



2 oktober 2023



Microbiële corrosie

Marcelle van der Waals

KWR

Bridging Science to Practice

Wie ben ik?

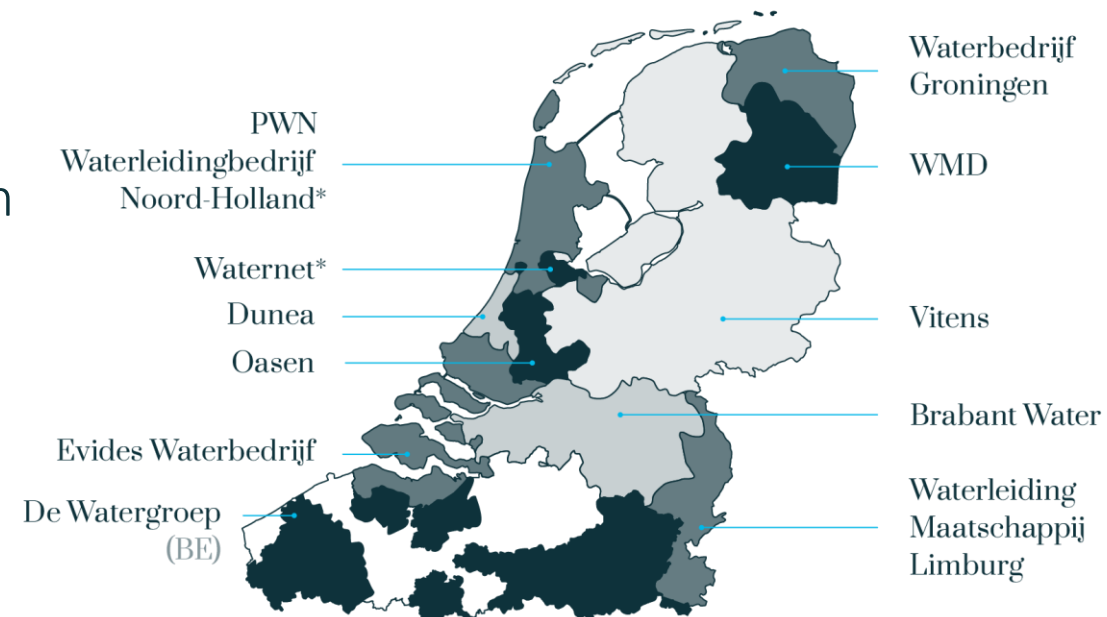
1. Gepromoveerd in de microbiologie – Biologische afbraak van verontreinigingen
 2. Onderzoeker/projectmanager Deltares tot 2022
 - Waterkwaliteit en microbiologie
 3. Onderzoeker/projectmanager KWR vanaf 2022
 - Biologische afbraak
 - Nature based solutions (bijv. helofytenfilters)
 - Waterkwaliteit tuinbouwsector → recirculatie van water
 - Microbiële corrosie
- Van der Waals krachten



Bron: wikipedia

KWR Water Research Institute

- Kennisinstelling watercyclus en energie
- Aandeelhouders: 11 drinkwaterbedrijven
- Uitvoering onderzoeksprogramma drinkwaterbedrijven
- Industriële opdrachtgevers
- Daarnaast advies-, EU- en NWO/NWA-projecten
- Multidisciplinair onderzoeksinstituut
 - Eco- en geohydrologie
 - Distributie en infrastructuur
 - Watertechnologie en zuivering
 - Waterkwaliteit en veiligheid(chemisch, microbiologisch)
 - Sociale aspecten rond water



* Participant in shareholder
Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK)



Eerder KWR-onderzoek voor industrie

- Waterhergebruik in voedingsmiddelen- en dranken industrie
 - Sluiten van de waterkringloop
 - Microbiologische waterkwaliteit
 - Chemische waterkwaliteit en toxicologische aspecten
- Veiligheid bronnen
 - Zijn andere waterbronnen, naast drinkwater, veilig te gebruiken in het industriële proces
- Veilige afvalwaterverwerking
- Ongewenste biologische processen in productie
 - Stankoverlast door biofilmvorming
 - Contaminatie met of groei van ongewenste micro-organismen (fecale of opportunistische ziekteverwekkers)
- Watertechnologie, inclusief gewenste biologische processen, gericht op betere procesvoering, waterzuivering, energiebesparingen, terugwinnen van grondstoffen
- Netwerkgroep industriewater
- Waterkwaliteitsaspecten vanuit KWR-expertise toepassen in voedingsmiddelen- en tuinbouwindustrie



Outline presentatie

1. Introductie corrosie
2. Wat is MIC?
3. Waardoor wordt MIC veroorzaakt?
4. Wat is de impact van MIC?
5. Hoe kun je bepalen of MIC plaatsvindt?
6. Hoe kan MIC voorkomen/bestreden worden?

1. Introductie corrosie (I)

- Corrosie = elektrochemische aantasting waarbij metaal in oplossing treedt doordat omgeving erop inwerkt
- Roest bekend voorbeeld van corrosie (ijzer aangetast door water en zuurstof)
- Bedreiging grondwater- en drinkwaterleidingen, olie- en gaspijpleidingen, windmolens, opslagtanks, etc.

- Droge corrosie (chemisch)
- Natte corrosie (elektrochemisch)



Drinkwater leiding

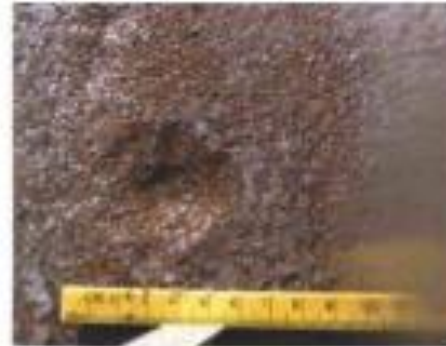


Bron: [Corrosion & Metal Fencing - Diamond Fence \(Aust\) Pty Ltd](#)

1. Introductie corrosie (II)



Uniforme corrosie



Putcorrosie



Microbiologisch
geïnduceerde
corrosie (MIC)



Spannings- of
vermoeiingscorrosie

Bron: [04. Stefan Jansen - Corrosie van stalen damwanden in zoetwater, mechanismen \(nattekunstwerkenvandetoekomst.nl\)](#)



1. Introductie corrosie (III)

- Factoren die corrosie beïnvloeden:
 - Stroming (waterversing)
 - pH
 - Zuurstofgehalte
 - Zoutgehalte
 - Hardheid

2. Wat is MIC? (I)

- Microbiële corrosie (MIC) = corrosie veroorzaakt door de aanwezigheid en/of activiteit van micro-organismen
- De drie M-en van MIC:
 - Micro-organismen
 - Milieu (omgevingscondities)
 - Materiaal (metaal)
- Moeilijk voorspelbaar
- Snel (snelheden van 1,5 mm/jaar mogelijk)
- Lokaal



Bron: [Onderzoek microbiologisch beïnvloede corrosie \(MIC\) drinkwaterleidingen](#)
(vitensinnoveert.nl)

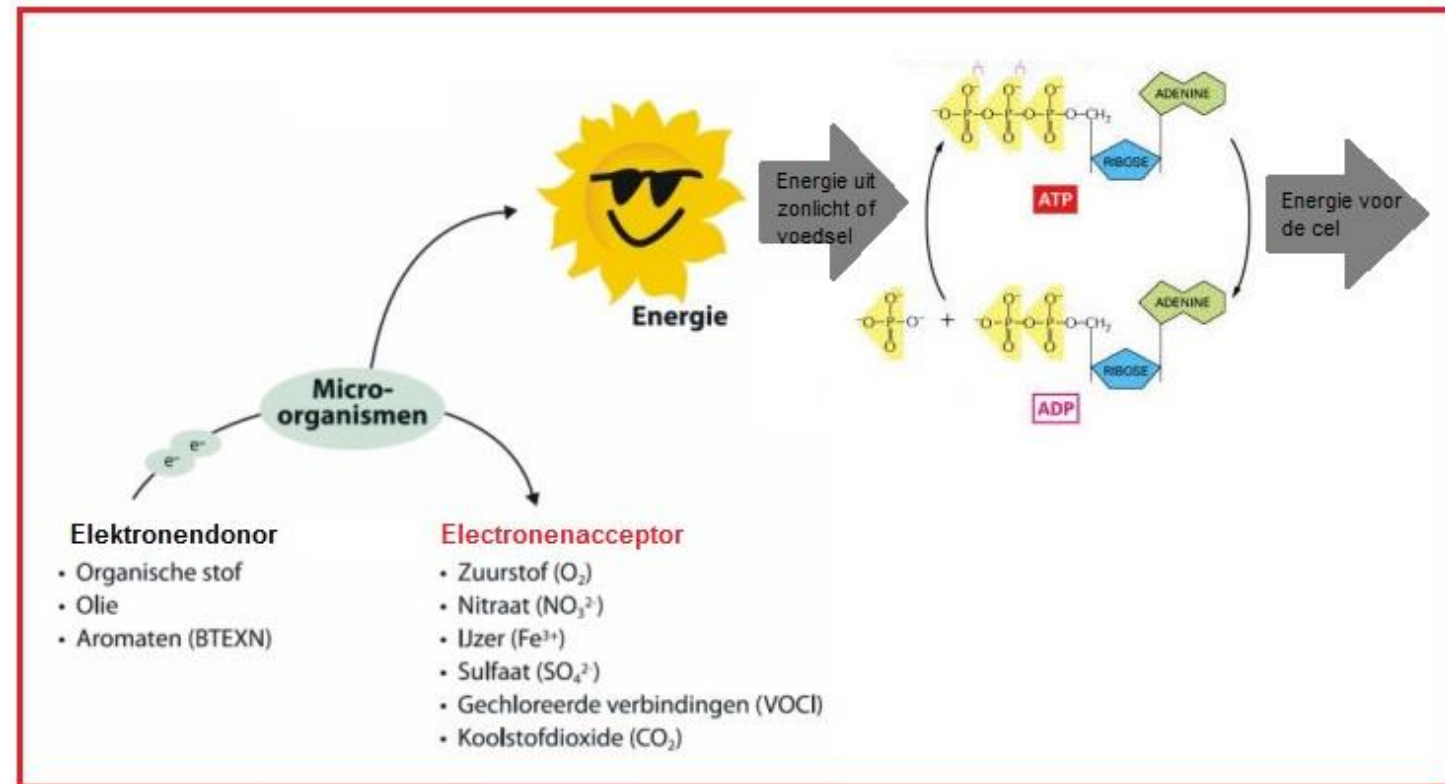
2. Wat is MIC? (II)

- Beïnvloeding micro-organismen corrosieproces:
 - Elektrische MIC (EMIC)
 - Directe elektronenoverdracht met het metaaloppervlak
 - Indirecte elektronenoverdracht met het metaaloppervlak
 - Chemische MIC (CMIC)
 - Corrosieve metabolieten gevormd door micro-organismen
 - Biofilmvorming
 - Metaal-oxiderende bacteriën op een ruwe ondergrond
 - Accumulatie chloride, agressieve anionen in een put



Elektronendonator en acceptor

- Elektronendonator:
 - Stof die elektronen afstaat
- Elektronenacceptor:
 - Stof die elektronen ontvangt
- Bij deze overdracht komt energie vrij die organismen nodig hebben voor groei



Bron: [Acceptor \(elektronen\) \(biologielessen.nl\)](http://biologielessen.nl)

3. Waardoor wordt MIC veroorzaakt? (I)

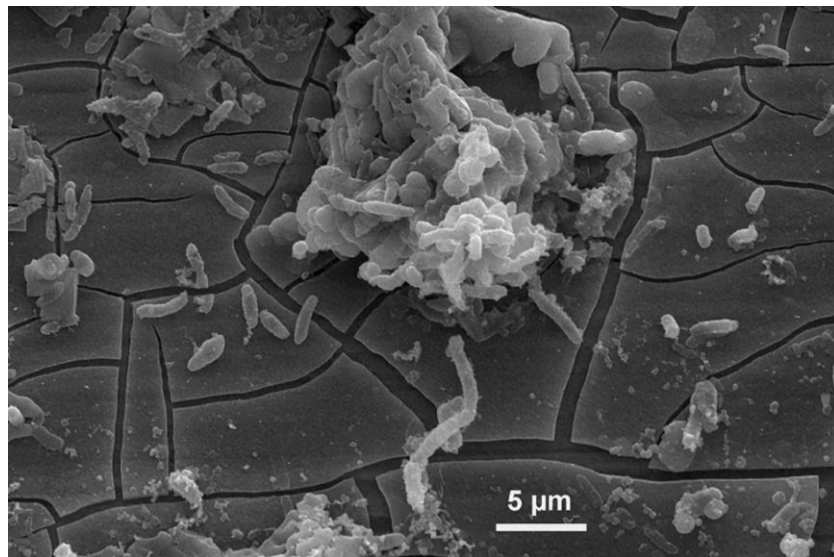
- MIC wordt veroorzaakt door:
 - Sulfaatreducerende bacteriën
 - Bacteriën die sulfaat i.p.v. zuurstof als elektronenacceptor gebruiken en daarbij toxisch waterstofsulfide (rotte-eierengeur) produceren
 - Zuurstofloze omgeving, aanwezigheid sulfaat en organisch stof
 - EMIC
 - Zwaveloxiderende bacteriën
 - Bacteriën gebruiken sulfide of zwavel als energiebron en zuurstof als elektronenacceptor waarbij sulfaat wordt geproduceerd
 - Op grensvlak van oxisch/anoxisch leven ze samen met sulfaatreducerende bacteriën
 - Productie van sulfaat of zwavelzuur

3. Waardoor wordt MIC veroorzaakt? (II)

- MIC wordt veroorzaakt door:
 - IJzerreducerende bacteriën
 - Bacteriën gebruiken geoxideerd ijzer (3+) als elektronenacceptor en produceren opgelost ijzer (2+)
 - Maken ijzer (2+) vrij voor ijzeroxiderende bacteriën
 - Ijzeroxiderende bacteriën
 - Bacteriën gebruiken opgelost ijzer (2+) als bron van energie en produceren geoxideerd ijzer (3+)
 - Geoxideerde ijzerneslag
 - Methaanproducerende micro-organismen
 - Gebruiken waterstof of acetaat als energiebron en produceren methaan
 - Zuurstofloze omgeving
 - Nitraatreducerende bacteriën
 - Metaal elektronen afstaan
 - Gebruiken nitraat als elektronenacceptor en metaalionen als elektronendonor

4. Wat is de impact van MIC?

- Jaarlijkse corrosiekosten wereldwijd: 2500 miljard dollar (MIC: 20%)
- Corrosieproces met MIC kan 10-100 keer versneld worden → binnen enkele maanden lekkage in een systeem met stilstaand water (bijv. sprinklers)
- Verschillende gevoeligheid metalen maar geen resistentie (corrosie breed)

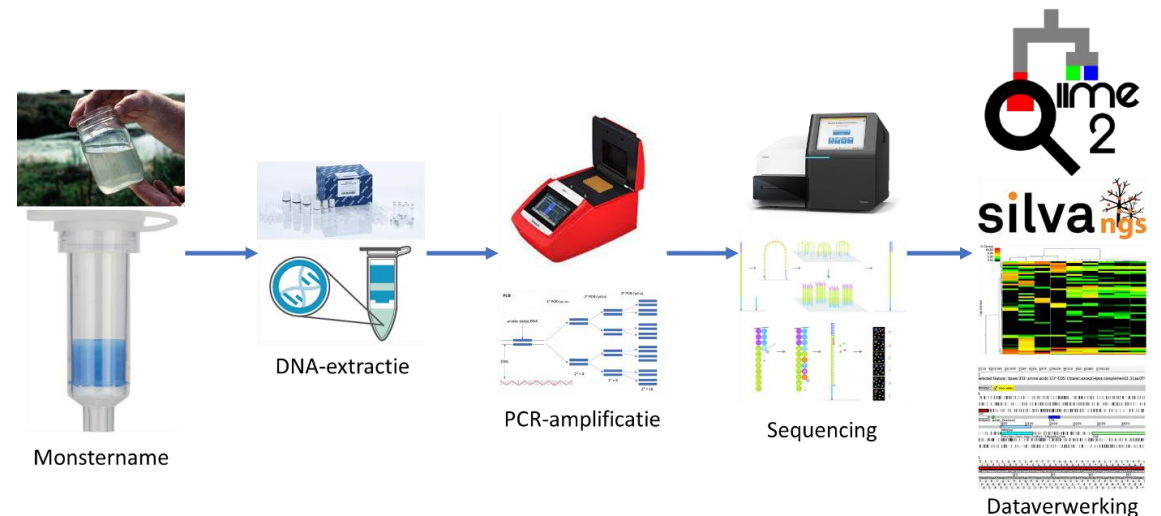


5. Hoe kun je bepalen of MIC plaatsvindt? (I)

- Bepalen of omgevingscondities gunstig zijn voor MIC (pH, voedingsstoffen, sulfaat, organisch stof)
- Visueel bekijken of corrosie voorkomt (putjes, aantasting staal)
 - MIC uit zich in putcorrosie (randen een grillig verloop)
- Analyseren corrosieproducten (geven inzicht in opgetreden corrosieprocessen)
- Detectie verantwoordelijke micro-organismen:
 - Aanwezigheid (DNA), activiteit (RNA) detecteren van MIC-micro-organismen
 - Detectie functionele genen betrokken bij MIC processen

5. Hoe kun je bepalen of MIC plaatsvindt? (II)

- Microbiologische analyses
 - Kwantitatief
 - Genkopieën MIC-micro-organismen bepalen (qPCR)
 - Kwalitatief
 - Totaal overzicht samenstelling populatie micro-organismen (16S rRNA amplicon sequencing)
 - Genactiviteit (metatranscriptomics)



6. Hoe kan MIC voorkomen/bestreden worden? (I)

- Voorkomen is eenvoudiger dan oplossen!

MIC mogelijk voorkomen:

- Materiaal ongeschikt maken voor MIC
 - Coatings (kan onthechten en alsnog MIC optreden)
 - Metaalmateriaal vervangen met metaalvrij materiaal (bv kunststof)
- Kathodische bescherming
 - Spanning op materiaal (potentiaalverlaging)
- Omgevingscondities aanpassen
 - Bijv. verlagen voedingsstoffen



Bron: [Onderzoek microbiologisch beïnvloede corrosie \(MIC\) drinkwaterleidingen \(vitensinnoveert.nl\)](#)

6. Hoe kan MIC voorkomen/bestreden worden? (II)

MIC bestrijden:

- Omgevingscondities aanpassen
 - Bijv. verlagen voedingsstoffen
- Weghalen, onderdrukken microbiologie
 - Waterstromen reinigen (nanofiltratie) → in de praktijk erg moeilijk
 - Toedienen chemicaliën (bijv. biocides)
- Verwijderen corrosieproducten

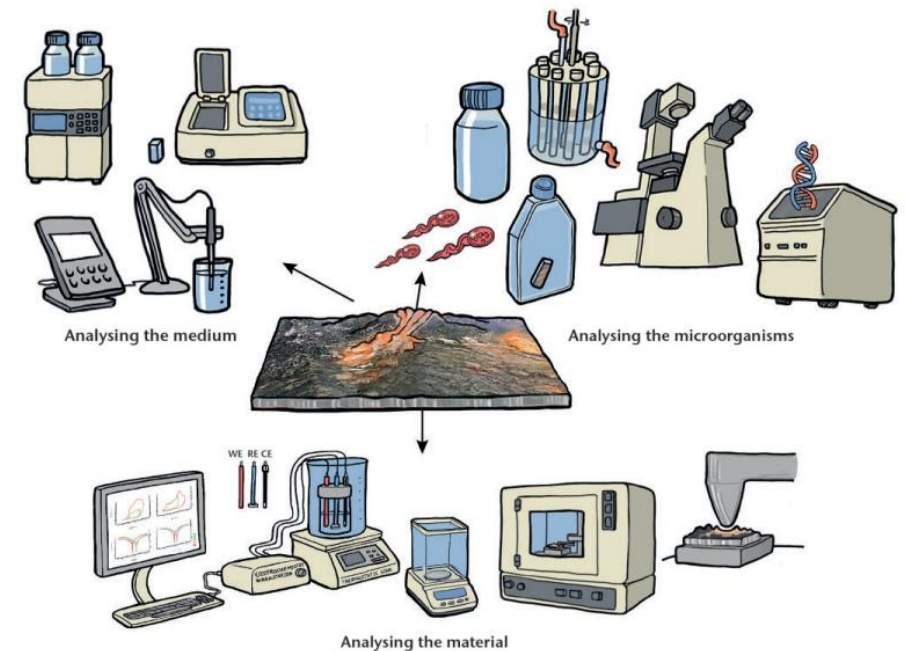


Bron: [Onderzoek microbiologisch beïnvloede corrosie \(MIC\) drinkwaterleidingen \(vitensinnoveert.nl\)](#)

MIC bestrijden: Na bestrijding preventiemaatregelen toepassen anders komt MIC terug

Integraal MIC onderzoek (KWR)

- Milieu analyseren met chemische analyses (pH, zuurstof, zout, etc.)
- Micro-organismen analyseren met qPCR (kwantitatief) en sequencing (kwalitatief)
- Materiaal (bijv. corrosieproducten) analyseren met XRD, XRF



Bron: Knisz et al., 2023



Groninghaven 7
3433 PE Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl



@KWR_Water



KWR



KWR_Water




Marcelle van der Waals
Marcelle.van.der.Waals@kwrwater.nl




Paul van der Wielen
Paul.van.der.Wielen@kwrwater.nl