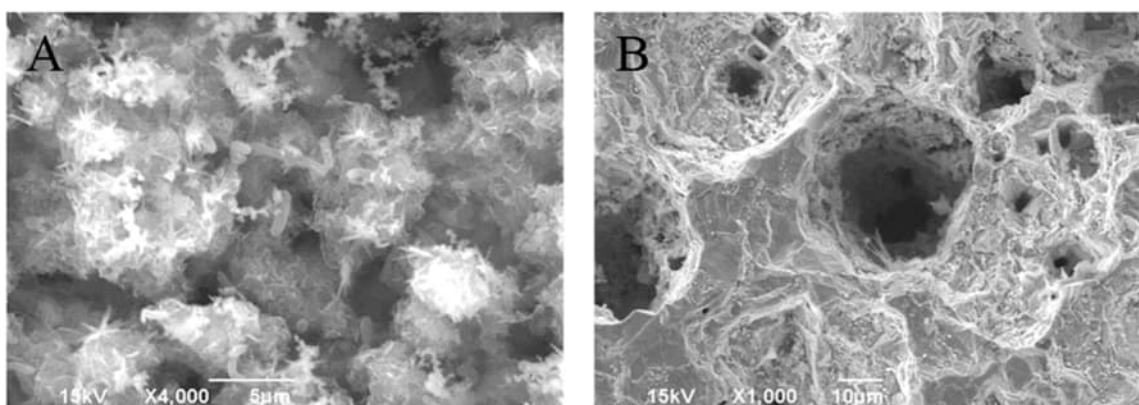
1.2 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een uitgebreide uitleg gegeven over de karakteristieken van MIC en bestaande beoordelingssystemen voor MIC. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 de AWP beschreven. In Hoofdstuk 4 staat de geschatte kans op MIC op de verschillende onderdelen van de AWP beschreven aan de hand van een MIC beoordelingssysteem. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen.

2 Microbiële corrosie

2.1 Karakteristieken van microbiële corrosie

Microbiële corrosie (engels: Microbiologically Influenced Corrosion; afgekort: MIC) is corrosie die versneld wordt onder invloed van microbiologische processen. Bij het oplossen van staal (corrosie) komt veel energie vrij die de micro-organismen kunnen benutten. Verder biedt het staal een geschikte plaats voor micro-organismen om zich te vestigen en tot kolonies uit te groeien. Zo'n kolonie begint vaak op een beschut plekje, van waaruit deze verder kan uitgroeien tot een slijmerige 'biofilm': een laag van micro-organismen, bij elkaar gehouden in een gel-achtige massa (Figuur 2.1).



Figuur 2.1 Microscopische weergave van MIC kolonie en onderliggend staal. Links: MIC kolonie ('biofilm'); rechts: corrosieputten in staal veroorzaakt door MIC kolonies [18]

Micro-organismen die MIC veroorzaken, veranderen de omgeving op het staal zodanig, dat het staal versneld corrodeert. Dit kan op verschillende manieren: de micro-organismen kunnen agressieve stoffen (bijv. zuren) produceren die het staal doen oplossen, maar ze kunnen ook "elektrisch contact" maken met het staal en zo de corrosie versnellen.

De meest bekende MIC-bacteriën zijn de zogenaamde Sulfaat Reducerende Bacteriën (SRBs). Deze organismen zetten sulfaat om in sulfide, herkenbaar aan de rotte-eierenlucht. Deze organismen kunnen staal zeer snel laten corroderen, waarbij het kan gaan om millimeters staaldikte per jaar. De organismen komen wijdverbreid voor in de bodem en in het water, vooral daar waar organisch materiaal en sulfaat als voedingsstoffen aanwezig zijn, en er zuurstofloze omstandigheden heersen. In de Nederlandse bodem is dit op veel plaatsen het geval.

Naast deze SRBs zijn er nog vele andere micro-organismen die MIC kunnen veroorzaken, zoals zuurvormende of methaan-producerende micro-organismen. Het MIC-proces is zeer complex, en er worden nog steeds nieuwe ontdekkingen gedaan, bijvoorbeeld over nieuwe mechanismen of bacteriesoorten.

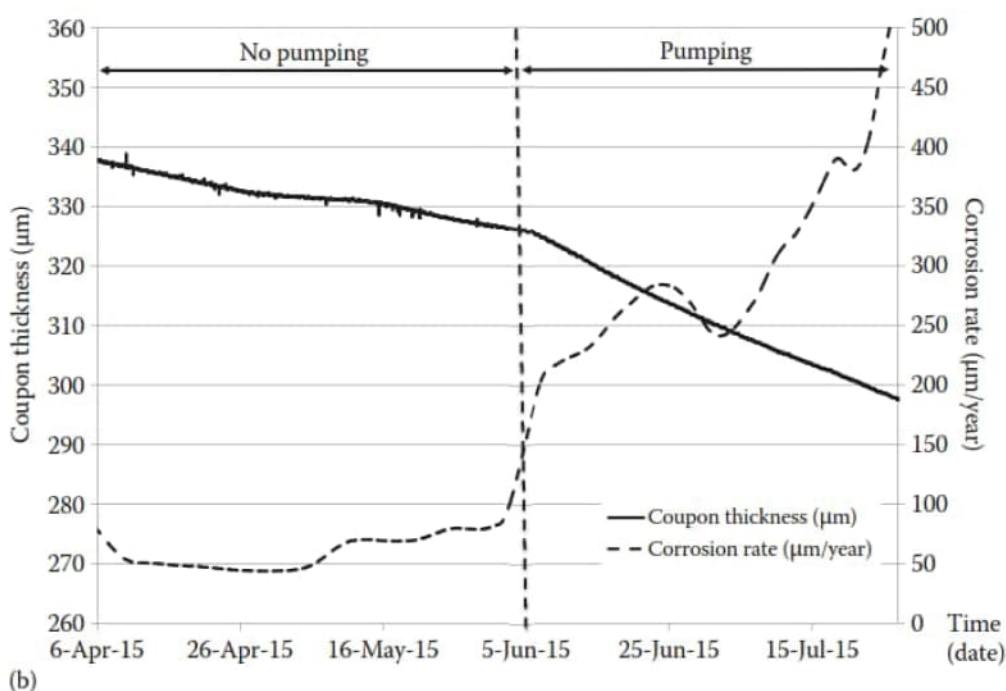
Wanneer ontstaat MIC?

Voor het ontstaan van MIC is een aantal voorwaarden nodig. Ten eerste hebben de micro-organismen net als alle levende wezens **voedingsstoffen** nodig. Een omgeving waarin voldoende voedingsstoffen aanwezig zijn voor micro-organismen is dan ook ideaal. Een coating die voedingsstoffen tegenhoudt, kan dus een goede bescherming bieden tegen MIC. In omgevingen waar juist weinig aan- en afvoer van voedingsstoffen plaatsvindt, zoals in een bodem met stilstaand grondwater, gaat bacteriegroei en dus ook MIC langzaam. Het is hierdoor te begrijpen dat snelle aan- en afvoer van voedingsstoffen en afbraakproducten MIC kan

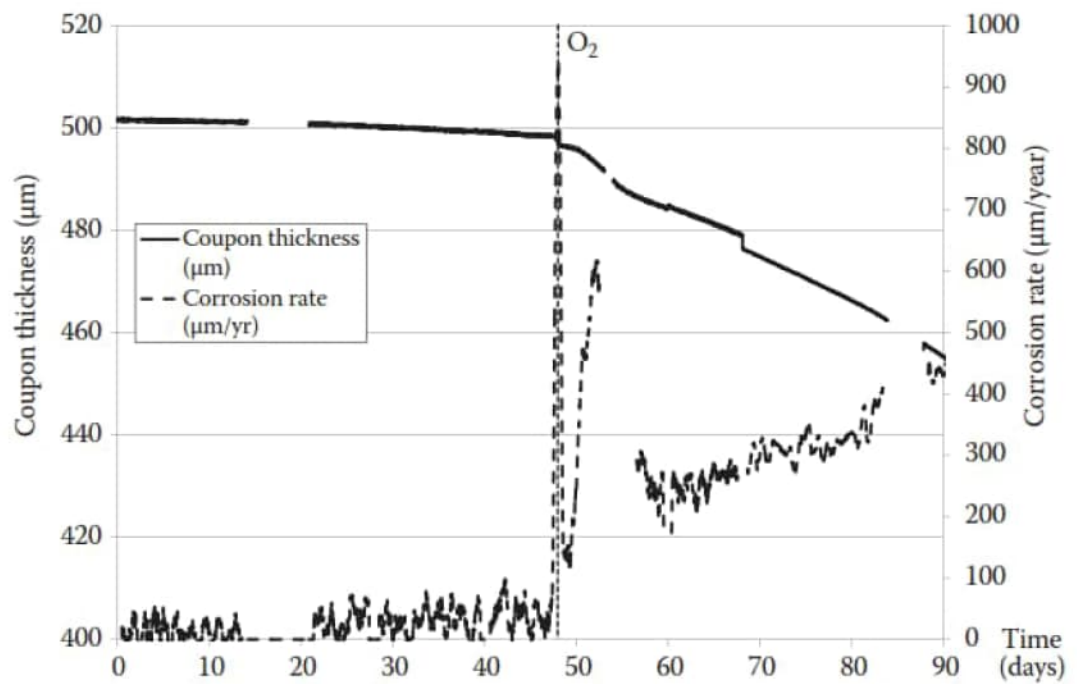
versnellen. Dat kan voorkomen bij hoge concentraties van voedingsstoffen (zoals sulfaat en zuurstof) in het grondwater, en door snelle grondwaterstroming (Figuur 2.2).

Omdat MIC een microbiologisch proces is, zullen **gunstige leefomstandigheden** voor MIC veroorzakende micro-organismen het risico op MIC vergroten. Hierbij kunnen we in het geval van SRBs naast het voorkomen van de voedingsstoffen sulfaat en organisch materiaal denken aan gunstige pH en temperatuur, een lage redoxpotentiaal en de afwezigheid van zuurstof en nitraat (dat sulfaat-reductie remt). Uiteraard dienen ook vochtige omstandigheden aanwezig te zijn. Verder is gebleken dat **wisselende omstandigheden** MIC kunnen versterken. Een voorbeeld is de versnelde corrosie aan de laagwaterlijn bij kadewanden (de zogenaamde Accelerated Low Water Corrosion). Deze versnelde corrosie treedt op doordat zich afwisselend zuurstofrijke en zuurstofloze omstandigheden voordoen. In de bodem lijkt in de zone rond een op en neer bewegende grondwaterspiegel een verhoogd risico op MIC te zijn. (Figuur 2.3) Voor MIC is direct of indirect **contact** nodig is tussen het staal en de micro-organismen. Wanneer dit contact niet mogelijk is, bijvoorbeeld door een goed afsluitende coating, zal er ook geen MIC op kunnen treden.

Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat MIC ten dele verschilt van niet-microbiële corrosie, maar dat veel risicofactoren die voor niet-microbiële corrosie gelden, ook opgaan voor MIC, zoals de versnellende invloed van **zout** [19].



(b) *Figuur 2.2 Effect van grondwaterstroming op MIC, gedemonstreerd aan de hand van een staalcoupon met MIC biofilm in grondwater. Bij stimulering van de grondwaterstroming door pompen neemt de MIC snelheid toe [19].*



Figuur 2.3 Voorbeeld van effect van zuurstof op MIC onder sulfaat-reducerende omstandigheden. Na aan puls van zuurstof treedt een versnelling van MIC op [19]

Tegenmaatregelen: Kathodische bescherming (KB) en coatings

Twee veel toegepaste methoden tegen chemische corrosie en MIC zijn kathodische bescherming (KB) en coatings.

Bij KB wordt ervoor gezorgd dat het staal een negatievere potentiaal krijgt. Dit kan door middel van opofferingsanodes of opgedrukte stroom. Het staal wordt zo elektrisch beschermd tegen corrosie. Bij dit proces wordt de pH aan het staaloppervlak sterk verhoogd ($\text{pH} > 14$), wat zorgt voor extra bescherming tegen corrosie. Dit proces werkt in veel gevallen ook tegen MIC (zie bijvoorbeeld Figuur 2.4).

In laboratorium- en veldexperimenten heeft Deltares waargenomen dat sommige MIC-kolonies zich niet door kathodische bescherming laten stoppen. Metingen met micro-elektrodes in MIC biofilms laten zien dat in deze kolonies nauwelijks pH-verhoging optreedt bij kathodische bescherming. Zelfs bij extreme potentialen zijn deze organismen nog in staat corrosie te veroorzaken. Wat is hiertegen te doen? Het belangrijkste lijkt: voorkom dat MIC koloniën zich kunnen ontwikkelen. Wanneer KB uit staat, kunnen MIC micro-organismen toeslaan, die daarna mogelijk niet meer te stoppen zijn. Zolang er nog geen MIC-kolonie aanwezig is, lijkt KB afdoende bescherming te bieden. Om zeker te zijn van een goede bescherming is het advies dus om KB altijd aan te laten [20].

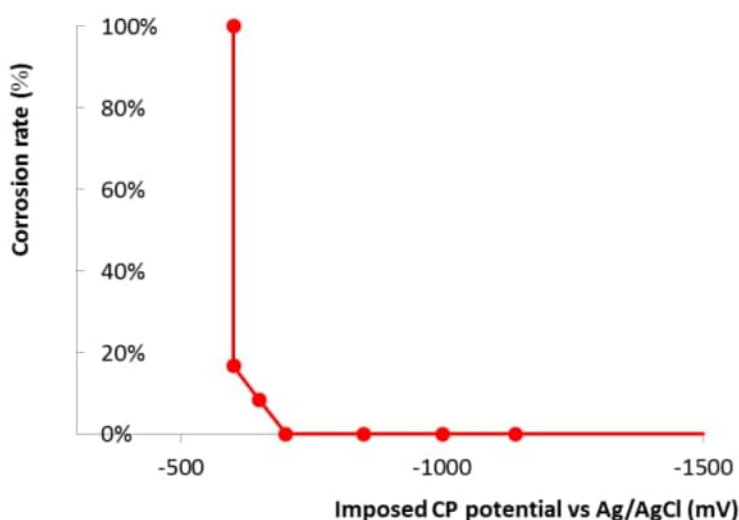


Figure 6: Effect of imposed CP potential on corrosion rate measures using an MIC ER probe, expressed as % compared to the maximal corrosion rate.

Figuur 2.4 Voorbeeld van het effect van de KB potentiaal op de MIC snelheid [20].

Een andere veel gebruikte beschermingsmethode is het aanbrengen van coatings op het staal. Deltares heeft onderzoek gedaan naar de mate waarin een aantal van deze coatings bescherming bieden tegen MIC. Een goed aangebrachte, intacte coating biedt op een schoon oppervlak voldoende bescherming tegen MIC. Eén van de problemen die kunnen ontstaan is MIC onder een coating. Onderzoek heeft laten zien dat micro-organismen zelfs onder een afgesloten coating nog lange tijd corrosie kunnen veroorzaken. Het vervelende van deze vorm van corrosie is dat deze vaak niet zichtbaar is en dat kathodische bescherming niet bij dit soort plekken kan komen vanwege de elektrisch isolerende coating. De extra bescherming die KB normaal biedt, heeft hier geen effect. Soortgelijke problemen treden op wanneer een coating gaatjes of scheurtjes vertoont. Via deze openingen kunnen micro-organismen en voedingsstoffen het staaloppervlak bereiken, en kunnen zich MIC-kolonies ontwikkelen op plaatsen waar de KB niet bij kan komen. Een intacte coating is dan ook zeer belangrijk.

Tenslotte is een goede voorbehandeling voordat de coating wordt aangebracht belangrijk. Een schoon (liefst steriel), goed hechtend oppervlak voorkomt dat de coating slecht hecht en dat er spleetjes gaan ontstaan waar MIC zich tussen kan vestigen [21].

Samenvattend: effecten van omgevingsparameters op MIC

Op basis van bestaande literatuur en recent onderzoek bij Deltares is het volgende bekend over de bepalende factoren voor MIC:

MIC wordt gestimuleerd door:

- voedingsstoffen voor sulfaat-reduceerders en andere micro-organismen (organisch materiaal, sulfaat);
- gunstige omstandigheden voor MIC organismen (lage redoxpotentiaal, lage nitraatconcentratie);
- stromend (grond)water;
- wisselingen in zuurstofgehalte (bijvoorbeeld bij wisselingen in grondwaterstand).

Coatings bieden bescherming, mits:

- de juiste coating gekozen is;
- de coating is opgebracht op een schoon en droog oppervlak;
- de coating goed is aangebracht;
- geen coatingdefecten.

Kathodische bescherming biedt bescherming zolang:

- een voldoende lage KB potentiaal wordt toegepast (≤ -1100 mV vs Cu/CuSO₄);
- de KB vanaf aanvang continu toegepast wordt;
- de KB niet wordt afgeschermd door een coating.

2.2 Beoordelingssystemen voor MIC

In de literatuur zijn verschillende beoordelingssystemen te vinden voor risico's op chemische corrosie en MIC. Geen enkele hiervan is volledig gebaseerd op kwantitatieve en herleidbare data en de kans op MIC is niet kwantitatief te voorspellen. Dit is extra moeilijk omdat MIC een complex fenomeen is, dat door veel factoren beïnvloed wordt, en de kennis over MIC nog steeds toeneemt. Wel zijn er, zoals we in de voorgaande paragraaf beschreven, factoren aan te wijzen die de kans op MIC vergroten. De beschikbare beoordelingssystemen zijn behulpzaam doordat ze een idee kunnen geven van het uiteindelijke risico op MIC op basis van deze risicofactoren.

Een bekende methode voor het schatten van corrosierisico is die van de American Water Works Association (AWWA) [4]. Deze maakt gebruik van een scoringssysteem op tien voor corrosie relevante parameters (Tabel 2.1). Per parameter wordt een score gegeven, die uiteindelijk bij elkaar opgeteld worden. De eindscore geeft een indruk van de mate van agressiviteit wat betreft corrosie. Deze methode maakt geen onderscheid tussen niet-microbiële corrosie en microbiële corrosie.

Tabel 2.1: Beoordelingssysteem voor corrosie volgens AWWA (1999)

Bodemparameter	Meetrange	Punten
Weerstand (Ohm – cm)		
	Minder dan 700	10
	Van 700 tot 1.000	8
	Van 1.000 tot 1.200	5
	Van 1.200 tot 1.500	2
	Van 1.500 tot 2.000	1
	Meer dan 2.000	0
Zuurgraad: pH (-)		
	Van 0 tot 2	5
	Van 2 tot 4	3
	Van 4 tot 6,5	0
	Van 6,5 tot 7,5	0
	Van 7,5 tot 8,5	0
	Meer dan 8,5	3
Redoxpotentiaal: Eh (mV)		
	Meer dan + 100	0
	Van + 50 tot + 100	3,5
	Van 0 tot + 50	4
	Minder dan 0 (negatief)	5
Sulfide		
	Positief	3,5
	Spoorelement	2
	Negatief	0
Vochtgehalte		
	Slechte drainage, steeds vochtig	2
	Redelijke drainage, over het algemeen vochtig	1
	Goede drainage, meestal droog	0

Een andere bekende methode is de Duitse DIN 50929 norm [3] (Tabel 2.23 en Tabel 2.3). Deze methode maakt net als die van de AWWA gebruik van scoring van een lijst met risicofactoren, waarna de scores worden opgeteld en een risicoschatting wordt gegeven (Tabel 2.4). In vergelijking met de methode van de AWWA is deze methode wat verfijnder, en zijn hierin meer factoren meegenomen die relevant zijn voor MIC. Verder maakt deze methode onderscheid tussen oppervlakkige corrosie en putcorrosie. MIC vindt vrijwel altijd plaats als putcorrosie.

Tabel 2.2: Beoordelingssysteem voor corrosie volgens DIN50929 (2018): risicofactoren

Tabelle 2 — Angaben zur Beurteilung von Erdböden

Z	Merkmal und Messgröße	Anforderung oder Kriterium	Prüfung	Einheit	Messwertbereich	Bewertung
Bodenproben						
Z ₁	Bodenart — Bindigkeit — Verunreinigungen	Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen DIN EN 12501-2:2003-08, Tabelle 1	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 5	Massenanteile in %	< 10 10 bis 30 30 bis 50 50 bis 80 > 80	+4 +2 0 -2 -4 -12
Z ₂	spezifischer elektrischer Bodenwiderstand	niedrigster Widerstand nach Wasserzugabe, gemessen in der Zelle	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 2	Ω m	> 500 200 bis 500 200 bis 50 20 bis 50 10 bis 20 < 10	+4 +2 0 -2 -4 -6
Z ₃	Bodenfeuchte und Bezug für Z ₆ bis Z ₁₀	Wassergehalt nach Trocknen bei 105 °C	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 1	Massenanteile in %	< 20 > 20	0 -1
Z ₄	pH-Wert	pH-Wert bei 50 % Wasseranteil	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 2	—	> 9 6 bis 9 4 bis 6 < 4	+2 ^a 0 -1 -3
Z	Merkmal und Messgröße	Anforderung oder Kriterium	Prüfung	Einheit	Messwertbereich	Bewertung
Z ₅	Pufferkapazität — Alkalinität K _{S 4,3}	Säurekapazität bis pH 4,3	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 4	mmol/kg	> 1 000 200 bis 1 000 < 200	+3 +1 0
Z ₆	Pufferkapazität — Acidität K _{B 7,0}	Basekapazität bis pH 7,0	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 5	mmol/kg	< 2,5 2,5 bis 5 5 bis 10 10 bis 20 20 bis 30 > 30	0 -2 -4 -6 -8 -10
Z ₇	sulfatreduzierende Bakterien	Sulfid-Gehalt	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 6	mg/kg	< 5 5 bis 10 > 10	0 -3 -6
Z ₈	Sulfat-Gehalt	Sulfat-Gehalt	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 4	mmol/kg	< 2 2 bis 5 > 5 bis 10 > 10	0 -1 -2 -3
Z ₉	Neutralsalze	Chlorid- und Sulfat-Gehalt im wässrigen Auszug	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang B, Modul 3	mmol/kg	< 3 3 bis 10 10 bis 30 10 bis 100 > 100	0 -1 -2 -3 -4
örtliche Gegebenheiten						
Z ₁₀	Lage des Objektes zum Grundwasser	Grundwasser vorhanden	visuell	—	nie immer zeitweise	0 -1 -2

Tabel 2.3 (vervolg): Beoordelingssysteem voor corrosie volgens DIN50929 (2018): risicofactoren

Z	Merkmal und Messgröße	Anforderung oder Kriterium	Prüfung	Einheit	Messwertbereich	Bewertung
örtliche Gegebenheiten						
Z ₁₁	Bodenhomogenität horizontal anhand Bodenwiderstandsprofil	Schwankungen des Bodenwiderstandes	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang A	—	$ \Delta Z_2 < 2$ $2 \leq \Delta Z_2 \leq 3$ $ \Delta Z_2 > 3$	0 -2 -4
Z ₁₂	Bodenhomogenität Vertikal	unterschiedliche Bodenwiderstände	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang A	—	$ \Delta Z_2 < 2$ $2 \leq \Delta Z_2 \leq 3$ $ \Delta Z_2 > 3$	0 -1 -2
Z ₁₃	Bodenhomogenität — Bettung	artgleicher Boden oder Sand bodenfremde Bestandteile wie Holz, Wurzeln oder Böden mit Merkmalen nach DIN EN 12501-2:2003-08, Tabelle 1	visuell	—	homogen inhomogen	0 -6
Z ₁₄	Bodenhomogenität — unterschiedliche pH-Werte	anthropogene Beeinflussung z. B. Verunreinigung mit	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09,	—	$ \Delta Z_4 < 1,5$ $ \Delta Z_4 \geq 1,5$	0 -6
Z	Merkmal und Messgröße	Anforderung oder Kriterium	Prüfung	Einheit	Messwertbereich	Bewertung
		Abbruch, gekalkte Böden	Anhang B Modul 2			
Z ₁₅	Anwesenheit von Fremdkathoden	Objekt/Boden-Potenzial $U_{Cu/CuSO_4}$	Verfahren DVGW GW 9: 2011-09, Anhang A	V	$< -0,5$ $-0,5$ bis $-0,4$ $-0,4$ bis $-0,3$ $> -0,3$	0 -3 -8 -10
^a Nur bei homogener Bettung. Bei inhomogener Bettung (unterschiedliche pH-Werte) gilt Z ₁₃ .						

Tabel 2.3: Beoordelingssysteem voor corrosie volgens DIN50929 (2018): indeling in risicoklassen op basis van risicofactoren

Tabelle 3 — Bodenklassen, Korrosionsbelastung und Korrosionswahrscheinlichkeiten bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen

B_0 - bzw. B_1 -Werte	Bodenklasse	Korrosionsbelastung ^a	Korrosionswahrscheinlichkeit aufgrund der B_1 -Werte	
			Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
≥ 0	Ia	sehr niedrig	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	Ib	niedrig	gering	sehr gering
-5 bis -10	II	mittel	mittel	gering
< -10	III	hoch	hoch	mittel
Die Größenordnung der zu erwartenden Korrosionsgeschwindigkeit ist in Tabelle 1 angegeben. Bei Rohren und Behältern hat die bleibende Dichtigkeit Priorität in der Beurteilung. Hier ist die Geschwindigkeit der Loch- und Muldenkorrosion von Bedeutung. Bei Bauteilen hat die bleibende Festigkeit Priorität in der Beurteilung. Hier ist die Geschwindigkeit der Flächenkorrosion von Bedeutung.				
^a Die Korrosionsbelastung entspricht der Korrosionswahrscheinlichkeit für freie Korrosion ohne Mitwirken ausgedehnter Konzentrationselemente, siehe 6.1.2.				

Naast deze methoden, die in brede zin voor verschillende vormen van corrosie in de bodem gebruikt worden, zijn er ook methoden die meer specifiek op MIC gericht zijn, zoals Sooknah et al., 2007 (Figuur 2.5) [23]. Deze methode is gebaseerd op een groot aantal relevante

parameters, en is met name bedoeld voor interne corrosie in pijpleidingen. Daardoor is deze methode minder eenvoudig toepasbaar voor de afvalwaterpersleiding in deze studie.

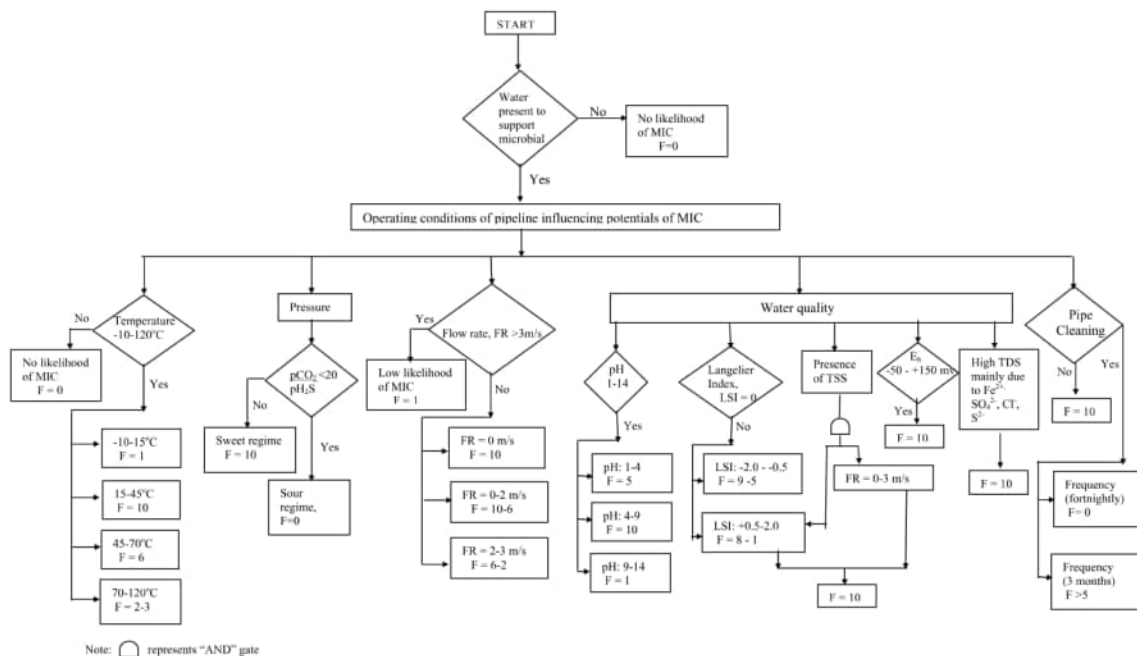


FIGURE 1 – Internal Pipeline MIC - Risk Assessment Flowchart

Figuur 2.5 Flowchart voor inschatting van risico op MIC in pijpleidingen [23].

Tenslotte zijn er nog algemene normen voor detecteren, analyseren en evalueren van MIC, zoals standaard TM0106-2006 (NACE, 2006). De laatstgenoemde standaard geeft een goed overzicht van de factoren waarop gelet moet worden bij inspectie en analyse van MIC, maar is niet zozeer bedoeld om een risico inschatting te maken.

2.3 Keuze beoordelingssysteem MIC in afvalwaterpersleiding (AWP)

Voor deze studie zijn twee beoordelingssystemen, AWWA en DIN50929, gebruikt om de kans op MIC aan de hand van waarden van de kritische parameters te beoordelen [3, 4]. De mechanismen voor corrosie en mogelijk bepalende factoren zoals we in het hoofdstuk hiervoor hebben samengevat, zijn op een logische manier vertaald in deze beoordelingssystemen. Aan de hand van deze twee beoordelingssystemen en literatuurstudie is er een beoordelingssysteem ontwikkeld voor deze studie waarbij alle kritische parameters worden meegenomen. Hieronder staan de kritische parameters met de bijbehorende beoordeling zoals gebruikt in deze studie uitgewerkt (Tabel 2.5).

Tabel 2.4: Beoordelingssysteem voor microbiële corrosie (MIC)

Parameter	Waarde	Beoordeling
Bodemweerstand [ohm.cm]	>10.000	0
	5000 tot 10.000	-1
	2300 tot 5000	-2
	1000 tot 2300	-3
	Minder dan 1000	-4
Sulfaat concentratie [mg/kg]	<200	0
	200 tot 500	-1
	500 tot 1000	-2
	>1000	-3
Chloride [mg/kg]	<100	0
	>100	-1
Organisch stofgehalte [%]	<10	0
	>10	-1
Zuurgraad (pH)	<4	-3
	4-8,5	0
	>8,5	-3
Carbonaat gehalte [%]	>5	2
	1 tot 5	1
	<1	0
Bodemtype	Kalk, zand	2
	Leem	0
	Klei	-2
	Veen	-4
Puinlaag	Niet aanwezig	0
	Aanwezig	-4
Grondwaterstroming	Sterke kwel, infiltratie	-2
	Kwel, infiltratie	-1
Grondwaterstand	Geen	-1
	Grondwater	-2
	Varieert	0
Coating	Niet aanwezig	-4
	Aanwezig	0
Kathodische bescherming	Niet aanwezig	-1
	Aanwezig	0

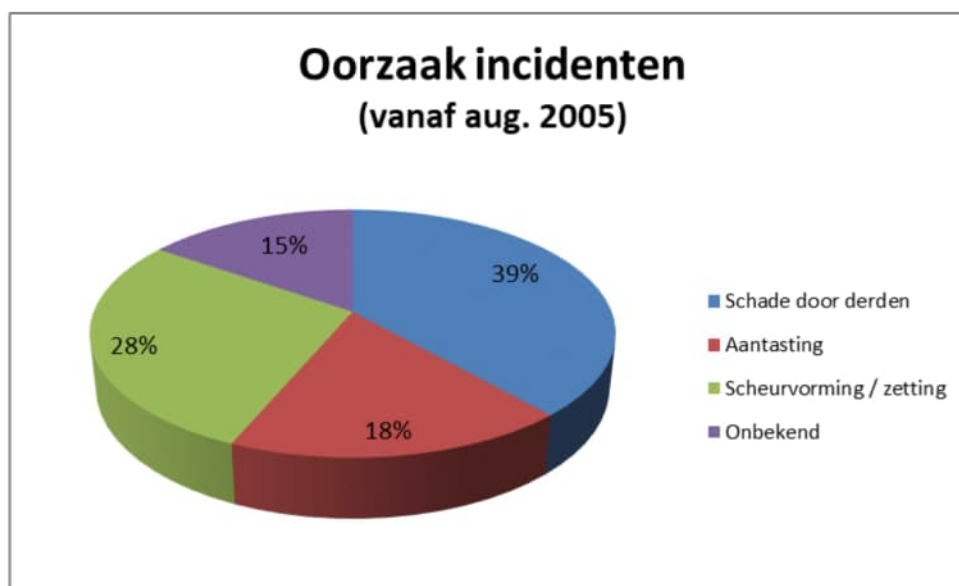
De scores voor de verschillende parameters worden opgeteld en geëvalueerd. Hoe negatiever de uiteindelijke score des te hoger de kans op MIC. Bij waardes negatiever dan -10 is de bodem zeer agressief en de kans op MIC groot.

Naast de parameters die in Tabel 2.4 zijn weergegeven, kunnen zwerfstromen ook leiden tot verhoging van de kans op corrosie. Echter, omdat de invloed van deze parameter op MIC moeilijk is in te schatten, is deze parameter niet in dit beoordelingssysteem meegenomen, maar wordt apart aangegeven of zwerfstromen mogelijk een rol spelen of niet.

3 De Afvalwaterpersleiding

De Afvalwaterpersleiding (AWP) is aangelegd door drie instanties: gemeente Bergen op Zoom, Provincie Noord-Brabant en Het Hoogheemraadschap van West-Brabant [1]. De leiding is in 1973 geheel in gebruik genomen. Vanaf 1991 is op een deel van het tracé een tweede transportleiding (AWP-2) aangelegd om de transportcapaciteit te vergroten. De AWP bevindt zich gemiddeld tussen de 2,5 en 6 meter diepte onder maaiveld. De AWP bestaat uit transportleidingen en installaties zoals pompstations voorzien van buffertorens en ontvangstkelders. De leiding heeft een gemiddelde diameter van 1,5 m. In dit rapport hebben we voornamelijk gekeken naar het externe MIC risico, dus het MIC risico vanuit bodem en grondwater.

Sinds 1997 hebben er een aantal incidenten plaatsgevonden waardoor er lekkages van afvalwater zijn opgetreden. Vanaf 2005 is er bijgehouden wat de oorzaak is van de incidenten (Figuur 3.1) [24]. De meest voorkomende oorzaak van lekkages is schade door derden. Echter bij een aantal incidenten is de oorzaak onbekend of aantasting van de leiding.



Figuur 3.1: Oorzaak incidenten tussen augustus 2005 en augustus 2018. Totaal aantal incidenten: 39.

3.1 Materialen AWP

De AWP bestaat uit tien verschillende onderdelen. Deze onderdelen zijn uit diverse materialen opgebouwd. In deze paragraaf worden de onderdelen uitgesplitst met de bijbehorende belangrijkste materiaalsoort.

1 Voorgespannen betonbuizen

Deze leidingen worden gebruikt voor transport van het afvalwater en bestaan volledig uit beton met een stalen wapening.

2 Rubberringen

In de mof/spie-verbindingen zijn rubberringen toegepast. De rubberringen in de leidingen van 1,5 m diameter bestaan uit chloropreen en neopreen.



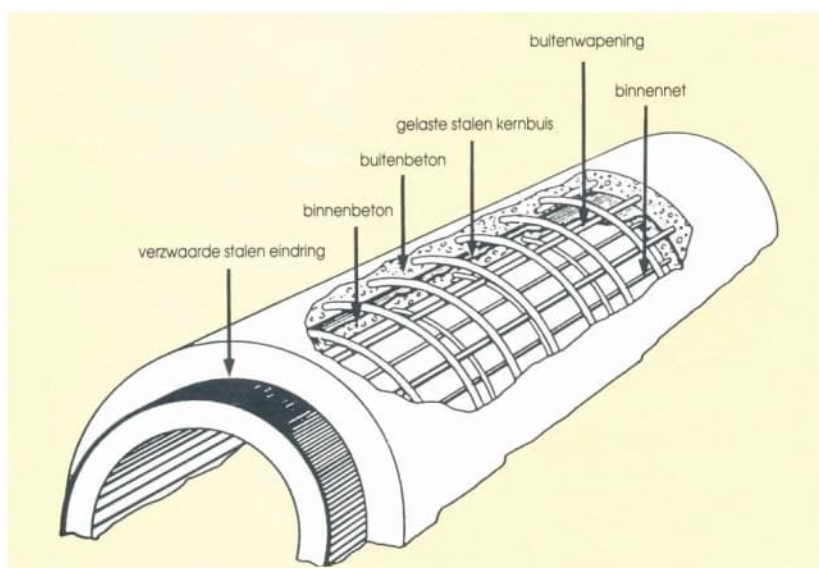
Figuur 3.1: Mof verbinding in betonnen buis [15]

3 Reparatiesets

De reparatiesets zijn aangelegd om eventuele lekkages van de mof/spie-verbindingen op te heffen. De reparatiesets bestaan uit rubber en koolstofstaal. Deze reparatiesets zijn vaak (circa 80 stuks) toegepast op het traject Bergen op Zoom – Waarde. In de overige trajecten zijn bijna geen reparatiesets aanwezig.

4 Plaatstalen kernbuizen en hulpstukken

De gewapend betonnen buizen met plaatstalen kern worden gebruikt voor het afvalwatertransport. Deze kernbuizen bevatten een gelaste koolstofstalen kern. Deze koolstofstalen kernen worden aan elkaar gelast, waarna de lasverbinding aan de binnen- en buitenzijde bedekt wordt met beton.



Figuur 3.2: Schematisch overzicht van plaatstalen kernbuis [15]

5 Coatings betonbuizen

In sommige trajecten zijn de betonbuizen gecoat met koolteer-epoxy of koolteervrije epoxy's. Na 1991 is besloten geen coatings meer toe te passen op betonbuizen.

6 Glasvezelversterkte kunststof (GVK)-buizen en –hulpstukken

De GVK-buizen bestaan uit kunststof met rubbermanchet.

7 Flenzen

De flenzen bestaan uit staal. De flenzen van de AWP zijn met koolteer-epoxy's behandeld. De flenzen van AWP-2 zijn soms thermisch verzinkt. Later zijn alleen koolteervrije epoxy's toegepast.

8 RVS

In de AWP zijn verschillende hulpstukken van roestvrijstaal gemaakt zoals een C-stuk, aanboormanchet en doorverbinding. De RVS onderdelen zijn soms met koolteervrije epoxy's in- en/of uitwendig behandeld.

9 Mangaten

De mangaten bestaan uit staal en zijn met koolteer-epoxy behandeld. Later zijn de mangaten behandeld met koolteervrije epoxy's. De mangaten zijn voorzien van een afdekkap. Om de 300 m in de AWP is een mangatconstructie aanwezig met of zonder stalen ontluchter. Dit kan een hydrant zijn (brandkraantype) of een kleine liggende afsluiter.

10 Afsluiters

Het type afsluiter in de AWP bestaat voornamelijk uit een vlinderklep. Ook zijn er schuifafsluiters aanwezig. De afsluiters bestaan uit staal en zijn met koolteer-epoxy behandeld. Later zijn de afsluiters met koolteervrije epoxy's behandeld.

3.2 Eerste beoordeling kans op MIC en mogelijke effecten daarvan per onderdeel

Voor de verschillende onderdelen in de AWP is op basis van de materialen de kans op MIC en het effect daarvan beoordeeld. Daarbij zijn twee vragen gesteld: 1. Is bij dit type materiaal MIC theoretisch mogelijk? en 2. Kunnen er problemen optreden wanneer bij deze onderdelen MIC optreedt? De resultaten van deze beoordeling zijn weergegeven in onderstaande tabel (Tabel 3.1).

Tabel 3.1: Kans op MIC en effect beoordeeld voor de verschillende AWP-onderdelen

- = geen kans op MIC

± = middelmatige kans op MIC

+ = hoge kans op MIC

Onderdelen AWP	Kans op MIC	Effecten
1. Voorgespannen betonbuizen	-	-
2. Rubberringen	-	-
3. Reparatiesets	+	Klein effect omdat het reparatiesets betreft
4. Plaatstalen kernbuizen en hulpstukken	+	Klein effect omdat de plaatstalen kernbuizen een gewapend beton buitenlaag hebben
5. Coatings betonbuizen	-	-
6. GVK-buizen en hulpstukken	-	-
7. Flenzen	+	Groot effect: lekkages bij aansluiting buizen
8. RVS	±	Groot effect: lekkages
9. Mangaten	+	Groot effect: lekkages
10. Afsluiters	±	Effect: lekkages

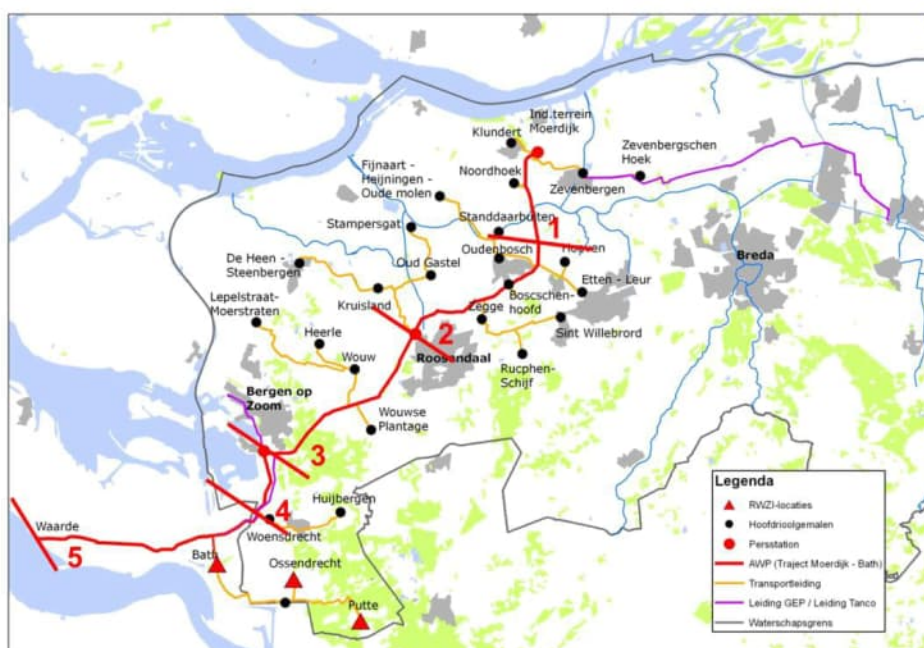
De kans op MIC is voornamelijk aanwezig bij materialen die gedeeltelijk of geheel uit staal bestaan. Voor de onderdelen met een potentiële kans op MIC, is vervolgens op basis van de structurele functie per onderdeel geschat of het effect van het optreden van MIC groot of klein zou zijn.

Op basis van de kans op MIC en mogelijke effecten daarvan zijn de vier meest relevante onderdelen geselecteerd voor uitgebreider onderzoek (Hoofdstuk 4): de flenzen, RVS hulpstukken, mangaten en afsluiters.

4 Kritische parameters voor MIC bij de AWP-onderdelen

4.1 AWP trajecten

De AWP is verdeeld in vijf verschillende trajecten op basis van verwachte verschillen in MIC risico gebaseerd op de kritische parameters bodemtype, zuurgraad en grondwaterstroming (Figuur 4.1).



Figuur 4.1: De trajecten van de AWP

Traject 1 loopt van Moerdijk tot aan ten hoogte van Standdaarbuiten, Aan de Mark.

Traject 2 loopt ten hoogte van Standdaarbuiten, Aan de Mark tot aan Roosendaal.

Traject 3 loopt van Roosendaal tot aan Bergen op Zoom.

Traject 4 loopt van Bergen op Zoom tot aan Woensdrecht.

Traject 5 loopt van Woensdrecht tot aan Waarde.

De gemiddelde diepte van de AWP binnen de verschillende trajecten is beoordeeld aan de hand van de AWP lengteprofielen [2]. De kritische MIC-parameters zijn op deze gemiddelde diepte beoordeeld.

4.2 Kritische MIC-parameters per traject

Voor de verschillende kritische MIC parameters zijn de locatie gegevens per traject via verschillende bronnen opgezocht (Bijlage 1). Deze bronnen bestaan uit de wateratlas van Noord-Brabant [13], corrosiekaarten van TNO [11], DINOLOket [10], PDOKviewer [12], bodemdata.nl [14], inspectierapport kathodische bescherming [15] en inventarisatie van de stalen onderdelen [16]. Hieronder staan de gegevens per kritische parameter voor elk traject van de AWP (Tabel 4.1). In Bijlage 1 staan de kritische parameters uitgewerkt voor de verschillende stalen onderdelen per traject. Na deze samenvatting geven we in de paragrafen erna per traject een omschrijving van de karakteristieken die relevant zijn voor MIC.

Tabel 4.1: Gegevens kritische MIC-parameters per traject

	Traject 1	Traject 2	Traject 3	Traject 4	Traject 5
Bodem-weerstand [ohm.m]	20	80	100	10	10
Sulfaat [mg/l]	100	25	60	100	>150*
Nitraat [mg/l]	0	Niet bekend	<0,5	<0,5	Niet bekend
Zuurstof [mg/l]	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend
pH	toplaag:>6	Toplaag: 4-5, nabij Roosendaal zwak zuur	Toplaag: 4-5, zuiden Bergen op Zoom neutraal	Toplaag: >6	Toplaag: >6
Bodem	Poldervaag grond/ lichte klei	Beekeerd/ gooreerd-grond	Beekeerd/ hoge zwarte enkeergrond/ duinvaag-grond/ veldpodzol	Poldervaag/ nesvaag/ duinvaag/ zeelei	Poldervaag/ nesvaag/ duinvaag
Grondwaterstand [cm -mv]**	GLG: 120-180, GHG: 20-80	GLG: 180-200, GHG: 60-120	GLG: 200->250, GHG: 60-200	GLG: 160-200, GHG: 60-120	GLG: 120-180, GHG: 20-100
Grondwaterstroming	Kwel	Infiltratie, ten noorden van Roosendaal sterke kwel	Infiltratie, ten noorden van Roosendaal sterke kwel	Meestal kwel	Niet bekend
Carbonaat/ kalkgehalte toplaag [%]	>1,5	<0,5	<0,5	>1,5	>1,5
Chloride [mg/l]	200-10.000	50-200	100	50	>10.000
Aanwezigheid puinlaag	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Aanwezig bij Bergen op Zoom	Aanwezig bij Bergen op Zoom	Niet aanwezig
Organisch koolstof [%]	0-2,5	2,5-7,5	2,5-7,5, rond BoZ 0-2,5	Grootste gedeelte 0-2,5, soms 2,5-5	Grootste gedeelte 0-2,5, soms 2,5-5

*: uitgegaan van 150 mg/l;

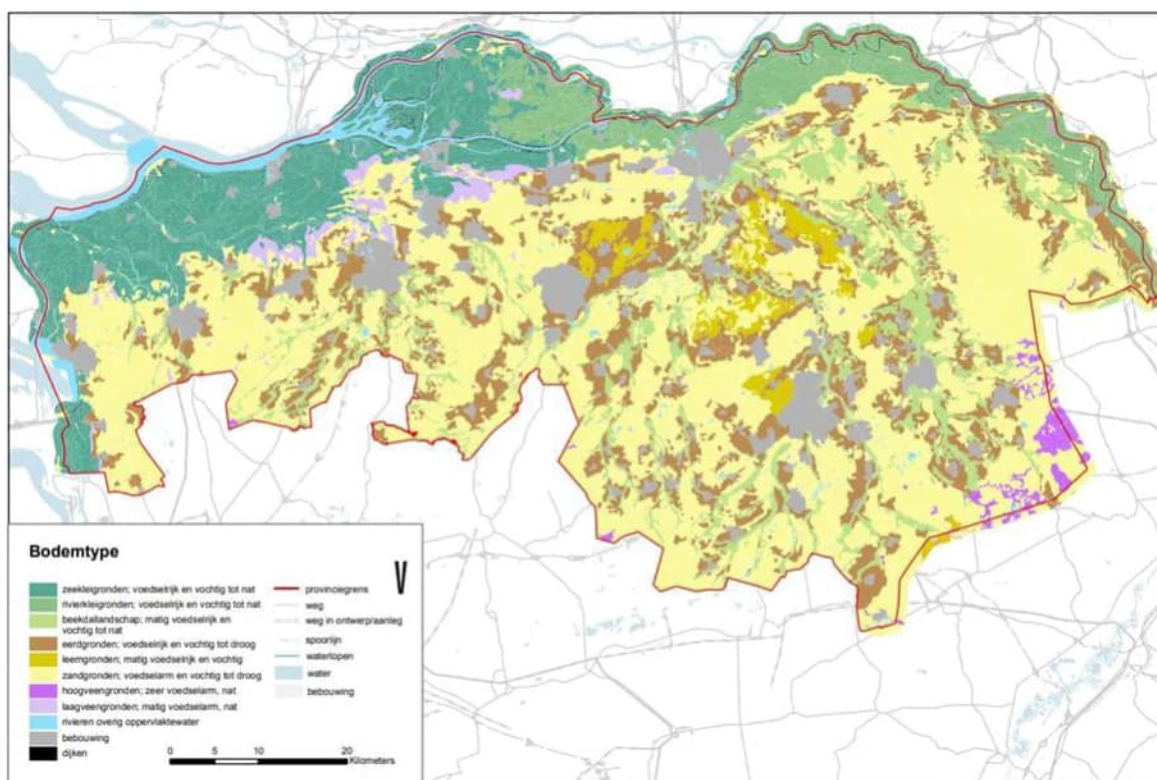
**: GHG: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand; GLG: Gemiddeld Laagste Grondwaterstand.

Alleen in traject 5 is kathodische bescherming op de mangaten aangebracht in de vorm van opofferingsanoden (Bijlage 1). Daarnaast zijn er verschillende coatings toegepast op de stalen onderdelen in traject 1 tot en met 5. Deze coatings bestaan uit tornucoat-SF, tornulex-TC, tornulex-4565, koolteerepoxy-TCN en tornutar-AS (Bijlage 1).

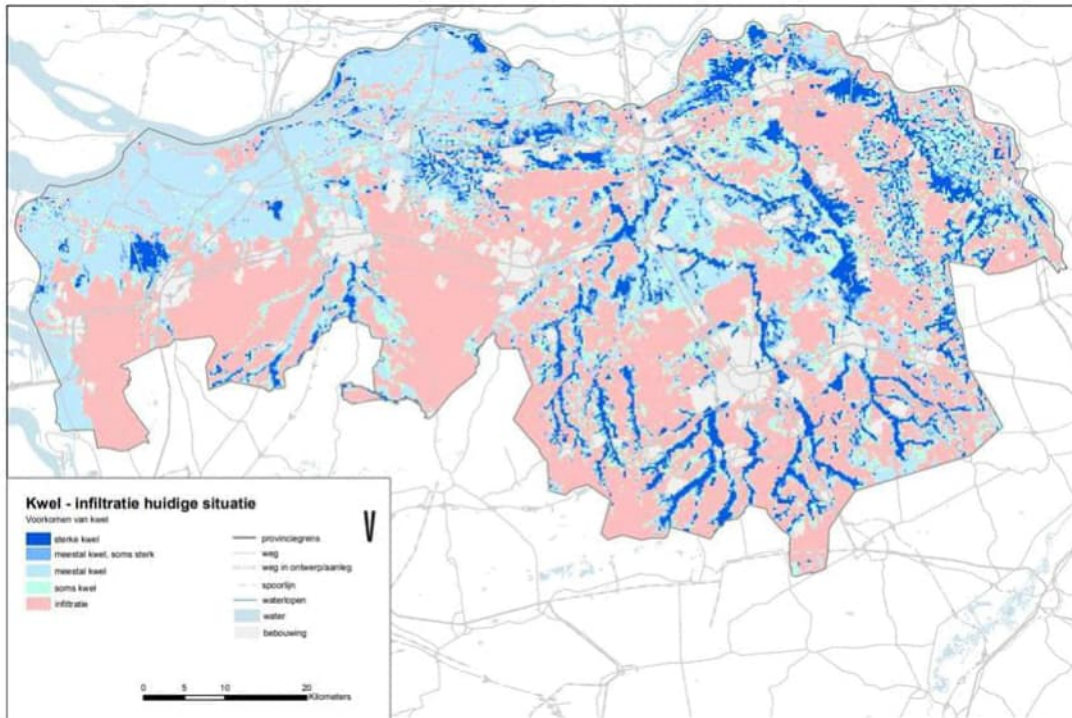
In Figuur 4.2 tot en met Figuur 4.4 is ter illustratie een aantal kaarten uit de Wateratlas van Noord-Brabant [13] gegeven van parameters die van invloed kunnen zijn op het MIC-risico (bodemtype, kwel en infiltratie, en kweltype).

Het is onbekend in hoeverre bij de aanleg dezelfde grond weer teruggestort is rond de aangelegde buis. Dit kan de kans op corrosie beïnvloeden. Waarschijnlijk is op de meeste plaatsen dezelfde grond weer teruggestort. In deze studie gaan we uit van de eigenschappen van de omliggende bodem.

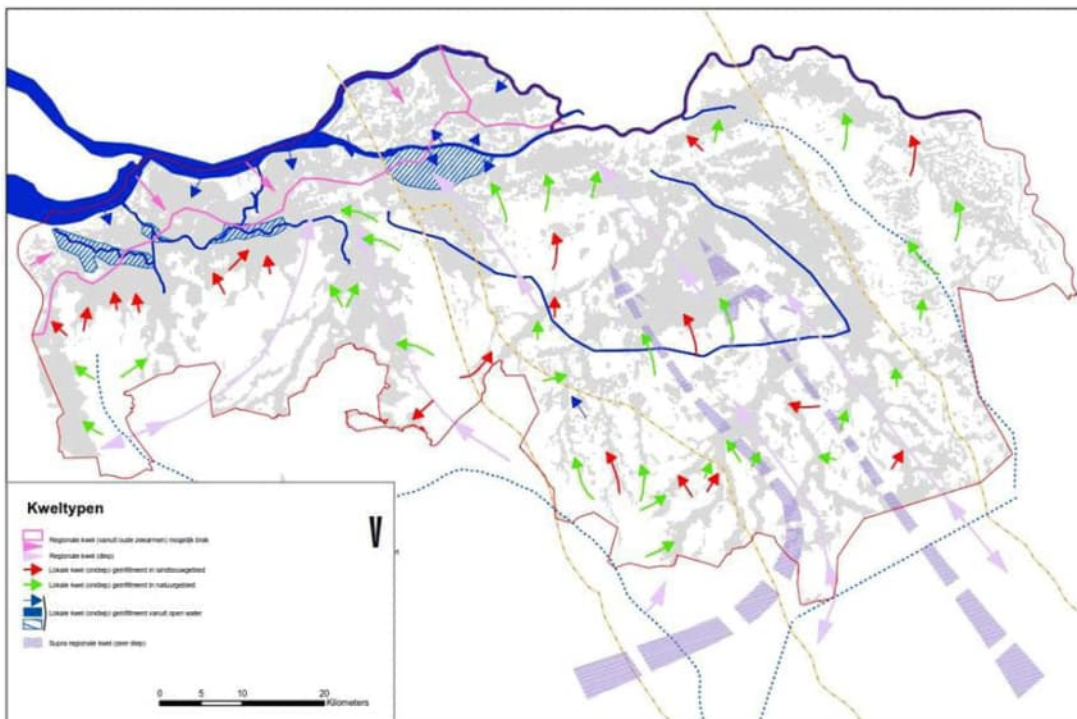
Voor een volledig beeld zou een profiel kunnen worden gemaakt van de ligging van de AWP ten opzichte van verschillende formaties, grondwaterstanden, en andere relevante bodemparameters. Dit zou voor deze studie te ver voeren, zeker aangezien de parameters die we geraadpleegd hebben als duidelijk verschillen tussen de trajecten laten zien (zie discussie verderop).



Figuur 4.2: Bodemtype kaart Noord-Brabant



Figuur 4.3: Kwel en infiltratiekaart Noord-Brabant



Figuur 4.4: Kweltypen Noord-Brabant

4.2.1 Traject 1

Traject 1 heeft een relatief lage bodemweerstand van gemiddeld 20 ohm.m. Traject 1 ligt dicht bij het Hollands Diep en bestaat voornamelijk uit zeeklei en poldervaaggronden (Figuur 4.2).

In dit traject vindt voornamelijk kwel plaats. De herkomst hiervan is water dat is geïnfiltreerd vanuit oppervlaktewater (Figuur 4.3 en 4.4).

Het gebied heeft relatief hoge sulfaat- en chloride-concentraties (resp. rond de 100 mg/l en 200-10.000 mg/l). Alle stalen onderdelen in dit traject zijn gecoat met tornucoat-SF of tornulex-TC. De GLG in traject 1 ligt tussen de 120 en 180 cm. De GHG ligt tussen de 20 en 80 cm.

De zeeklei in dit traject is drooggelegd, wat mogelijk kan hebben geleid tot verzuring van ondiep grondwater. Deze verzuring kan echter ook weer geneutraliseerd zijn door kalk. Op basis van de geraadpleegde gegevens lijkt deze verzuring in het algemeen mee te vallen: de toplaag in traject 1 heeft een neutrale pH. Lokaal kunnen hierin wel verschillen aanwezig zijn, maar dit vereist een meer gedetailleerde studie.

4.2.2 Traject 2

De bodemweerstand in dit traject is gemiddeld hoger dan traject 1 met 80 ohm.m. De sulfaat- en chloride-concentraties zijn beduidend lager (gemiddelde concentraties van resp. 25 mg/l en 50-200 mg/l). Dit traject heeft een zwak zure toplaag met een pH tussen de 4 en 5. Ten noorden van Roosendaal heeft het grondwater een neutrale pH. De toplaag is kalkloos en bestaat voornamelijk uit zand- en eerdgronden (Figuur 4.2).

In traject 2 vindt voornamelijk infiltratie plaats (Figuur 4.3). Ten noorden van Roosendaal vindt voornamelijk sterke kwel plaats. De GLG en GHG zijn vergelijkbaar met traject 1. Ook in dit traject zijn alle stalen onderdelen gecoat, maar de coating betreft hier tornulex-4565. Ten noorden van Roosendaal loopt een gedeelte van de AWP evenwijdig aan de spoorlijn.

4.2.3 Traject 3

De bodemweerstand in dit traject is gemiddeld 100 ohm.m. De sulfaat- en chloride-concentraties in het grondwater zijn resp. gemiddeld 60 mg/l en 100 mg/l. Het organisch stofgehalte in de toplaag ligt gemiddeld tussen de 2,5 en 7,5%. Rond Bergen op Zoom ligt dit gehalte lager met concentraties tussen de 0 en 2,5%. De pH van de toplaag in traject 3 is zwak zuur en ligt rond de 4. Ten zuiden van Bergen op Zoom heeft de toplaag een pH hoger dan 6 (neutraal). Het bodemtype in traject 3 bestaat net zoals traject 2 voornamelijk uit zand- en eerdgronden (Figuur 4). Bij Bergen op Zoom is lokaal een ophooglaag/puinlaag aanwezig tot ongeveer 190 meter na de buffertoren.

In traject 3 vindt net zoals in traject 2 voornamelijk lokale infiltratie plaats (Figuur 4.3 en 4.4). Ten noorden van Roosendaal vindt voornamelijk sterke kwel plaats.

4.2.4 Traject 4

De lage bodemweerstand in traject 4 is vergelijkbaar met traject 1 (10 ohm.m). De bodem in traject 4 bestaat voornamelijk uit zeeklei en poldervaaggronden (Figuur 4.2) en heeft chloride gehalten van 50 mg/l. Net zoals in traject 3 is er lokaal bij Bergen op Zoom een ophooglaag/puinlaag aanwezig tot ongeveer 190 meter na de buffertoren. De toplaag in traject 4 heeft een neutrale pH en carbonaatgehaltenes boven de 1,5%. In dit traject vindt voornamelijk kwel plaats.

De flenzen en mangaten zijn gecoat met koolteerepoxy. De meeste afsluiters zijn niet gecoat. Echter, enkele afsluiters zijn gecoat met koolteerepoxy.

4.2.5 Traject 5

De bodemweerstand in dit traject is ca 10 ohm.m. De sulfaat- en chlorideconcentraties zijn zeer hoog met waardes, respectievelijk boven de 150 mg/l en 10.000 mg/l. De bodem in traject 5

bestaat uit poldervaag-, nesvaag- en duinvaaggronden. De toplaag heeft een neutrale pH en is kalkrijk met carbonaatgehaltenes boven de 1,5%. De flenzen en mangaten zijn gecoat met koolteerepoxy. De meeste afsluiters zijn niet gecoat. Enkele afsluiters zijn gecoat met koolteerepoxy. Daarnaast is er ook KB aanwezig op de mangaten in traject 5. Deze KB bestaat uit opofferingsanoden. Er is minder kans op zwerfstromen door spoorlijnen aanwezig binnen traject 5.

5 MIC beoordeling

Als we de gegevens van de locatie voor de verschillende kritische parameters (zoals beschreven in Hoofdstuk 3) invullen in het beoordelingssysteem krijgen we voor de verschillende stalen onderdelen de kans op MIC (Tabel 5.1).

De RVS-onderdelen hebben in Tabel 5.1 een vergelijkbare MIC beoordeling ten opzichte van de flenzen, mangaten en afsluiters. Echter de kans op chemische corrosie en MIC van RVS is beduidend lager. Hieronder staan de resultaten voor de verschillende trajecten beschreven. Voor alle trajecten zijn geen data bekend van de zuurstofconcentratie in het ondiepe grondwater.

5.1 Traject 1

In traject 1 is de kans op MIC groot. De totale MIC beoordeling is -10. Een aantal parameters zorgt voor de verhoogde kans op MIC in dit traject. Eén daarvan is de lage bodemweerstand (hoge geleidbaarheid door hoog zoutgehalte van het grondwater). Daarnaast zijn hoge sulfaatconcentraties aanwezig zodat sulfaat-reducerende bacteriën gestimuleerd worden in de bodem en de kans op MIC toeneemt. De derde parameter die de kans op MIC verhoogt is de positie van de leiding ten opzichte van de grondwaterstand. De AWP ligt in dit traject 1 grotendeels onder het grondwaterniveau. Soms bevindt het bovenste gedeelte van de AWP zich boven het grondwaterniveau. Dit zorgt voor wisselende zuurstofconcentraties en daarmee een toename in de kans op MIC.

5.2 Traject 2

In traject 2 is de kans op MIC lager dan in traject 1. Dit komt doordat het een zandgebied is met een neutrale pH en er geen verhoogde sulfaat en/of chloride concentraties gemeten worden in het ondiepe grondwater. De totale MIC beoordeling is -4.

5.3 Traject 3

Ook in traject 3 is de kans op MIC relatief laag omdat het hier net zoals in traject 2 een zandgebied betreft met neutrale pH. In dit gebied worden chloride-concentraties van 100 mg/l gemeten in het grondwater. Dit kan de kans op MIC verhogen. In dit traject zijn de flenzen, RVS onderdelen en mangaten gecoat. De afsluiters zijn niet gecoat. De niet gecoate afsluiters hebben een hogere kans op MIC dan de flenzen, RVS onderdelen en mangaten. De totale MIC beoordeling ligt hier rond de -4. Nabij Bergen op Zoom is lokaal een puinlaag aanwezig wat de kans op MIC sterk verhoogt.

5.4 Traject 4

In traject 4 is de kans op MIC groot. De bodemweerstand is laag en er is sulfaat aanwezig als voedingsstof voor sulfaat reducerende bacteriën. De bodem bestaat uit zeeklei, wat in dit geval de kans op MIC verhoogt. De totale MIC beoordeling is -9. Ook in dit traject is bij Bergen op Zoom lokaal een puinlaag aanwezig wat de kans op MIC verder verhoogt.

5.5 Traject 5

In traject 5 is de kans op MIC vergelijkbaar met traject 4. De bodemweerstand is laag en de sulfaat- en chloride-concentraties zijn relatief hoog. Er zijn geen zwerfstromen door spoorlijnen aanwezig in dit traject, waardoor de kans op versterking van corrosie daardoor minder groot is. Alle stalen onderdelen in dit traject zijn gecoat. De mangaten hebben ook kathodische bescherming in de vorm van opofferingsanoden.

5.6 Interne MIC

In het voorgaande hebben we alleen gesproken over de invloed van bodem en grondwater op MIC. De stalen en RVS onderdelen die in contact met het afvalwater staan (zoals de flenzen, mangaten en afsluiters) hebben ook een intern risico op MIC. Het is niet op voorhand te zeggen of het risico op interne MIC groter is dan op externe MIC. Aan de ene kant is het interne MIC risico groot door afvalwaterstroming, aanwezigheid van micro-organismen in het afvalwater en de aanwezigheid van veel voedingsstoffen en gunstige omstandigheden voor groei van micro-organismen. Aan de andere kant kan het verschil ook meevallen, wanneer bijvoorbeeld in de bodem rondom de leiding gereduceerde omstandigheden met hoog sulfaatgehalten heersen, terwijl in de leiding oxische en/of nitraathoudende omstandigheden heersen.

Het uiteindelijke effect van het eventueel optreden van MIC wordt echter daarnaast bepaald door het effect op de structurele functie van dit onderdeel. Aangezien de binnenzijde van de leiding voornamelijk uit beton bestaat, wordt verwacht dat het mogelijke effect klein is. Voor stalen onderdelen die in contact staan met het afvalwater, zoals bij de mangaten, is goede bescherming en monitoring aan te bevelen.

MIC parameter	Traject 1				Traject 2				Traject 3				Traject 4				Traject 5			
	Flenzen	RVS	Mangaten	Afsluiters	Flenzen	RVS	Mangaten	Afsluiters	Flenzen	RVS	Mangaten	Afsluiters	Flenzen	RVS	Mangaten	Afsluiters	Flenzen	RVS	Mangaten	Afsluiters
Bodemweerstand [ohm.m]	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Sulfaat [mg/l]	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Chloride [mg/l]	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1
Organisch koolstof [%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbonaat/kalkgehalte toplaag [%]	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Bodem	-2	-2	-2	-2	2	2	2	2	2	2	2	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Aanwezigheid puinlaag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grondwaterstroming	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-	-	-	-
Grondwaterstand [cm -mv]	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Coatings	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
Kathodische bescherming	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1
Totaal	-10	-10	-10	-10	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-9

Tabel 5.1: MIC beoordeling stalen onderdelen AWP

- = geen gegevens bekend

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Op basis van het uitgevoerde literatuuronderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden ten aanzien van de stalen onderdelen in de AWP van Brabantse Delta.

- 1 Meetdata uit de literatuur laat zien dat de hoogste kans op MIC in traject 1,4 en 5 is.
- 2 Bij Bergen op Zoom is lokaal een ophooglaag/puinlaag aanwezig wat de kans op MIC lokaal verhoogt.
- 3 De aangebrachte coatings op de stalen onderdelen bieden bescherming tegen MIC, mits goed aangebracht en onderhouden.
- 4 De mangaten in traject 5 worden extra beschermd tegen MIC door de toepassing van kathodische bescherming in de vorm van opofferingsanoden.
- 5 De RVS onderdelen hebben een lagere kans op MIC.
- 6 Bij goed aangebrachte en onderhouden coatings en/of KB worden geen onaanvaardbaar hoge MIC risico's verwacht.
- 7 De stalen en RVS onderdelen die in contact met het afvalwater staan (zoals de flenzen, mangaten en afsluiters) hebben een risico op interne MIC. Dit interne MIC risico kan groter zijn dan het externe MIC risico vanuit bodem en grondwater. Maar aangezien de binnenzijde van de leiding voornamelijk uit beton bestaat, wordt verwacht dat het mogelijke effect klein is.

6.2 Aanbevelingen

Aan de hand van het uitgevoerde onderzoek wordt aanbevolen om in de trajecten en gebieden met het hoogste risico op MIC (traject 1, rondom Bergen op Zoom, traject 4, en traject 5) de coatings goed te onderhouden en te monitoren.

In traject 5 zit kathodische bescherming op de mangaten om deze te beschermen tegen MIC. Aanbevolen wordt om de kathodische bescherming periodiek te monitoren zodat eventuele mankementen op tijd gedetecteerd worden.

Hiernaast is het mogelijk om de mangaten in traject 1 tot en met 4 en de overige stalen onderdelen (flenzen en afsluiters) te beschermen tegen MIC door het aanbrengen van kathodische bescherming.

We bevelen aan om de intensiteit van de inspectie op corrosie en beschermingsmaatregelen daartegen (coatings, KB) per traject af te laten hangen van de aangegeven MIC risico's: hoe hoger het berekende risico, hoe hoger de monitoringsintensiteit.

Referenties

- [1] AWP faalkans-analyse, Lievense; 052556 [2006]
- [2] AWP lengteprofielen, Brabantse Delta
- [3] DIN 50929-3, Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallener Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung [2018]
- [4] AWWA, Soil corrosivity analysis
- [5] Camitz, G. & Vinka, T.-G., Corrosion of Steel and Metal-Coated Steel in Swedish Soils - Effects of Soil Parameters. Effects of Soil Characteristics on Corrosion, ASTM STP 1013, V. Chaker and J.D. Palmer (Eds.) American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 37-53 [1989]
- [6] Beavers & Durr, Corrosion of steel piling in non-marine applications NCHRP report 408, Report [1998]
- [7] Manning, J.T. and Morley, J. Corrosion of Steel Piles. Piles and Foundations, The Institution of Civil Engineers, London, pp. 223-229 [1981].
- [8] Escalante, E. Measuring the Underground Corrosion of Steel Piling at Turcot Yard, Montreal, Canada – A 14 Year Study. Corrosion Forms and Control for Infrastructure, ASTM STP No. 1137, pp. 339-355 [1992].
- [9] Jansen, S., Kraaijenbrink, P., van Meurs, G.A.M. Corrosie van stalen damwandplanken in de grond. Effect van zout grondwater [2014]
- [10] DINOloket, geraadpleegd in 2018
- [11] Witte, L.J. & Rijkers, R.H.B. Corrosie-risicokaarten. NITG97-136-B [1996]
- [12] PDOK viewer, geraadpleegd in 2018
- [13] Wateratlas Noord-Brabant, https://atlas.brabant.nl/documenten/water/wateratlas/opmaak_pdf.html, geraadpleegd in 2018
- [14] Bodemdata Nederland, <http://maps.bodemdata.nl/bodemdatanl/index.jsp>, geraadpleegd in 2018
- [15] Inspectierapport Kathodische Bescherming, van der Heide [2017]
- [16] Inventarisatie van de gietijzeren en stalen onderdelen in de A.W.P. (exclusief persgemalen) en hun bescherming [1986]
- [17] Handboek materialen AWP system Waterschap Brabantse Delta [2015]

[18] Jia, R. et al., 2017, Electrochemical Testing of Biocide Enhancement by a Mixture of d - Amino Acids for the Prevention of a Corrosive Biofilm Consortium on Carbon Steel. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 56, 27, 7640-7649.

[19] S. Jansen et al., 2017a, Effects of environmental conditions on external Microbiologically Influenced Corrosion (MIC) of underground pipelines: a laboratory and field study using Electrical Resistance (ER) bioprobes. T.L. Skovhus, D. Enning, J.S. Lee, "Microbiologically Influenced Corrosion in the Upstream Oil and Gas Industry", (New York, USA: CRC Press, 2017), p. 413-434.

[20] S. Jansen et al., 2017b, Cathodic Protection and MIC - Effects of Local Electrochemistry. NACE paper 9452.

[21] A. Dam, 2016, Coating and MIC. Presentation at Pipeline Coating, Vienna, February 2016.

[22] Usher, K.M. et al., 2014, Critical review: microbially influenced corrosion of buried carbon steel pipes. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 93, 84-106.

[23] Sooknah, R. et al., 2007, Modelling the occurrence of microbiologically influenced corrosion. NACE corrosion 2007, paper 07515.

[24] Overzicht calamiteiten vanaf 1997, Brabantse Delta

Bijlagen

Bijlage 1: De gegevens van de locatie voor alle kritische parameters

MIC parameter	Traject 1			Traject 2			Traject 3			Traject 4			Traject 5		
	Flenzen	RVS	Afsluiter	Flenzen	RVS	Mangaten	Afsluiter	Flenzen	RVS	Mangaten	Afsluiter	Flenzen	RVS	Mangaten	Afsluiter
Bodemweerstand [ohm.m]	20	20	20	80	80	80	100	100	100	100	100	10	10	10	10
Sulfaat [mg/l]	100	100	100	25	25	25	60	60	60	60	60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Nitraat [mg/l]	0	0	0	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	>150**	>150**	>150**	>150**
Zuurstof [mg/l]	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend	Niet bekend
pH	toplaag-> 6	toplaag-> 6	toplaag-> 6	Toplaag: 4-5, nabij Roodendaal zwak zuur	Toplaag: 4-5, nabij Roodendaal zwak zuur	Toplaag: 4-5, nabij Roodendaal zwak zuur	Toplaag: 4-5, nabij Roodendaal zwak zuur	Toplaag: 4-5, nabij Roodendaal zwak zuur	Toplaag: 4-5, nabij Roodendaal zwak zuur	Toplaag: 4-5, nabij Roodendaal zwak zuur	Toplaag: 4-5, nabij Roodendaal zwak zuur	Toplaag: >6	Toplaag: >6	Toplaag: >6	Toplaag: >6
Bodem	Poldervaag/lichte klei	Poldervaag/lichte klei	Poldervaag/lichte klei	Beekerd/g ooreedgrond	Beekerd/g ooreedgrond	Beekerd/g ooreedgrond	Beekerd/g ooreedgrond	Beekerd/g ooreedgrond	Beekerd/g ooreedgrond	Beekerd/g ooreedgrond	Beekerd/g ooreedgrond	Poldervaag/lichte klei	Poldervaag/lichte klei	Poldervaag/lichte klei	Poldervaag/lichte klei
Grondwaterstand [cm-mv]	GLG: 120-180, GHG: 180-200	GLG: 120-180, GHG: 180-200	GLG: 120-180, GHG: 180-200	GLG: 180-200, GHG: 60-120	GLG: 180-200, GHG: 60-120	GLG: 180-200, GHG: 60-120	GLG: 200-250, GHG: 60-200	GLG: 200-250, GHG: 60-200	GLG: 200-250, GHG: 60-200	GLG: 200-250, GHG: 60-200	GLG: 200-250, GHG: 60-200	GLG: 120-180, GHG: 200-100	GLG: 120-180, GHG: 200-100	GLG: 120-180, GHG: 200-100	GLG: 120-180, GHG: 200-100
Grondwaterstroming	Kwel	Kwel	Kwel	Infiltratie, ten noorden van Roodendaal	Infiltratie, ten noorden van Roodendaal	Infiltratie, ten noorden van Roodendaal	Infiltratie, ten noorden van Roodendaal	Infiltratie, ten noorden van Roodendaal	Infiltratie, ten noorden van Roodendaal	Infiltratie, ten noorden van Roodendaal	Infiltratie, ten noorden van Roodendaal	Meestal kwel	Meestal kwel	Meestal kwel	Meestal kwel
Carbonaat/kalgehalte toplaag [%]	>1,5	>1,5	>1,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	>1,5	>1,5	>1,5	>1,5
Chloride [mg/l]	10.000	10.000	10.000	50-200	50-200	50-200	100	100	100	100	100	>10.000	>10.000	>10.000	>10.000
Aanwezigheid puinlaag	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Aanwezig bij Boz	Aanwezig bij Boz	Aanwezig bij Boz	Aanwezig bij Boz	Aanwezig bij Boz	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Niet aanwezig
Organisch koolstof [%]	0-2,5	0-2,5	0-2,5	2,5-7,5	2,5-7,5	2,5-7,5	2,5-7,5	2,5-7,5	2,5-7,5	2,5-7,5	2,5-7,5	0-2,5	0-2,5	0-2,5	0-2,5

MIC parameter	Traject 1			Traject 2			Traject 3			Traject 4			Traject 5			
	Flenzen	RVS	Afsluiters Mangaten s	Flenzen	RVS	Afsluiters Mangaten s	Flenzen	RVS	Afsluiters Mangaten s	Flenzen	RVS	Afsluiters Mangaten s	Flenzen	RVS	Afsluiters Mangaten s	
Kathodische bescherming	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	
Coatings	tornuocoo t-SF formul ex-TC+ coating	Geen	tornuocoo- SF t-SF*	tornulex- 4565 coating	Geen	tornulex- 4565*	koolteer epoxy- TCN/torn utar-AS	Geen	Tornutar- AS	Niet gecoat	kool- teerepox y coating	kool- teerepox y coating	kool- teerepox y coating	Geen	kool- teerepox y coating	
Aanwezigheid spoorlijnen	Aanwezi g, spoorlijn kruisen	Aanwezi g, spoorlijn kruisen	Aanwezi g, spoorlijn kruisen	Aanwezig, gedeelte aan spoorlijn	Aanwezig, gedeelte aan spoorlijn	Aanwezig, gedeelte aan spoorlijn	Aanwezi g op traject BoZ- Woensdr echt	Aanwezi g op traject BoZ- Woensdr echt	Aanwezi g op traject BoZ- Woensdr echt	Aanwezi g op traject BoZ- Woensdr echt	Aanwezi g op traject BoZ- Woensdr echt	Aanwezi g op traject BoZ- Woensdr echt	Aanwezi g op traject BoZ- Woensdr echt	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Niet aanwezig

* veel flenzen en afsluiters gecoat, maar onduidelijk met welk materiaal

** uitgegaan van 150 mg/l

Bijlage 2: Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Het in dit rapport beschreven onderzoek geeft globaal, op bestaande gegevens gebaseerd aan in welke gebieden grotere of kleinere risico's op MIC te verwachten zijn. Ook worden aanbevelingen gedaan voor monitoring en inspectie. In een vervolgonderzoek zouden de volgende vragen concreter kunnen worden beantwoord:

- Hoe groot is het risico op MIC?
- Op welke manier kunnen het risico op MIC, het daadwerkelijk optreden van MIC, en tegenmaatregelen (coatings, KB) gemonitord worden?

Deze vragen liggen in elkaars verlengde. We stellen de volgende aanpak voor.

In overleg tussen Brabantse Delta en Deltares wordt een aantal locaties en (stalen) onderdelen van de AWP gekozen met een verschillende MIC verwachting. De keuze van deze locaties en onderdelen kan worden gebaseerd op de gebieden met verschillend MIC risico die in dit rapport zijn geïdentificeerd.

Op deze locaties zal een gedetailleerdere risico-inschatting op MIC worden gedaan op basis van de volgende bepalingen:

- bepaling van de structurele functie en materiaal van dit onderdeel;
- lab-incubaties van materialen onder gestimuleerde MIC condities om te zien hoe kwetsbaar deze materialen zijn;
- inspectie van coatings en KB (visueel, coatingintegriteit, KB potentiaal);
- relevante water- en bodemeigenschappen voor MIC;
- mogelijke MIC producten of indicatoren voor MIC (sulfide, methaan, pH daling);
- aanwezigheid MIC organismen in biofilm (qPCR, NGS);
- verkennende MIC-test met een ER MIC probe in de leiding, buiten de leiding op een risicolocatie, en buiten de leiding op een niet-risicolocatie. Dit geeft een beeld of deze monitoringsmethode toepasbaar is, en kan een beeld geven van verschillen in MIC risico.

Op basis van deze bepaling zal een gedetailleerdere schatting gegeven worden van het MIC risico op verschillende locaties en materialen, en van de strategie voor monitoring en inspectie.

Bijlage 3: Faciliteiten MIC onderzoek Deltares

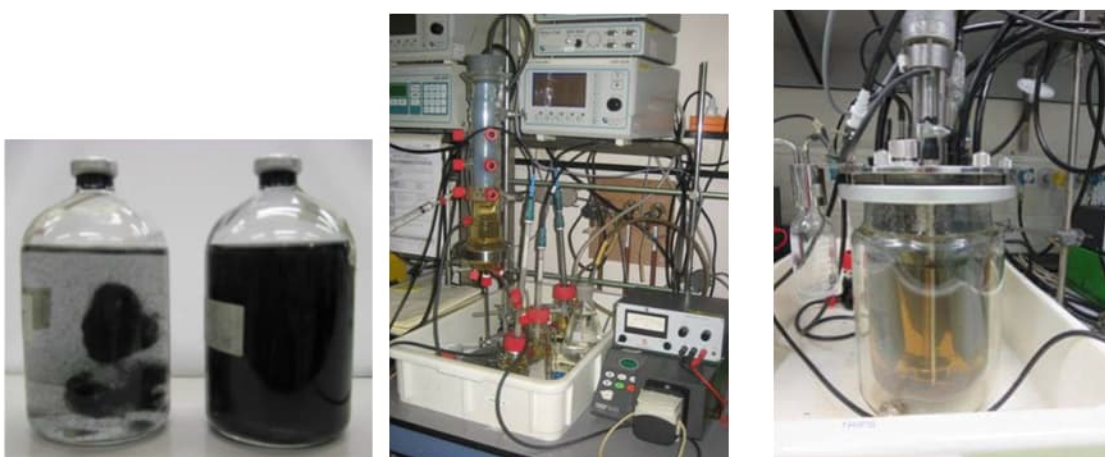
Bij het Deltares laboratorium in Utrecht wordt sinds 2007 onderzoek uitgevoerd naar MIC. In het laboratorium kunnen onder meer de volgende aspecten worden onderzocht:

- zijn er MIC micro-organismen aanwezig, en zo ja, welke organismen zijn dit en zijn ze actief?
- wat is de invloed van milieuomstandigheden op het risico op MIC?
- wat is het effect van maatregelen (o.a. coatings, kathodische bescherming)?

MIC onderzoek vereist een combinatie van methoden, en vele daarvan zijn beschikbaar in het Deltares laboratorium. Allereerst zijn goed gecontroleerde anaerobe condities nodig, omdat MIC vaak onder die omstandigheden voorkomt. Deltares beschikt over de laboratoriumfaciliteiten om MIC op te wekken en te bestuderen, bijvoorbeeld in kweekflesjes of reactoren (Figuur B3.2 en Figuur B3.1).



Figuur B3.1 Impressie reactorenlab bij Deltares, Utrecht.



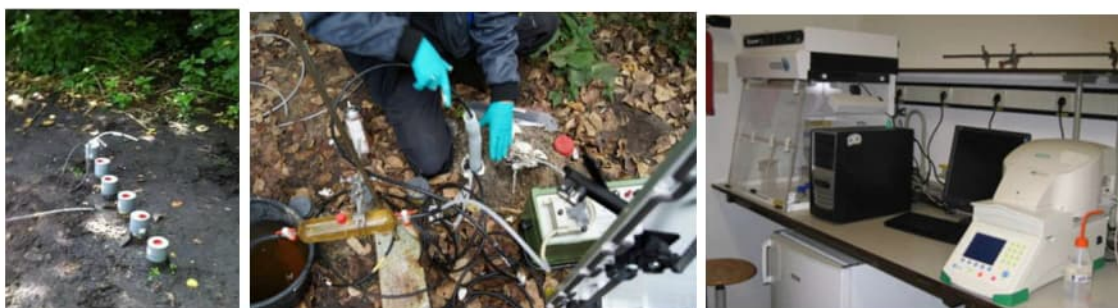
Figuur B3.2 Modelsystemen om MIC in het laboratorium te onderzoeken. Links: kweekflesjes; midden en rechts: doorstroomreactoren met een of meerdere corrosieprobes.

Deltares heeft een nieuwe MIC-probe ontwikkeld waarmee MIC kan worden gemonitord (Figuur B3.3). Deze probe is gebaseerd op een Electrical Resistance (ER) probe met MIC biofilm. Met deze probe kan continu staaldikte, en dus MIC snelheid over de tijd gemeten worden. Zo kan

snel en gecontroleerd MIC gedrag onder verschillende omstandigheden worden onderzocht. De probe is toepasbaar in het lab en in het veld.



Figuur B3.3 ER probe voor het bestuderen van microbiele corrosie. Links: ER probe voor blootstelling; midden: ER probe met biofilm en corrosieproducten; rechts: oppervlak ER probe na aantasting door MIC (na verwijdering biofilm en corrosieproducten) (close-up).



Figuur B3.4 Voorbeelden van methoden om MIC te onderzoeken: veldproeven in peilbuizen; DNA detectiemethoden, modellen, microsensoren.

Deltares beschikt verder over een combinatie van methodieken, die het mogelijk maakt om te begrijpen waarom MIC ontstaat en wat er tegen te doen is.

Veldmetingen met ER probes laten zien wat het gedrag van MIC in veldsituaties is. Vergelijking van resultaten in het lab en veld versterken de toepasbaarheid van resultaten in het veld. In

het veld kan de invloed van omgevingsfactoren (grondwatersamenstelling, grondwaterstand) en kathodische bescherming worden aangetoond.

Met behulp van DNA methoden kan informatie over de soortensamenstelling van de biofilm, groepen organismen in de biofilm (bijvoorbeeld sulfaat reduceerders) en actieve/niet actieve organismen bepaald worden.

Metingen van de zuurgraad (pH) in de biofilm (bijvoorbeeld met microsensoren) kunnen informatie geven over lokale processen in de biofilm, die nodig zijn om effecten van kathodische bescherming op MIC te begrijpen.

Modellen en simulaties dragen bij aan begrip van effecten van beschermende coatings op kathodische bescherming en transport van voedingsstoffen voor MIC onderzocht door (defecte) coatings.

Met dit onderzoek heeft Deltares inmiddels veel nieuwe kennis ontwikkeld over MIC, die onder andere geleid heeft tot diverse nationale en internationale publicaties (zie selectie van publicaties hieronder).

Ter illustratie hebben we een aflevering toegevoegd over het MIC onderzoek uit de rubriek 'Proeftuin' in Deltalife, het relatieblad van Deltares.

Publicaties (selectie)

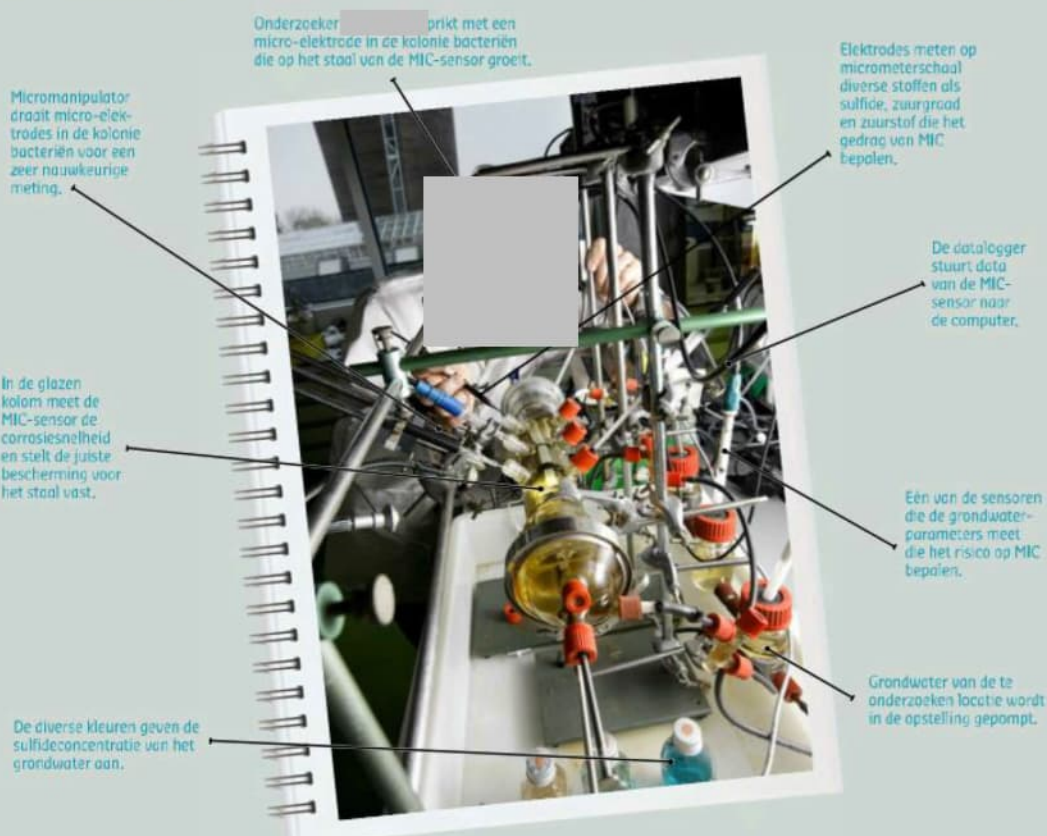
- B. Paulsen and S. Jansen, 2018, ICCP for protecting the inside of monopiles: pH effects, influence of hydrodynamics and effectiveness against MIC. Corrosion protection for offshore wind, IQPC conference.
- S. Jansen et al., 2017, Cathodic Protection and MIC - Effects of Local Electrochemistry. NACE paper 9452.
- S. Jansen et al., 2017, Effects of environmental conditions on external Microbiologically Influenced Corrosion (MIC) of underground pipelines: a laboratory and field study using Electrical Resistance (ER) bioprobes. T.L. Skovhus, D. Enning, J.S. Lee, "Microbiologically Influenced Corrosion in the Upstream Oil and Gas Industry", (New York, USA: CRC Press, 2017), p. 413-434.
- A. Dam, 2016, Coating and MIC. Presentation at Pipeline Coating, Vienna, February 2016.
- S. Jansen et al., 2014, Corrosion of sheet piling in the soil: results of a literature review and practical research. Eurocorr conference, September 2014.

22

DELTA
life

PROEFTUIN

In het Milieulaboratorium onderzoekt Deltares microbiologische en chemische processen die van nature in water en bodem voorkomen.



EFFICIËNTER BEHEER ONDERGRONDSE INFRASTRUCTUUR

Menig beheerder van ondergrondse infrastructuur heeft er last van: stalen leidingen die worden aangevreten door bacteriën waardoor razendsnel lekkages kunnen ontstaan. Microbiële corrosie (MIC) noemen we dat. De schade die MIC kan veroorzaken is groot en het is de leidingbeheerders er veel aangelegen grip te krijgen op dit veel voorkomende verschijnsel. Maar het proces is gecompliceerd en niet eenvoudig te doorgronden. Beheerders zoeken het nu vooral in preventieve maatregelen als het aanbrengen van een beschermende coating, kathodische bescherming of het vroegtijdig vervangen van leidingen. Wereldwijd kosten deze maatregelen miljarden, terwijl de effectiviteit

niet altijd vaststaat. Deltares meent dat er grote bedragen zijn te besparen als duidelijk is onder welke omstandigheden MIC ontstaat, hoe snel het zich ontwikkelt en welke bescherming afdoende is. Daarom doet het al geruime tijd, in opdracht van een paar netwerkbeheerders, onderzoek naar MIC. Samen krijgen we het proces steeds beter in de vingers. Deltares kan inmiddels met onderzoek in het laboratorium en in het veld voor een beheerder vaststellen bij welke locaties risico op MIC is, hoe snel het proces kan gaan en welke bescherming nodig is. Hiermee kunnen netwerkbeheerders hun ondergrondse leidingen effectief onderhouden en worden dure, onnodige vervangingen of een verkeerde bescherming voorkomen.

Meer weten?

@deltares.nl

Zien hoe onderzoek naar microbiële corrosie wordt gedaan? Kijk op <http://bit.ly/1uYzMi> of scan de code.



5.1.2.e