

Signaalonderzoek naar exoten in stationaire blussystemen van BRZO bedrijven in Nederland

in opdracht van Bureau Risicobeoordeling en onderzoek,
Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit



A. Gittenberger
M. Rensing
K.H. Wesdorp

GiMaRIS
t t e n b e r g e r
r i n e
e s s e a r c h
n v e n t o r y
t r a t e g y
GiMaRIS rapport 2018_20

Datum:
februari 2019

Rapport nr.:
GiMaRIS 2018_20

Titel:
Signaalonderzoek naar exoten in stationaire blussystemen van BRZO bedrijven in Nederland

Auteurs:
Dr. A. Gittenberger
Drs. M. Rensing
K.H. Wesdorp Msc.

Adres / opdrachtnemer:
GiMaRIS,
Rijksstraatweg 75
2171 AK Sassenheim
Info@GiMaRIS.com
www.GiMaRIS.com

In opdracht van:
Bureau Risicobeoordeling en onderzoek, Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit

Opdrachtgever:
Drs. A.A.J. Smolders (BuRO, NVWA)

GiMaRIS is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit de toepassing van de gegevens in dit rapport. De opdrachtgever vrijwaart GiMaRIS voor aanspraken van derden in verband met de gegevens in dit rapport. Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden weergegeven, gepubliceerd, gekopieerd of op enige andere manier gebruik worden zonder schriftelijke toestemming van de auteur of de opdrachtgever. Het kwaliteitsmanagementsysteem van GiMaRIS is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd door NCK voor het Nationaal en Internationaal plegen van toegepast en wetenschappelijk onderzoek, het geven van adviezen en beleid maken voor bedrijven, semioverheid en overheid (NCK.2015.364.ISO9001). GiMaRIS is lid van het Netwerk Groene Bureaus (NGB).



Inhoud

1. Samenvatting	p. 4
2. Inleiding	p. 5
3. Methode	p. 6
3.1 BRZO bedrijven verspreiding over Nederland	p. 6
3.2 Systeembeschrijvingen stationaire blussystemen	p. 6
3.3 Bemonsteringen	p. 7
3.4 Historische data	p. 8
3.5 Organismen in bluswatersystemen	p. 8
3.5.1 Macro-organismen	p. 8
3.5.2 Micro-organismen	p. 8
4. Resultaten & conclusies	p. 11
4.1 BRZO Bedrijven in Nederland	p. 11
4.2 Systeembeschrijvingen	p. 12
4.3 Plekken binnen systemen waar organismen problemen veroorzaken	p. 17
4.4 Macro-organismen	p. 20
4.4.1 Soortbeschrijvingen	p. 21
4.5 Micro-organismen	p. 28
4.5.1 Soortbeschrijvingen	p. 28
5. Referenties	p. 32

1. Samenvatting

In Nederland zijn 409 bedrijven gevestigd die zich bezig houden met de opslag, verwerking en het transport van gevaarlijke stoffen. Deze bedrijven zijn wettelijk verplicht om zich te houden aan het Besluit Risico's Zware Ongevallen, BRZO, met als doel de preventie van ongevallen. In dit kader maakt een groot aantal van deze bedrijven gebruik van een stationair brandblussysteem waarbij buitenwater wordt gebruikt als bluswater om zo toegang te krijgen tot grote hoeveelheden water in geval van calamiteiten. Omdat er gebruik wordt gemaakt van buitenwater kunnen verschillende soorten organismen zich in deze brandblussystemen vestigen. Vanuit de praktijk kwamen verschillende signalen dat deze soorten, en dan vooral exoten, de efficiënte werking van de brandblussystemen soms kunnen belemmeren. Verder zou er mogelijk een risico bestaan dat er pathogenen in het water aanwezig zijn waarmee mensen besmet kunnen raken bij ingebruikname van een brandblussysteem. Om deze signalen te toetsen heeft het Bureau Risicobeoordeling en onderzoek van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, een signaalonderzoek uitgezet. Hierbij is een overzicht opgesteld van organismen die in 89 monsters uit deze systemen met onder andere schelpen en sediment zijn vastgesteld. Deze monsters zijn genomen vanaf 2012 tot en met 2017 met een speciale filterzak die kan worden aangesloten op een hydrant. Hiermee kan bepaald worden welke soorten er in stationaire brandblussystemen zijn gevestigd. In aanvulling op deze gegevens zijn negen bedrijven verspreid over Nederland bemonsterd in 2017 waarbij een selectie is gemaakt van drie bedrijven die gebruik maakten van zoet tot licht brak buitenwater (< 5 ppt), drie bedrijven met licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt) en drie bedrijven met [3] zout buitenwater (≥ 20 ppt) in hun brandblussystemen. Zo kan een verscheidenheid aan zoet tot zout-water organismen gedetecteerd worden. Verder werd bij elke monsternamen ook een wa-

termonster genomen. Deze watermonsters zijn gebruikt voor het vaststellen van verschillende waterparameters en om te toetsen of er potentieel pathogene micro-organismen aanwezig waren. In totaal kon het voorkomen van 35 verschillende macro-organismen in de brandblussystemen worden vastgesteld waarvan er 18 exoten betroffen. De grootste impact op de werking van stationaire bluswatersystemen hebben die soorten die verstoppingen in de buizen en waterpompen veroorzaken of de buizen en pompsystemen zodanig versmallen door hun aanwezigheid, dat de doorstroming wordt belemmerd. Deze problemen werden voornamelijk veroorzaakt door exoten waaronder de Australische kalkkokerworm *Ficopomatus enigmaticus*, de Amerikaanse branwatermossel *Mytilopsis leucophaeata*, de de Ponto-Kaspische zebra-mossel *Dreissena polymorpha* en de de Ponto-Kaspische quagga mossel *Dreissena bugensis*. De enige inheemse soort die een vergelijkbare impact had betrof de mossel *Mytilus edulis*, die voornamelijk problemen veroorzaakte in systemen met zout buitenwater. Los van mogelijke verstoppingen werden de fragmenten van een groot aantal soorten, wederom vooral exoten, verantwoordelijk geacht voor de versnelde slijtage van verschillende onderdelen. Zo werden onderdelen van hydranten en brandslangen beschadigd wanneer bijvoorbeeld schelpfragmenten onder hoge druk hier doorheen werden gepompt bij ingebruikname van het systeem. Wat betreft het risico van pathogenen in de bluswatersystemen, kon worden vastgesteld dat er een verscheidenheid aan potentieel pathogene bacteriën aanwezig was, vergelijkbaar met soorten die reeds uit Nederlandse oppervlaktewateren bekend zijn. Hierbij kon bij *Leptospira* (Ziekte van Weil) worden vastgesteld dat het met zekerheid om een pathogene stam ging. Bij de overige soorten werd niet vastgesteld of dit pathogene stammen betroffen, maar werd aangegeven dat het potentieel pathogene soorten waren indien uit de literatuur bekend is dat er pathogene stammen bestaan. Hoewel de *Vibrio cholerae* waarneming vermoedelijk om de stam *V. cholerae* non-O1/O139 gaat die geen

cholera kan veroorzaken, kunnen dit soort *Vibrio* bacteriën zeer ernstige wondinfecties veroorzaken. Indien brandbluswater uit een stationair brandblussysteem in contact komt met een open wond, zal er daarom ook mogelijk een risico bestaan op een dergelijke infectie van deze of mogelijk ook andere *Vibrio* soorten die in Nederlandse oppervlaktewateren gevonden worden. De meeste potentieel pathogene bacterie soorten die in de bluswatersystemen werden aangetroffen betroffen soorten die gerelateerd worden aan voedselvergiftigingen. Verder waren infecties van meerdere van deze soorten alleen bekend bij personen met een verzwakt immuunsysteem. De kans op infectie door dergelijke bacteriën van personen die nat worden bij ingebruikname van een blussysteem is daarom vermoedelijk niet groot.

2. Inleiding

In Nederland zijn ruim 400 BRZO-bedrijven geregistreerd. BRZO staat voor Besluit Risico's Zware Ongevallen. Het is de Nederlandse invulling op de Europese SEVESO III richtlijn. Deze richtlijn is opgesteld met het oog op de preventie van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen en de gevolgen daarvan op mens en milieu. Het BRZO is van toepassing op bedrijven die zich bezig houden met de opslag, verwerking en transport van gevaarlijke stoffen. Dit soort bedrijven zijn bijvoorbeeld te vinden in de petrochemische industrie en tankopslagbedrijven. Deze bedrijven dienen een goed werkend stationair blussysteem te hebben voor het geval van een nood situatie. Ca. 150 bedrijven dienen binnen dit kader zelfs een bedrijfsbrandweer te hebben. Om toegang tot grote hoeveelheden water te hebben in geval van calamiteiten gebruiken deze stationaire blussystemen vaak buitenwater in plaats van het drinkwaternet. Hierbij bestaat het risico dat soorten die zich in dit buitenwater bevinden, zich ook in de bluswatersystemen van deze bedrijven gaan vestigen. In ieder geval gedeeltelijk

door de verbeterde oppervlaktewater-kwaliteit in Nederlandse wateren is het voor soorten tegenwoordig makkelijker geworden om zich te vestigen. Daarmee is de kans dat soorten zich in de buizen van ondergrondse bluswatersystemen bij deze BRZO bedrijven kunnen vestigen, vermoedelijk ook vergroot. Naast deze verbeterde waterkwaliteit, maken bedrijven, in verband met strengere milieuregelgeving, tegenwoordig veel minder gebruik van bijvoorbeeld chloor of andere biocides om ondergrondse watersystemen schoon te houden. Tenslotte verergeren exoten het probleem, waaronder verschillende soorten die in de afgelopen 20 jaar pas in Europa zijn ingevoerd. Exoten betreffen immers een groot gedeelte van de soorten die in de ondergrondse buizen van de bluswatersystemen gevonden wordt. Een exoot is een uitheems(e) dier, plant, schimmel of micro-organisme die een gebied niet op eigen kracht kan bereiken maar daar alleen door menselijk handelen terecht kan (of is ge)komen. Deze soorten kunnen buizen verstoppen en zo de effectiviteit van de werking van een stationaire blussysteem drastisch verlagen, met alle mogelijke gevolgen vandien. Naast de aanwezigheid van deze "macrofauna"-soorten, kunnen in dergelijke ondergrondse brandblussystemen ook micro-organismen en dan met name bacteriën voorkomen. Hoewel deze niet bijdragen aan de verstoppingen, kunnen verschillende bacterie-groepen pathogeen zijn voor mensen, waarbij er mogelijk een verhoogd risico op besmetting bestaat bij gebruik van een ondergronds bluswatersysteem in geval van calamiteiten en/of brandweeroefeningen.

Aangezien het bovenstaande vooral gebaseerd is op het signalen uit het werkveld van systeeminspecties en -onderhoud, heeft Bureau Risicobeoordeling en onderzoeksprogrammering van de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit, het huidige signaalonderzoek uitgezet waarbij deze signalen getoetst zijn met gericht onderzoek op de aanwezigheid van soorten organismen waaronder exoten en mogelijke ziektekiemen in stationaire blussystemen. Binnen dit kader is gebruik gemaakt van de analyse resultaten van

GiMaRIS wat betreft monsters die uit brandblussystemen verzameld zijn sinds 2012 door het bedrijf Leenheer BV, een bedrijf gespecialiseerd in inspecties van brandblussystemen. In aanvulling op de dier- en plantensoorten die hierbij werden vastgesteld, en om een indicatie te krijgen van de aanwezigheid van potentieel pathogene micro-organismen, zijn aanvullend monsters genomen uit hydranten bij 9 verschillende bedrijven die voor hun ondergrondse systemen gebruik maken van zoet tot licht brak buitenwater, licht brak tot brak water of zout water. Gebaseerd hierop wordt een overzicht gegeven van de soorten die in brandbluswatersystemen in Nederland te vinden zijn, met daarbij beschrijvingen van de mogelijke problemen die deze kunnen veroorzaken. Tenslotte wordt binnen de huidige signaalstudie de variatie aan in Nederland aanwezige stationaire bluswatersystemen beschreven. Hierbij wordt, voor zover mogelijk, beschreven en geïllustreerd waar soorten zich in deze systemen kunnen bevinden en op welke wijze en mate ze de effectieve werking van stationaire bluswatersystemen zouden kunnen belemmeren.

3. Methode

3.1 BRZO bedrijven verspreiding over Nederland

Op de website <https://brzoplus.nl> is een lijst met alle 409 (peildatum 1 november 2018) in Nederland geregistreerde BRZO bedrijven te vinden. Gebaseerd op de bezoekadressen die hierbij vermeld staan, zijn al deze bedrijven via Google Maps opgezocht, waarna de locatie in het land is vastgesteld gebaseerd op de bijbehorende GPS coördinaten. Deze coördinaten zijn vervolgens op een kaart van Nederland geplot, opgedeeld in 10x10 km hokken. Voor elk 10x10 km hok met tenminste 1 BRZO bedrijf is gebaseerd op de geografische ligging en de aanwezigheid van zee, de rivieren en sluisen ingeschat of het zoutgehalte van de wateren binnen dit blok voornamelijk valt binnen de categorie [1] zoet tot licht brak buiten-

water (< 5 ppt), [2] licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt) of [3] zout buitenwater (≥ 20 ppt) buitenwater. Zo kon bij benadering bepaald worden of de desbetreffende BRZO bedrijven voor het vullen van hun stationaire watersysteem gebruik konden maken van zoet tot licht brak, licht brak tot brak of zout buitenwater. Dit betreft slechts een indicatie aangezien niet bij alle bedrijven is nagevraagd uit welke wateren zij hun stationaire blussystemen vullen. Hierbij hebben sommige bedrijven, vooral in het havengebied van Rotterdam, de keuze om uit meerdere, sterk in zout gehalte variërende, aangrenzende oppervlakte wateren hun systeem te vullen. Zo kunnen bedrijven op de Maasvlakte bijvoorbeeld gebruik maken van zowel het relatief zoute water uit de haven als van het relatief zoete water uit bijvoorbeeld het Brielse meer.

3.2 Systeembeschrijvingen stationaire blussystemen

Er zijn verschillende manieren waarop stationaire brandblussystemen in Nederland zijn opgebouwd. Dit wordt weergegeven binnen schematische illustraties van stationaire blus-systemen. Deze illustraties zijn gebaseerd op de bedrijven die binnen het huidige project bemonsterd zijn, en op de ervaringen met dergelijke systemen van GiMaRIS en Leenheer BV uit het verleden. Leenheer BV betreft een bedrijf wat zich specialiseert in het onderhoud van stationaire brandblussystemen. Bij de beschrijvingen wordt de nadruk gelegd op locaties binnen de systemen waar de vestiging van soorten, waaronder exoten, vooral plaats vindt. Hierbij wordt bediscussieerd in hoeverre omgevingsfactoren een rol spelen. Zo kan de aanwezigheid van stroming en daglicht, en het zoutgehalte van het water het vestigingssucces van bepaalde soorten sterk beïnvloeden. Ter onderbouwing van de bijbehorende discussie is gebruik gemaakt van foto's genomen van en bij stationaire bluswatersystemen waarbij door de vestiging van soorten de effectieve werking van het desbetreffende systeem werd bedreigd.



Fig. 1. Om de soorten die zich in de ondergrondse brandblussystemen gevestigd hebben te bemonsteren, wordt water via een hydrant door een Pac-Bag heen gespoeld en gezeefd. (Foto's: Leenheer B.V.)

3.3 Bemonsteringen

In totaal zijn 20 BRZO bedrijven benaderd om hun medewerking te verlenen binnen het huidige onderzoek. Hiervoor zijn uiteindelijk negen bedrijven geselecteerd. Deze bedrijven zijn verspreid over Nederland gekozen, waarbij alleen bedrijven die buitenwater (in plaats van drinkwater) in hun systeem gebruikten werden geselecteerd. Bij de selectie werd verder gelet op een evenredige verdeling tussen bedrijven die in hun stationaire blussystemen gebruik maken van respectievelijk zoet tot lichtbrak (< 5 ppt), lichtbrak tot brak (≥ 5 ppt - < 20 ppt) en zout (≥ 20 ppt) water in hun ondergrondse systeem. Bij de geselecteerde bedrijven zijn monsters genomen uit de stationaire blussystemen tussen 10 november en 18 december 2017. Deze bemonsteringen zijn uitgevoerd door medewerkers van Leenheer B.V. Hierbij is bij elk bedrijf op tenminste drie plekken verspreid over het terrein het stationaire blussysteem vanuit een hydrant bemonsterd. Waar naar inschatting van Leenheer B.V., een vierde monster mogelijk tot de detectie van extra soorten zou kunnen leiden gezien het ontwerp en de grootte van het stationaire brandblussysteem, is een vierde monster genomen. Op elk monsterpunt is vervolgens een Pac-Bag (bluswater filterzak) gebruikt om macro-organismen uit het systeem te verzamelen. Een Pac-bag betreft een op een hydrant of spuileiding aansluitbare waterfilterzak waarmee op eenvoudige wijze geconstateerd kan worden welke soorten organismen zich in een bluswaternet bevinden (Fig. 1). Door na het aansluiten van de Pac-bag de hydrant voor enkele minuten open te draaien wordt

het water wat uit het systeem komt, gezeefd en kan een monster waarin ook de in het systeem aanwezige organismen zitten, verzameld worden. In aanvulling op deze monsternamen is bij iedere hydrant een watermonster genomen van ongeveer 300 ml. Alle genomen monsters zijn de dag van monsternamen bij GiMaRIS afgeleverd waarna deze bij 4° Celsius werden bewaard tot het moment dat de analyse plaats vond. Vervolgens zijn de monsters die met een Pac-bag werden genomen, in het GiMaRIS laboratorium geanalyseerd. Hierbij werden per monster alle soorten waarvan levende individuen of onderdelen (bijv. schelpfragmenten) aanwezig waren geïdentificeerd, voor zover mogelijk. Vervolgens werd per soort ingeschat welk percentage van het totaal volume van het monster dit betrof. Hierbij werd ook ingeschat welk percentage van het monster bestond uit anorganische materialen waaronder roest en coating- deeltjes. Van elk van de watermonsters van ~ 300 ml werd 50 ml gebruikt om met een multiparameter HI9829 van Hanna instruments de zuurgraad (in pH) en het zoutgehalte (in ppt) te bepalen, en met de Turbidity meter HI93414 de troebelheid van het water (in ntu). Vervolgens werd het water resterende water genomen uit de verschillende hydranten, per bedrijf gemengd. Vanuit dit mengmonster per bedrijf werden vervolgens 3 monsters van 50 ml genomen voor analyses op de aanwezigheid van bacteriën bij het TOPlab. Tenslotte werd bij de bedrijven die zoet tot licht brak buitenwater gebruikten in hun stationaire bluswatersysteem, 250 ml water apart gehouden om te testen voor de aanwezigheid van *Legionella* en 250 ml om te testen voor de aanwezigheid van *Leptospira*.

3.4 Historische data

Sinds 2012 worden er regelmatig monsters beken die door Leenheer B.V. bij verschillende bedrijven in Nederland worden verzameld uit ondergrondse watersystemen met behulp van een Pac-Bag (Fig. 1). De soorten die bij deze monsternames zijn genomen en werden vastgesteld door GiMaRIS, zijn ten behoeve van het huidige rapport geanonimiseerd samengevat. Deze soortenlijst is aangevuld met de analyse resultaten van de 9 bedrijven die aanvullen bemonsterd zijn in het kader van het huidige onderzoek. Om een indicatie te geven van voorkomen van soorten waaronder exoten in ondergrondse systemen, is per “watergebied” (zoet tot licht brak, licht brak tot brak, en zout water water) aangegeven in hoeveel van de in totaal geanalyseerde monsters deze aanwezig waren. Op deze wijze zal inzichtelijk gemaakt worden welke soortengemeenschappen zich vestigen in stationaire brandblussystemen die gebruik maken van respectievelijk [1] zoet tot licht brak buitenwater (< 5 ppt), [2] licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt) of [3] zout buitenwater (≥ 20 ppt).

3.5. Organismen in bluswatersystemen

3.5.1 Macro-organismen

Van alle soorten macro-organismen die in de stationaire brandblussystemen zijn aangetroffen, is een korte beschrijving gemaakt gericht op de mogelijke problemen die zij kunnen veroorzaken binnen deze systemen. Deze beschrijvingen worden gebaseerd op de soortengemeenschappen die zijn vastgesteld in de monsters genomen binnen de huidige studie, de historische monsternames die in vergelijkbare systemen zijn uitgevoerd door GiMaRIS en/of Leenheer BV, en de literatuur. Sommige van de soorten hebben weinig tot geen invloed op de werking van ondergrondse systemen terwijl andere soorten de efficiëntie van ondergrondse bluswatersystemen sterk negatief kunnen beïnvloeden.

3.5.2. Micro-organismen

Om op de aanwezigheid van *Escherichia coli* te testen in de stationaire blussystemen van de 9 geselecteerde bedrijven zijn gepoolde watermonsters van 50 ml per bedrijf, gekoeld aangeleverd aan het TOPlab van het lectoraat van Innovatieve Moleculaire Diagnostiek van de Hoge School Leiden. Deze monsters zijn vervolgens op de aanwezigheid van *E. coli* getest volgens SOP nr LP 183 van het laboratorium, welke gebaseerd is op de *E. coli* “colony-count technique at 4°C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-gluconoride” (ISO 16649:2001). Op de mogelijke aanwezigheid van *E. coli* in deze watermonsters werd hierbij getest door gebruik te maken van *E. coli* specifieke groeimedia: TBX-platen. Hierbij wordt 50 ml water gecentrifugeerd en afgegoten waarna de pellet wordt gesuspenderd en in verschillende verdunningen op verschillende groeimedia wordt uitgeplaat. Mogelijk aanwezige “target” bacteriën worden vervolgens bij een ideale groeitemperatuur opgekweekt en geteld. Op vergelijkbare wijze is voor de aanwezigheid van *Vibrio* spp. getest in gepoolde 50 ml watermonsters. Deze test is binnen het lectoraat uitgevoerd volgens SOP nr. LP184 van het laboratorium waarbij gebruik gemaakt wordt van het *Vibrio* spp. specifieke groeimedium TCBS agar, wat vooral specifiek is voor *Vibrio cholerae* en *V. parahaemolyticus* (ISO standard 8914). Tenslotte is op vergelijkbare wijze gebruik gemaakt van bloedplaten. Deze bloedplaten zijn niet specifiek voor een enkele soort of groep van soorten, maar geschikt voor de opkweek van een grote verscheidenheid aan bacterie soorten. Microbioloog Dr. Willem van Leeuwen, lector van het lectoraat van Innovatieve Moleculaire Diagnostiek van de Hoge School Leiden, heeft tenslotte voor alle bacterie-koloniën die op de groeimedia groeiden bepaald welke potentieel pathogeen zouden kunnen zijn. Alle potentieel pathogene bacteriesoorten zijn vervolgens binnen het lectoraat getypeerd met behulp van de MALDI-TOF methode. Hiervoor is de VitekMS van bioMerieux gebruikt welke een FDA (U.S.

Food and Drug Administration) “approved” en “CE marked” database heeft, specifiek voor de identificatie van micro-organismen waaronder potentieel pathogenen in mensen (https://www.biomerieux-usa.com/sites/subsidiary_us/files/k181412.ifu_.final_sent001.pdf). Aangezien *Leptospira* spp. alleen in zoet water kunnen voorkomen, zijn alleen watermonsters uit de drie brandblussystemen getest, waarbinnen zoet tot licht brak buitenwater (< 5 ppt) werd gebruikt. Om hierbij de aanwezigheid van pathogene *Leptospira* aan te kunnen tonen zijn de desbetreffende drie “gepoolde” watermonsters van 250 ml gekoeld verstuurd naar het Nationaal Referentielaboratorium voor Leptospirose (NRL) van het AMC, te Amsterdam. Bij dit NRL zijn vervolgens de monsters met een Real-time PCR getest op de aanwezigheid van pathogene *Leptospira*. Als detectie methode is hiervoor de methode gebruikt zoals deze beschreven wordt door Stoddard *et al.* (2009). Net als *Leptospira* komt *Legionella* ook alleen in zoet tot licht brak water voor. Om de mogelijke aanwezigheid van *Legionella* aan te tonen zijn de desbetreffende drie “gepoolde” watermonsters van 250 ml, gekoeld bewaard en geanalyseerd met de Single Syringe Test van Hydrosense volgens het protocol van de producent (<https://hydrosense-legionella.com>). Deze door Kiwa Water Research geëvalueerde test (Oosterholt *et al.*, 2009) heeft een nauwkeurigheid van 100 CFU per liter.

Voor de 9 geselecteerde bedrijven die voor hun stationaire brandblussystemen gebruik maakten van zoet tot licht brak buitenwater (< 5 ppt), licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt), en zout buitenwater (≥ 20 ppt), is in een samenvattende tabel weergegeven welke micro-organismen (bacteriesoorten) zijn gedetecteerd. Hierbij wordt per soort weergegeven of het om potentieel pathogene soorten gaat of niet. Alleen bij de detectie-methode gebruikt voor *Leptospira* binnen de huidige indicatie studie, kon met zekerheid worden bepaald dat het om een pathogene variant/stam van deze bacterie ging.

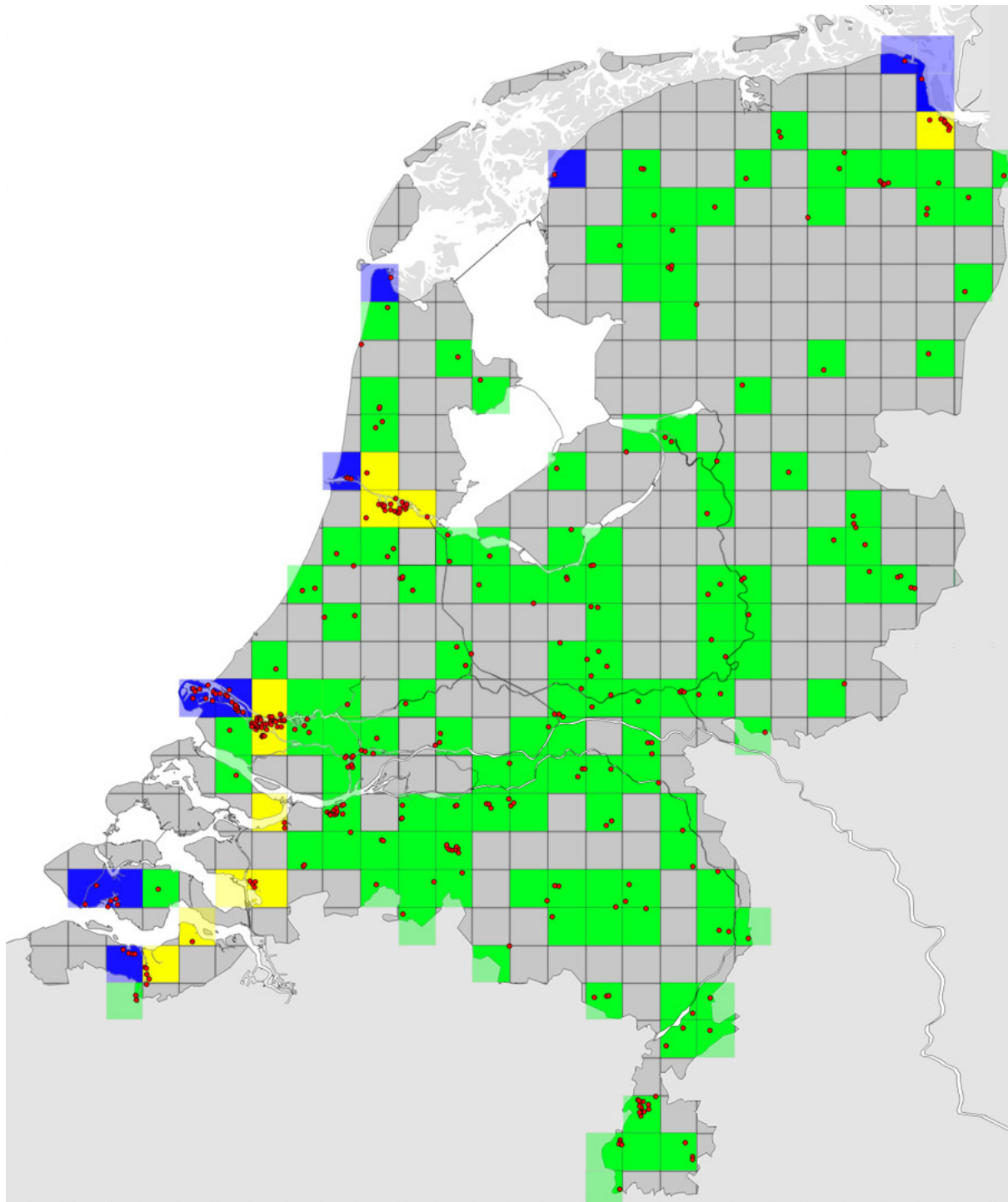


Fig. 2. De 409 geregistreerde BRZO bedrijven in Nederland (rode stippen). De kaart is verdeeld in een hokken van 10x10 km. Op basis van de geografische locatie is per hok met een BRZO bedrijf bekeken of het bedrijf gebruikt kan maken van zoet tot licht brak (< 5 ppt; groen), licht brak tot brak (≥ 5 ppt - < 20 ppt; geel) of zout (≥ 20 ppt; blauw) buitenwater om zijn stationaire systeem te vullen. In sommige gebieden, zoals bijvoorbeeld bij de Maasvlakte, is dit niet altijd eenduidig vanwege de aanwezigheid van zowel zoet, als brak en zoutwater-systemen. Zo zijn de kleuren in deze figuur indicatief voor het zoutgehalte van het buitenwater.

4. Resultaten & conclusies

4.1 BRZO Bedrijven in Nederland

De adressen van de 409 BRZO bedrijven die op de lijst van <https://brzoplus.nl/> voorkomen (peildatum 1 november 2018) zijn in figuur 2 op een 10 x10 km grid kaart van Nederland geplot. Gebaseerd op de geografische locaties is hierbij een inschatting gemaakt of de bedrijven in hun stationaire brandblussystemen mogelijk gebruik maken van zoet tot licht brak, licht brak tot zoet, of zout buitenwater (Fig.2). Naar inschatting ligt ongeveer 65% van de 409 BRZO bedrijven in een gebied waar gebruik gemaakt kan worden van zoet tot licht brak water, 25% van de bedrijven in een gebied met licht brak tot brak water, en de overige 10% van de bedrijven in een gebied met zout buitenwater. Hierbij wordt van licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt) vooral gebruikt gemaakt door bedrijven langs het Noordzeekanaal, terwijl in de haven van Rotterdam vooral gebruik wordt gemaakt van zout (≥ 20 ppt) buitenwater in de ondergrondse brandblussystemen. Meer landinwaarts in deze haven wordt verder ook gebruik gemaakt van brak tot zoet water (Fig. 2). Bedrijven die gebruik maken van zoet buitenwater zijn verspreid over het gehele land te vinden. De negen bedrijven die uiteindelijk zijn geselecteerd voor het aanvullende onderzoek in 2017 zijn als zodanig over het land heen verspreid geselecteerd (Fig. 3). De saliniteit, zuurtegraad en turbiditeit van het water gemeten in de watermonsters genomen uit de ondergrondse brandblussystemen van deze bedrijven staan in Tabel 1. Hierbij zijn er drie bedrijven met zoet tot licht brak water (< 5 ppt), drie bedrijven met licht brak tot brak water (≥ 5 ppt - < 20 ppt) en drie bedrijven met zout water (≥ 20 ppt).

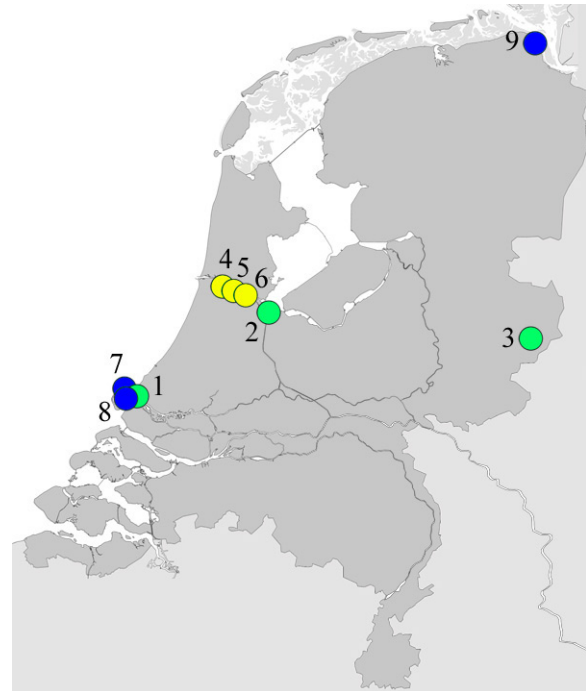


Fig. 3. De locaties van de negen bedrijven waar de monsters zijn genomen in het kader van het huidige onderzoek. Voor hun stationaire blussystemen maakten deze bedrijven gebruik van buitenwater. Hierbij gebruikten 3 bedrijven zoet tot licht brak water (< 5 ppt; groene stippen), 3 bedrijven licht brak tot brak water (≥ 5 ppt - < 20 ppt; gele stippen) en 3 bedrijven zout water (≥ 20 ppt; blauwe stippen).

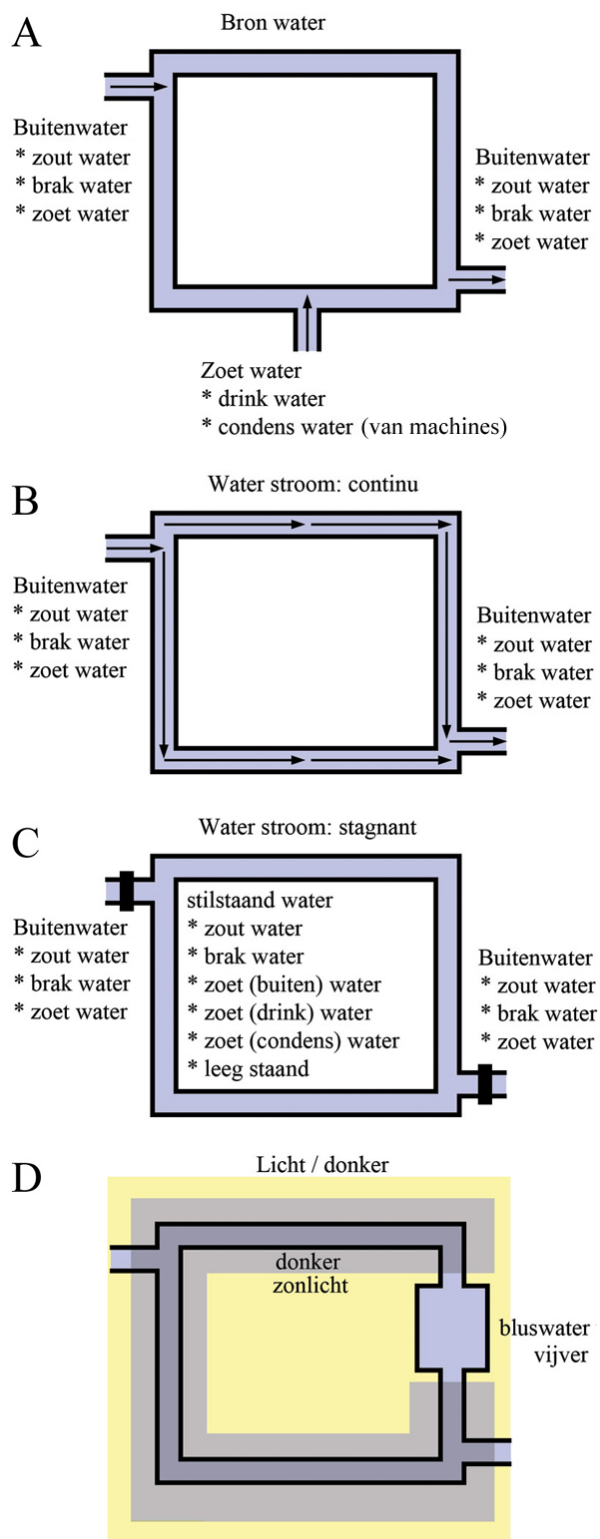
4.2 Systeembeschrijvingen

Binnen Nederland bestaat een grote verscheidenheid aan systemen die in hun ontwerp sterk van elkaar verschillen. De verschillen die hierbij vooral van belang blijken te zijn wat betreft de aanwezigheid van organismen, staan in figuur 4 geïllustreerd. Figuur 4 is gebaseerd op beschrijvingen van de bedrijven zelf en ervaringen van GiMaRIS en Leenheer BV, een bedrijf wat zich specialiseert in het onderhoud van deze brandblussystemen.

Alle stationaire bluswatersystemen hebben een of meer bronnen waar vandaan het systeem met water gevuld kan worden (Fig. 4A). Zo gebruikten drie van de twintig bedrijven waarmee contact is opgenomen voor de monsternames in het kader van het huidige onderzoek, schoon zoet water om

>>>

Fig. 4. Schematische weergaven van ondergrondse bluswatersystemen. A, Een systeem kan gevuld worden met buitenwater vanuit verschillende plekken. Hierbij zijn er bijvoorbeeld op verschillende plekken in het Rotterdamse havengebied mogelijkheden om het systeem zowel met zoet tot brak buitenwater te vullen, als met zout buitenwater. De keuze die hierbij wordt gemaakt, bepaalt gedeeltelijk welke soorten zich in het systeem kunnen vestigen. B, Onder ander om verzuring in het systeem tegen te gaan, stroomt het water in sommige systemen continue langzaam door waardoor er mogelijk ook continue larven van organismen vanuit het buitenwater het systeem in kunnen komen. C, In de meeste systemen is er geen waterbeweging omdat deze het grootste gedeelte van de tijd van het buitenwater zijn afgesloten. Aangezien er geen vaste verbinding met het buitenwater bestaat, kan het systeem worden gevuld vanuit verschillende bronnen variërend van buitenwater, tot drinkwater en in sommige gevallen condenswater afkomstig uit de fabriek. Alleen bij calamiteiten en oefeningen wordt buitenwater het systeem in gepompt. D, Verschillende soorten organismen, zoals bijvoorbeeld algen, zijn afhankelijk van licht. Alleen bij aanwezigheid van een bluswater vijver kunnen deze soorten zich in het systeem vestigen. Een bluswater vijver zou het verder mogelijk kunnen maken voor vogels om in het water te landen waarbij ook hun uitwerpselen in het water terecht kunnen komen.



hun systeem te vullen. Dit betrof drinkwater en condenswater wat als een bijproduct afkomstig was uit de desbetreffende fabriek. Aangezien dit water op geen enkele wijze in contact was gekomen met buitenwater, zijn deze bedrijven voor monsternamen in 2017 niet geselecteerd. De desbetreffende bedrijven gaven hierbij aan dat zij nog nooit last hadden gehad van enige organismen in hun systeem. Om snel toegang te krijgen tot grote hoeveelheden bluswater, is het voor veel bedrijven meer realistisch om gebruik te maken van buitenwater. Hierbij grenst een groot aantal van de bedrijven in de havengebieden van Rotterdam, Amsterdam en Eemshaven met hun terrein aan meerdere oppervlakte wateren die soms sterk verschillen in saliniteit. Zo kan het stationaire bluswatersysteem vanuit verschillende bronnen worden gevoed (Fig. 4A). Hoewel de meeste bedrijven hun systeem vanuit één bron vullen, zijn er ook Nederlandse bedrijven die hun systeem vullen met water uit meerdere bronnen die verschillen in saliniteit. Hierbij worden afhankelijk van de doorstroming en daardoor de lokale saliniteit van het water, dan ook verschillende levensgemeenschappen aangetroffen op verschillende plekken in het systeem. Dit was niet het geval bij de negen systemen die in 2017 aanvullend zijn bemonsterd voor het huidige onderzoek. Daarbij werd weinig tot geen variatie in saliniteit gevonden binnen de

systemen (Tabel 1). De grote verschillen die bestaan tussen de levensgemeenschappen die voorkomen, afhankelijk van het zoutgehalte van het gebruikte water, werden hierbij wel vastgesteld (Tabellen 2-5).

Wat de doorstroming betreft in stationaire brandblussystemen, kunnen twee ontwerp varianten worden onderscheiden (Fig. 4B, 4C). Hoewel het water in alle systemen zo goed als stil staat wanneer het brandblussysteem niet wordt gebruikt, bestaan er systemen die volledig worden afgesloten van het buitenwater (Fig. 4C) en systemen die in verbinding met het buitenwater blijven waarbij het water continue zeer zwak stroomt (Fig. 4B). Hoewel met deze zwakke stroom kan worden voorkomen dat er bijvoorbeeld verzuring in het systeem plaats vindt, zorgt deze stroom er voor dat larven van organismen continue het systeem kunnen binnendringen vanuit het buitenwater. Bij systemen die volledig worden afgesloten (Fig. 4C) is dit niet mogelijk. Hierbij kunnen organismen alleen het systeem binnen dringen bij calamiteiten, het doorspoelen voor onderhoud, en/of bij brandweeroefeningen waarbij deze “afgesloten” systemen open worden gezet zodat het buitenwater gebruikt kan worden als bluswater. Bij systemen die volledig kunnen worden afgesloten, worden

Tabel 1. Waterparameters gemeten binnen de ondergrondse brandblussystemen van de negen bedrijven die in het kader van het huidige onderzoek zijn bemonsterd: zoutgehalte (in ppt), de zuurgraad (in pH) en de turbiditeit (in ntu). Per bedrijf staat hierbij de minimum waarde, het gemiddelde en de maximum waarde aangegeven voor de watermonsters die genomen zijn uit hydranten verspreid over het terrein. Zie figuur 3 voor de gebieden waar deze bedrijven gevestigd zijn.

Bedrijf	datum	Saliniteit (ppt)			pH			Turbiditeit (ntu)		
		min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max
1	6-12-2107	0,3	0,4	0,4	8,3	8,4	8,4	21,1	28,4	38,2
2	5-12-2017	0,4	0,5	0,6	7,8	7,9	8,0	15,7	24,3	33,7
3	18-12-2017	0,0	0,0	0,0	8,4	8,5	8,5	21,7	71,4	111
4	29-11-2017	4,9	5,1	5,3	8,2	8,2	8,3	12,0	118	262
5	1-12-2017	4,9	5,2	5,5	8,1	8,1	8,1	14,9	39,4	112
6	5-12-2017	5,1	5,5	6,0	7,8	7,9	7,9	62,2	351	838
7	10-11-2017	19	20	21	8,3	8,4	8,6	10,8	74,3	136
8	14-11-2017	21	22	23	8,2	8,2	8,2	9,1	9,4	9,5
9	13-11-2017	22	24	25	8,2	8,2	8,2	8,6	14,6	26,5

Tabel 2. De verschillende soorten (>2 mm) die gevonden zijn in monsters genomen uit de ondergrondse bluswatersystemen van de negen bedrijven die bemonsterd zijn in het kader van de huidige studie (Fig. 3). Per soort is de relatieve abundantie ingeschat als % van totaal volume van het desbetreffende monster. Hierbij werd ook het percentage anorganisch materiaal (coating en/of roest) ingeschat.

Soort	Group	Zoet tot licht brak water < 5 ppt										
		Bedrijf 1				Bedrijf 2			Bedrijf 3			
		1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	3a	3b	3c	
<i>Obelia longissima</i>	Cnidaria				1%							
Anorganisch materiaal (Roest, coating)					35%							
Anorganisch materiaal (Schelpen gruis, voornamelijk strandschelpen)					64%							
Totaal		0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Soort	Group	Licht brak tot brak water ≥ 5 ppt - < 20 ppt										
		Bedrijf 4			Bedrijf 5				Bedrijf 6			
		4a	4b	4c	5a	5b	5c	5d	6a	6b	6c	6d
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Annelida				10%	10%	12%	5%				45%
<i>Obelia longissima</i>	Cnidaria											1%
<i>cf. Balanus spp</i>	Crustacea							2%				
<i>Gammarus sp</i>	Crustacea						1%					
<i>Mytilopsis leucophaeta</i>	Mollusca				11%	12%	10%	30%				9%
<i>Pomatopyrgus antipodarum</i>	Mollusca					2%		20%				
<i>Rangia cuneata</i>	Mollusca				1%	10%	4%	33%				
Anorganisch materiaal (Roest, coating)					79%	65%	73%	10%				45%
Totaal		0%	0%	0%	101%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	100%
Soort	Group	Zout water ≥ 20 ppt										
		Bedrijf 7			Bedrijf 8			Bedrijf 9				
		7a	7b	7c	8a	8b	8c	9a	9b	9c		
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Annelida	1%	2%	2%	1%			3%	2%	1%		
<i>Molgula manhattensis</i>	Asciacea		1%	1%								
<i>Styela clava</i>	Asciacea		2%									
<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Bryozoa		1%	1%								
<i>Obelia longissima</i>	Cnidaria		1%									
<i>Austrominius modestus</i>	Crustacea	1%										
<i>cf. Balanus crenatus</i>	Crustacea		1%					1%				
<i>Magalana gigas</i>	Mollusca			2%								
<i>Mytilus edulis</i>	Mollusca	1%	1%	4%					2%	2%		
Anorganisch materiaal (Roest, coating)		97%	91%	90%	99%			96%	96%	97%		
Totaal		100%	100%	100%	100%	0%	0%	100%	100%	100%		

Tabel 3. Soorten organismen (>2 mm) gevonden in ondergrondse bluswatersystemen die zoet tot licht brak buitenwater (< 5 ppt) gebruiken. Exoten zijn geel gearceerd. Dit overzicht is gebaseerd op 19 monsters afkomstig van 5 verschillende bedrijven, door GiMaRIS geanalyseerd tussen 2015 en 2017, inclusief de 3 bedrijven die in het kader van het huidige onderzoek bemonsterd werden (Tabel 2). Per soort is aangegeven in hoeveel van de 19 monsters deze soort is aangetroffen.

	Soort	Nederlandse naam	Hoofdgroep	Oorsprong	# Monsters
1	<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Trompet kalkkokerworm	Annelida	Exoot	1
2	<i>Amphibalanus improvisus</i>	Brakwater zeepok	Crustacea	Exoot	1
3	<i>Gammarus spp</i>	Vlokreeft	Crustacea	n.v.t.	3
4	<i>Ampullaceana balthica</i>	Ovale poelslak	Mollusca	Inheems	1
5	<i>Anodonta anatina</i>	Vijvermossel	Mollusca	Inheems	1
6	<i>Anodonta cygnea</i>	Zwanenmossel	Mollusca	Inheems	1
7	<i>Corbicula fluminalis</i>	Toegeknepen korfmossel	Mollusca	Exoot	1
8	<i>Dreissena bugensis</i>	Quaggamossel	Mollusca	Exoot	2
9	<i>Dreissena polymorpha</i>	Zeboramossel	Mollusca	Exoot	4
10	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Jenkins' waterhoren	Mollusca	Exoot	1
11	<i>Valvata piscinalis</i>	Vijver pluimdrager	Mollusca	Inheems	1
12	<i>Spongilla lacustris</i>	Zoetwaterspons	Porifera	Inheems	1

Tabel 4. Soorten organismen (>2 mm) gevonden in ondergrondse bluswatersystemen licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt) gebruiken. Exoten zijn geel gearceerd. Dit overzicht is gebaseerd op 44 monsters afkomstig van 6 verschillende bedrijven, door GiMaRIS geanalyseerd tussen 2012 en 2017, inclusief de 3 bedrijven die in het kader van het huidige onderzoek bemonsterd werden (Tabel 2). Per soort is aangegeven in hoeveel van de 44 monsters deze soort is aangetroffen.

	Soort	Nederlandse naam	Hoofdgroep	Oorsprong	# Monsters
1	<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Trompet kalkkokerworm	Annelida	Exoot	29
2	<i>Hediste diversicolor</i>	Veelkleurige zeeduizendpoot	Annelida	Inheems	1
3	<i>Conopeum reticulum</i>	Zeekantwerk	Bryozoa	Inheems	7
4	<i>Obelia longissima</i>	Lange zeedraad	Cnidaria	Inheems	7
5	<i>Amphibalanus improvisus</i>	Brakwater zeepok	Crustacea	Exoot	19
6	<i>Balanus crenatus</i>	Gekartelde zeepok	Crustacea	Inheems	1
7	<i>Gammarus spp</i>	Vlokreeft	Crustacea	n.v.t.	1
8	<i>Gammarus tigrinus</i>	Tijgervlokreeft	Crustacea	Exoot	1
9	<i>Rhithropanopeus harrisii</i>	Zuiderzeekrabbetje	Crustacea	Exoot	6
10	<i>Abra alba</i>	Witte dunschaal	Mollusca	Inheems	2
11	<i>Cerastoderma edule</i>	Kokkel	Mollusca	Inheems	1
12	<i>Corbicula fluminea</i>	Aziatische korfmossel	Mollusca	Exoot	6
13	<i>Dreissena bugensis</i>	Quaggamossel	Mollusca	Exoot	5
14	<i>Dreissena polymorpha</i>	Zeboramossel	Mollusca	Exoot	3
15	<i>Mya arenaria</i>	Strandgaper	Mollusca	Exoot	1
16	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	Brakwatermossel	Mollusca	Exoot	28
17	<i>Mytilus edulis</i>	Mossel	Mollusca	Inheems	7
18	<i>Physella acuta</i>	Puntige blaashoren	Mollusca	Exoot	2
19	cf <i>Heleobia australis</i> / <i>Peringia ulvae</i>	Zuid Amerikaanse drijfslak / Wadslakje	Mollusca	Exoot	13
20	<i>Rangia cuneata</i>	Mexicaanse strandschelp	Mollusca	Exoot	21

Tabel 5. Soorten organismen (>2 mm) gevonden in ondergrondse bluswatersystemen met zout buitenwater (≥ 20 ppt) Exoten zijn geel gearceerd. Dit overzicht is gebaseerd op 26 monsters afkomstig van 7 verschillende bedrijven, door GiMaRIS geanalyseerd tussen 2014 en 2017, inclusief de 3 bedrijven die in het kader van het huidige onderzoek bemonsterd werden (Tabel 2). Per soort is aangegeven in hoeveel van de 26 monsters deze soort is aangetroffen.

	Soort	Nederlandse naam	Hoofdgroep	Oorsprong	# Monsters
1	<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Trompet kalkkokerworm	Annelida	Exoot	11
2	<i>Molgula manhattensis</i>	Ronde zakpijp	Ascidiacea	Exoot	3
3	<i>Styela clava</i>	Japane zakpijp	Ascidiacea	Exoot	1
4	<i>Conopeum reticulum</i>	Zeekantwerk	Bryozoa	Inheems	1
5	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Steencelpoliep	Bryozoa	Inheems	3
6	<i>Obelia longissima</i>	Lange zeedraad	Cnidaria	Inheems	7
7	<i>Austrominius modestus</i>	Nieuw-Zeelands zeepok	Crustacea	Exoot	1
8	<i>Balanus crenatus</i>	Gekartelde zeepok	Crustacea	Inheems	2
9	<i>Carcinus maenas</i>	Gewone strandkrab	Crustacea	Inheems	5
10	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	Zuiderzeekrabbetje	Crustacea	Exoot	1
11	<i>Dreissena bugensis</i>	Quaggamossel	Mollusca	Exoot	1
12	<i>Euspira nitida</i>	Glanzende tepelhoren	Mollusca	Inheems	1
13	<i>Magallana gigas</i>	Japane oester	Mollusca	Exoot	5
14	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	Brakwatermossel	Mollusca	Exoot	1
15	<i>Mytilus edulis</i>	Mossel	Mollusca	Inheems	20
16	<i>Physella acuta</i>	Puntige blaashoren	Mollusca	Exoot	6
17	cf <i>Peringia ulvae</i>	Wadslakje	Mollusca	Inheems	2

organismen op verschillende manieren bestreden. Zo vullen sommige bedrijven het systeem met zoet drinkwater wanneer het niet wordt gebruikt. Alleen wanneer het systeem wordt gebruikt, wordt het gevuld met buitenwater. Een andere optie is om het systeem tussentijds leeg te pompen. Hierbij wordt het systeem pas gevuld met buitenwater op het moment dat het in gebruik wordt genomen. Een van de (niet geselecteerde) bedrijven grenzend aan het Noordzeekanaal gaf aan dat zij het brakke Noordzeekanaal water gebruiken wanneer hun bluswatersysteem in werking treedt, bijvoorbeeld bij oefeningen. Na deze oefeningen spoelden zij het systeem met zoet drinkwater door waarna het systeem wordt leeg gepompt. Pas als het weer in gebruik wordt genomen, wordt het systeem weer gevuld met buitenwater. Deze procedure werd gevolgd vanwege het feit dat in het Noordzeekanaal een lage maar continue concentratie aan chloor aanwezig is wat een versterkte corrosie van de metalen in de systemen veroorzaakt.

Een laatste punt waarop stationaire bluswatersystemen van elkaar kunnen verschillen betreft de aanwezigheid van zonlicht in het systeem. Omdat de meeste systemen ondergronds liggen en zonlicht het water in de buizen niet bereikt, zijn organismen die afhankelijk zijn van licht, zoals algen en wieren, in de meeste systemen niet aanwezig. Sommige stationaire bluswatersystemen hebben echter bluswatervijvers. In deze vijvers, waar het zonlicht kan doordringen, kunnen algen en wieren zich wel vestigen. Deze algen kunnen dan weer als voedselbron dienen voor de verschillende soorten binnen het systeem. Verder worden regelmatig vogels in deze vijvers aangetroffen waarvan de uitwerpselen in het water terecht komen. Hierbij vormt de bluswatervijver een open ingang tot het systeem waar ook bijvoorbeeld vogels in terecht kunnen komen die daar overleiden. Dit is bij dergelijke systemen ook waargenomen en kan onder andere bacterie groei in het systeem bevorderen.

4.3 Plekken binnen systemen waar organismen problemen veroorzaken

In figuur 5 wordt schematisch aangegeven wat de voornaamste plekke zijn binnen stationaire brandblussystemen waar organismen problemen veroorzaken.

Vooral door het verstoppingen van buizen en leidingen kan de effectieve werking van een brandblussysteem worden belemmerd (Figs. 5-6). Volledige verstoppingen komen vooral voor bij relatief smalle buizen en leidingen, bijvoorbeeld in de waterpompen aan het begin van het systeem en binnenin de hydranten en de brandweerslangen waardoor het bluswater weer naar buiten komt (Fig. 5). In deze smalle buizen is het lastig tot onmogelijk om aangroei te bestrijden met een hoog risico op verstopping, zoals bijvoorbeeld zichtbaar is bij twee buizen van een sprinkler systeem wat was aangesloten op een bluswatersysteem (Figs 6C-6D). Hierbij is het vervangen van deze leidingen door nieuwe leidingen de enige oplossing. Vervanging is vaak ook nodig door slijtage. Schelpen en gruis aan de binnenkant van hydranten, slangen en spuitmonden zorgen voor aanzienlijke slijtage wanneer het water bij gebruik van het systeem onder hoge druk hier doorheen wordt gespoten (Fig. 4C-F, I). Los hiervan gaven verschillende bedrijven aan dat zij met name hun waterpompen regelmatig moeten vervangen omdat ze aan de binnenkant vol zijn gegroeid met bijvoorbeeld mosselen of kalkkokerwormen. Om het binnendringen van organismen in deze pompen tegen te gaan wordt een aanzuigkorf (rooster) gebruikt aan het begin van de pijp waarmee het water wordt opgepompt. Deze aanzuigkorven zijn vaak ook volledig overgroeid en verstopt zoals bijvoorbeeld wordt geïllustreerd in figuur 7A waar de korf grotendeels is overgroeid door de “Australische” kalkkokerworm, *Ficopomatus enigmaticus*.

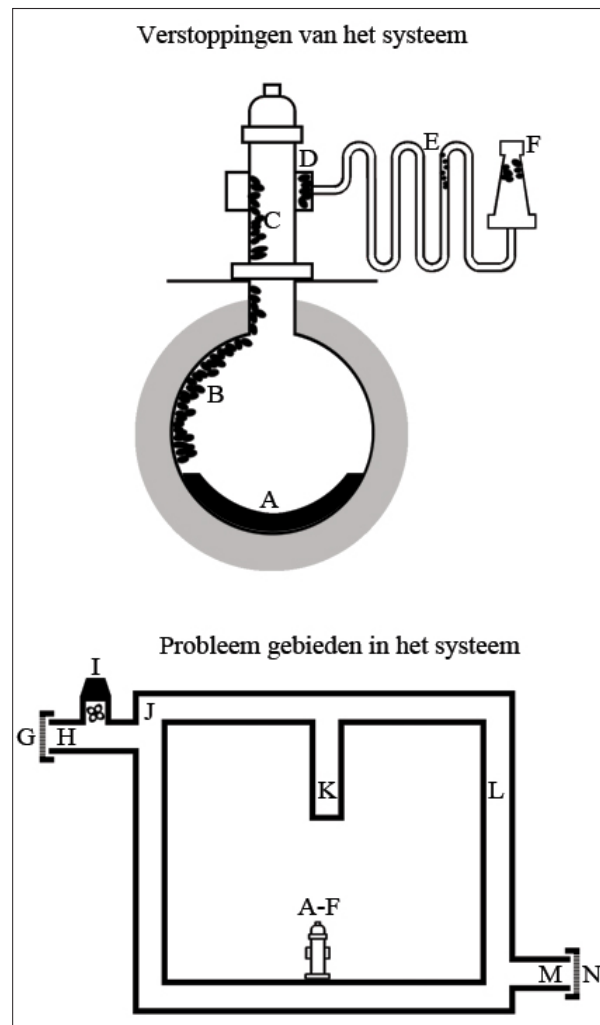


Fig. 5. Plekken in ondergrondse bluswatersystemen waar organismen die zich in deze systemen bevinden problemen kunnen veroorzaken. A: Sediment afzetting op de bodem van de pijp; B: Aangroei op de wanden van de pijp; C: Aangroei in het hydrant; D: Aangroei op de flens; E: Verstopping in de slang; F: Verstopping van de spuitmond; G: Rooster bij de waterinlaat; H: Pijpleiding nabij de waterinlaat; I: Pompsystemen; J: Hoeken in het pijpleiding systeem; K: Doodlopende stukken in het pijpleidingsysteem; L: Rechte pijpen; M: Pijpleiding nabij water uitlaat; N: Rooster bij de wateruitlaat.



Fig. 6. Voorbeelden uit Nederland waarbij buizen en leidingen bij stationaire brandblussystemen zijn vervangen of gereviseerd vanwege problemen die verschillende organismen veroorzaakten. A, Mosselen vastgehecht aan de wanden van een buis. Dit betreft in zout water vooral de inheemse mossel *Mytilus edulis*, in brak water de Noord Amerikaanse brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata* en in zoet water de Ponto-Kaspische zebramosse *Dreissena polymorpha* en de de Ponto-Kaspische quaggamosse *D. bugensis*. B, Schelpresten hopen zich op en vormen een sedimentlaag waar zich organismen in kunnen vestigen zoals de Mexicaanse brakwater-strandschelp *Rangia cuneata*, die 10 cm groot kan worden. C, Ook enkele millimeters grote schelpen zoals die van het Zuid-Amerikaanse slakje cf *Heleobia australis* kunnen bijdragen aan verstoppingen in buizen, zoals hier bij een sprinkler systeem aangesloten op het bluswatermet. D, Roest en coating deeltjes in combinatie met schelpresten verstoppen gezamenlijk een buis. E, Buis met een beginnend rif van de Australische kalkkokerworm *Ficopomatus enigmaticus*. De kalkkokers kunnen tot ~70 cm hoge riffen vormen (Fig. 7). F, Buis waarvan het oppervlak bedekt is met zeepokken, waardoor een ruw oppervlak resulteert wat geschikt is voor de vestiging van een grote verscheidenheid aan soorten. (Foto's: Leenheer B.V.)

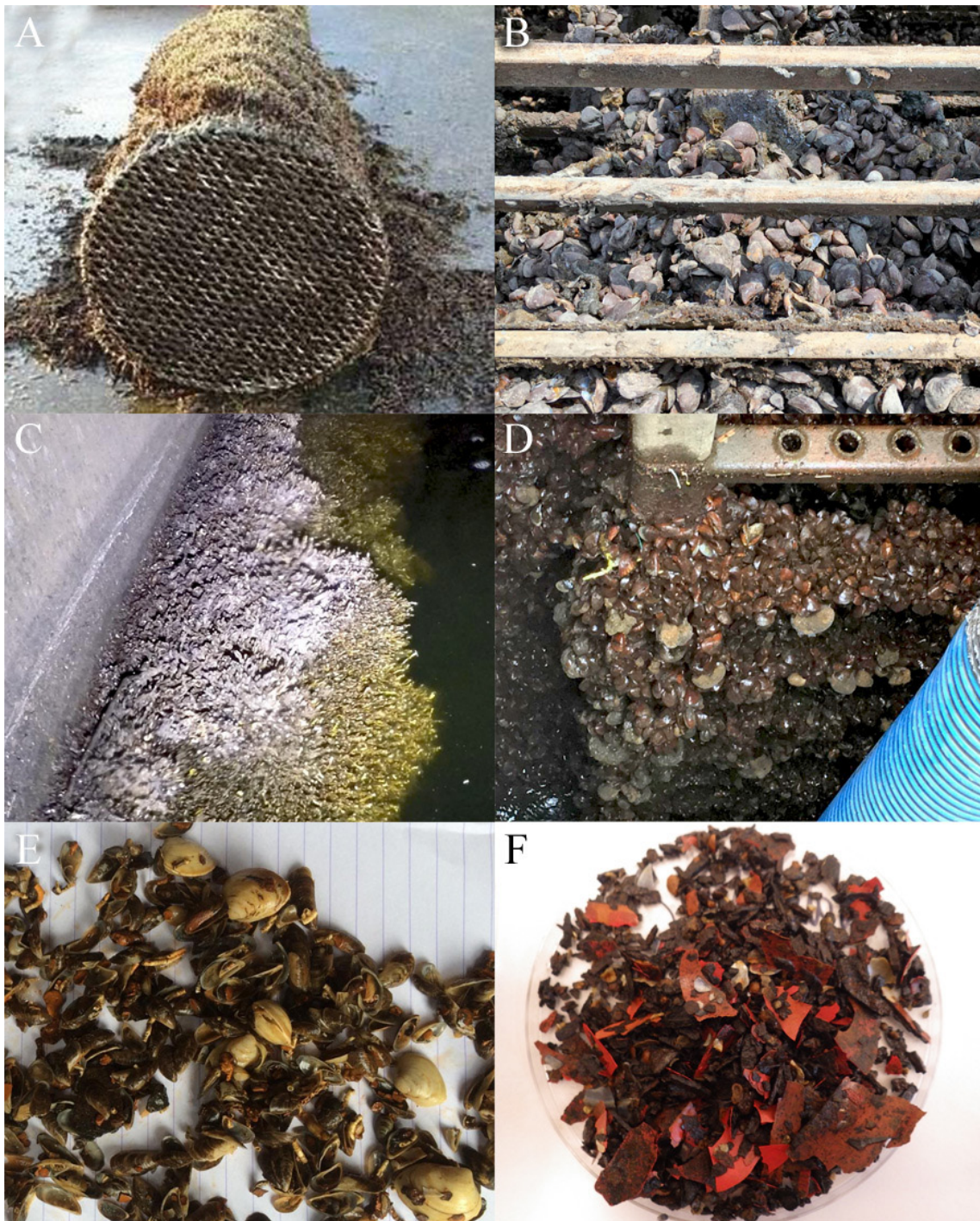


Fig. 7. Organismen in en nabij ondergrondse brandblussystemen. A, Het rooster van een aanzuigkorf waardoor het buitenwater in een ondergronds systeem wordt gepompt, volledig overgroeid door de Australische kalkkokerworm *Ficopomatus enigmaticus*. B, Een zo goed als volledig door mosselen overgroeid rooster waardoor water een pompruimte instroomt, waarvandaan het ondergrondse systeem wordt gevuld. C, Een pompruimte waar tot ongeveer 70 cm hoge riffen van de kalkkokerworm *F. enigmaticus* werden aangetroffen. D, Volledig met mosselen overgroeid trappetje de pompruimte in. E, De witte schelpen van de Mexicaanse brakwater-strandschelp *Rangia cuneata* zijn relatief stevig en daarom moeilijk te breken, terwijl de donker gekleurde schelpen van de Noord Amerikaanse brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata* een stuk fragieler zijn. F, Organismen die zich in de systemen vestigen zijn mogelijk gedeeltelijk ook verantwoordelijk voor beschadigingen aan de coating in het systeem, die de aangroei van organismen dient tegen te gaan. (Foto's: Leenheer B.V.)

Naast de smallere buizen en leidingen zijn sommige buizen een stuk breder (tot ~1-2 meter in diameter), vooral aan het begin van het systeem waar duikers deze mogelijk nog kunnen schoonmaken. Het begin van een dergelijk systeem is vaak gelegen in een pompruimte die via een groot rooster in contact staat met het buitenwater. In deze pompruimte kan bijvoorbeeld een duiker afdalen via een trappetje waarna deze aangroei op de materialen en mogelijk in het begin van het buizensysteem kan verwijderen. Hierbij kunnen de roosters waardoor het buitenwater de pompruimte in komt soms al grotendeels verstopt zijn met mosselen (Fig. 7B). Roosters bij in- en uitlaten zijn meer in het algemeen erg gevoelig voor aangroei omdat ze in direct contact staan met het buitenwater (Fig. 5: Plekken G-H, M-N). Verder zijn structuren in de pompruimte zoals het trappetje om de pompruimte te betreden, vaak begroeid, wat de toegankelijkheid vermoeilijkt (Fig. 7D). Eenmaal aangekomen in de pompruimte kunnen op de wanden tot 70 cm hoge “exotische” kalkkokerriffen worden aangetroffen die de totale doorstroming naar het systeem in ieder geval gedeeltelijk kunnen belemmeren (Fig. 7C).

Hoewel verstoppingen vooral worden veroorzaakt door soorten mosselen en kalkkokerwormen die zich vasthechten aan de wanden, kunnen systemen ook verstopt worden door soorten die alleen op de bodem van de pijpen in het sediment voorkomen. Door een ophoping van deze soorten, sediment en bijvoorbeeld schelpfragmenten van soorten die oorspronkelijk aan de wanden vast gehecht waren, kunnen pijpen zich langzaam vullen waardoor er effectief minder water doorheen kan stromen (Figs 6B, 6C, 6D). Om dit te voorkomen hebben de meeste bedrijven een spoelprotocol ingesteld waarbij de waterpompen op volle kracht worden aangezet en het gehele systeem een tot enkele keren per jaar zo goed mogelijk volledig wordt doorgespoeld. Hoewel dit protocol relatief effectief is bij de meeste buizen binnen systemen, bestaan er soms doodlopende stukken in pijpleidingsystemen die

op deze wijze niet kunnen worden doorgespoeld (Fig. 5: plek K). Meer in het algemeen vormen hoeken en doodlopende leidingen luwten in het systeem, wat het moeilijker maakt om deze plekken schoon te spoelen, en de vestiging voor soorten vergemakkelijkt (Fig. 5: plekken J en K). Rechte stukken pijpleiding hebben de minste last van aangroei (Fig. 5: plek L).

4.4 Macro-organismen

Sinds 2012 zijn door GiMaRIS regelmatig monsters geanalyseerd die door Leenheer B.V. bij verschillende bedrijven in Nederland zijn verzameld uit stationaire brandblussystemen met behulp van een Pac-Bag (Fig. 1). Binnen deze monsters is specifiek gekeken naar de soorten die hierin voorkomen, waarbij vervolgens is ingeschat welke soorten mogelijk de werking van het stationaire brandblussysteem zouden kunnen belemmeren. Over de loop van de jaren is op deze manier de soortensamenstelling in 89 monsters bij 18 verschillende bedrijven verspreid over Nederland vastgesteld. In totaal zijn in deze monsters 35 verschillende soorten gevonden waarvan 18 exoot (Tabellen 3-5). Dit is inclusief de negen bedrijven die bemonsterd zijn tijdens de huidige studie. De soorten die gevonden zijn in deze 89 monsters staan gespecificeerd in tabellen 3-5, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen soorten in systemen met respectievelijk zoet tot licht brak water (< 5 ppt), licht brak tot brak water (≥ 5 ppt - < 20 ppt) en zout water (≥ 20 ppt). De meeste soorten in deze systemen betreffen exoten, waarbij de meest waargenomen soorten in zoet tot licht brak water, licht brak tot brak water, en zout water ook exoten betreffen (Tabellen 3-5). Inheemse soorten komen in vergelijking met exoten relatief zeldzaam voor in de brandblussystemen, met uitzondering van de inheemse mossel *Mytilus edulis* die in 20 van de 26 monsters aanwezig was die geanalyseerd werden uit systemen die gebruik maakten van zout (>20 ppt) buitenwater. Na de inheemse

mossel *Mytilus edulis* zijn de Pacifische oester *Magallana gigas* en de Australische trompet kalkkokerworm *Ficopomatus enigmaticus* de voornaamste soorten die in systemen met zout water problemen veroorzaken, met name door het verstopping van leidingen (Tabellen 5-6). De waarneming van de quagga mossel *Dreissena bugensis* in een systeem met zout water (Tabel 5) betreft vermoedelijk een dood exemplaar wat mogelijk bij het doorspoelen van het systeem is binnen gekomen. De Ponto-Kaspische zebra-mossel *Dreissena polymorpha* en quaggamossel *D. bugensis* betreffen immers exoten die zich alleen kunnen vestigen in zoet to licht brak water. Samen met de Amerikaanse brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata* en de Australische kalkkokerworm *F. enigmaticus* veroorzaken zij de meeste verstoppingen in systemen met zoet tot brak water, waarbij *D. polymorpha* en *D. bugensis* voornamelijk in zoeter water te vinden zijn, en *M. leucophaeata* en *F. enigmaticus* voornamelijk in iets zouter water (Tabellen 2-4). Inheemse soorten veroorzaken over het algemeen geen problemen in stationaire bluswatersystemen die gevuld worden met zoet tot brak buitenwater (Tabellen 2-4).

4.4.1 Soortbeschrijvingen

Sommige soorten in ondergrondse brandblussystemen hebben weinig tot invloed op de werking van een systeem, terwijl andere de efficiëntie van ondergrondse bluswatersystemen sterk kunnen verminderen door verstoppingen te veroorzaken. In tabel 6 wordt een overzicht gepresenteerd van de plekken waar soorten in brandblussystemen zich vestigen en welke impact ze daar kunnen hebben. Hierbij zijn er ook soorten, zoals zee-pokken, die op zichzelf geen verstoppingen veroorzaken, maar de vestiging van andere soorten bevorderen doordat zij bijvoorbeeld het oppervlak ruwer maken als ze zelf vestigen. Ten slotte kunnen sommige soorten de slangen en spuitmonden beschadigen wanneer zij met hoge druk het systeem uitgespoten worden. Zij verergeren

daarbij de slijtage van deze onderdelen. In de onderstaande paragrafen wordt voor elk van de soorten de mogelijke impact op een ondergronds watersysteem, meer in detail besproken.

Annelida (Wormen)

Ficopomatus enigmaticus

De Australische trompet-kalkkokerworm *Ficopomatus enigmaticus* is een soort die de werking van een stationairbluswatersysteem ernstig kan verstoren door verstoppingen te veroorzaken in buizen en pijpen (Figs. 6E, 7A, 7C; Muniz *et al.*, 2005). De kalkkokers binnen deze systemen kunnen sterke kalkriffen vormen van tientallen centimeters hoog. Zo toont figuur 7C de wand van een pomphuis aan het begin van een stationair brandblussysteem waar een kalkkokerrif van ongeveer 70 cm hoog werd aangetroffen. Zelfs nadat de wormen in de kalkkokers dood zijn gegaan kunnen pijpleidingen verstopt blijven doordat de kalk-skeletten blijven bestaan. Daarnaast kunnen de kalkkokers slijtage veroorzaken aan de binnenkanten van buizen, brandslangen en hydrant onderdelen wanneer ze hier onder hoge druk doorheen worden gespoten bij brandweeroefeningen en/of calamiteiten. In de monsters van ondergrondse systemen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot 2017, is *F. enigmaticus* algemeen gevonden in 41 van de 89 geanalyseerde monsters, afkomstig uit 11 verschillende systemen. Hierbij was de soort vooral algemeen aanwezig in ondergrondse brandblussystemen die gebruik maakten van licht brak tot zout buitenwater (Tabellen 4 en 5).

Hediste diversicolor

De veelkleurige zeeduizendpoot *Hediste diversicolor* is een inheemse borstelworm. Hij komt in zacht sediment voor in brakke tot zoute wateren. Over het algemeen zullen dit soort wormen geen impact hebben op de werking van ondergrondse systemen. Ze zijn te fragiel om schade te veroorzaken wanneer ze door een systeem heen gespoeld

Tabel 6. Vestigingsplekken van organismen binnen ondergrondse systemen en de effecten op deze systemen zoals deze door bedrijven werden gemeld of waargenomen door Leenheer B.V. en/of GiMarIS in de periode 2012-2017 (zie ook figuren 6 en 7).

	Soort	Hoofdgroep	Oorsprong	Plek in systeem				Effect op systeem				
				Op wanden	In sediment	in het water	Mobiel	Verstoppingen grote onderdelen (bijv. ondergrondse pijpleidingen)	Verstoppingen kleine onderdelen (bijv. zeven en pompsystemen)	Stijtage systeem	Vergemakkelijkt vestiging andere soorten	geen duidelijke impact
1	<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Annelida	Exoot	1				1	1	1	1	
2	<i>Hediste diversicolor</i>	Annelida	Inheems		1		1					1
3	<i>Molgula manhattensis</i>	Ascidiacea	Exoot	1							1	
4	<i>Styela clava</i>	Ascidiacea	Exoot	1							1	
5	<i>Conopeum reticulum</i>	Bryozoa	Inheems	1							1	
6	<i>Scrupocellaria scruposa</i>	Bryozoa	n.v.t.	1							1	
7	<i>Obelia longissima</i>	Cnidaria	Inheems	1							1	
8	<i>Amphibalanus improvisus</i>	Crustacea	Exoot	1					1		1	
9	<i>Austrominius modestus</i>	Crustacea	Exoot	1					1		1	
10	<i>Balanus crenatus</i>	Crustacea	Inheems	1					1		1	
11	<i>Carcinus maenas</i>	Crustacea	Inheems				1			1	1	
12	<i>Gammarus spp</i>	Crustacea	Inheems				1					1
13	<i>Gammarus tigrinus</i>	Crustacea	Exoot				1					1
14	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	Crustacea	Exoot				1					1
15	<i>Abra alba</i>	Mollusca	Inheems		1							1
16	<i>Ampullaceana balthica</i>	Mollusca	Inheems		1							1
17	<i>Anodonta anatina</i>	Mollusca	Inheems		1			1	1	1		
18	<i>Anodonta cygnea</i>	Mollusca	Inheems		1			1	1	1		
19	<i>Cerastoderma edule</i>	Mollusca	Inheems		1			1	1	1		
20	<i>Corbicula fluminalis</i>	Mollusca	Exoot		1			1	1	1		
21	<i>Corbicula fluminea</i>	Mollusca	Exoot		1			1	1	1		
22	<i>Dreissena bugensis</i>	Mollusca	Exoot	1				1	1	1	1	
23	<i>Dreissena polymorpha</i>	Mollusca	Exoot	1				1	1	1	1	
24	<i>Euspira nitida</i>	Mollusca	Inheems		1							1
25	<i>Magallana gigas</i>	Mollusca	Exoot	1				1	1	1	1	
26	<i>Mya arenaria</i>	Mollusca	Exoot		1			1	1	1		
27	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	Mollusca	Exoot	1				1	1	1	1	
28	<i>Mytilus edulis</i>	Mollusca	Inheems	1				1	1	1	1	
29	cf <i>Heleobia australis</i>	Mollusca	Exoot		1		1		1			
30	cf <i>Peringia ulvae</i>	Mollusca	Inheems		1		1		1			
31	<i>Physella acuta</i>	Mollusca	Exoot		1		1		1			
32	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Mollusca	Exoot		1		1		1			
33	<i>Rangia cuneata</i>	Mollusca	Exoot		1			1	1	1		
34	<i>Valvata piscinalis</i>	Mollusca	Inheems		1							1
35	<i>Spongilla lacustris</i>	Porifera	Inheems	1								1

worden en verteren vrij snel nadat ze dood zijn. In de verschillende monsters van ondergrondse systemen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot 2017, werd *H. diversicolor* zeldzaam aangetroffen, in slechts 1 van de 89 geanalyseerde monsters (Tabellen 3-5).

Ascidiacea (Zakpijpen)

Molgula manhattensis & *Styela clava*

De ronde zakpijp *Molgula manhattensis* en de Japanse knotzakpijp *Styela clava* zijn exoten afkomstig van respectievelijk de NW Atlantische en de NW Pacifische oceaan. *Molgula manhattensis* kan zo'n 50 mm groot worden en *Styela clava* 150 mm (Fofonoff *et al.*, 2017). Hoewel zakpijpen zich kunnen hechten aan verticale structuren zoals aanwezig in de ondergrondse systemen en daarbij de systemen zouden kunnen verstoppen, zijn daar geen voorbeelden van uit de literatuur en werd dit bij de onderzoeken sinds 2012 van GiMaRIS en Leenheer BV ook niet waargenomen. De ondergrondse systemen vormen over het algemeen blijkbaar geen geschikt habitat voor deze soorten om zich in grote aantallen te vestigen. In de verschillende monsters van ondergrondse systemen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot 2017, is *M. manhattensis* slechts in 3 van de 89 monsters aangetroffen, en *S. clava* in slechts 1 van de 89 monsters gevonden. In zoetwater komen zakpijpen niet voor. Ze zijn dan ook alleen in licht brakke tot zoute wateren aangetroffen (Tabellen 2-5).

Bryozoa (mosdiertjes)

Conopeum reticulum

Het mosdiertje *Conopeum reticulum* is een inheemse soort in Nederland. Deze soort, ookwel Zeevitrage genoemd, vormt een dunne gaasvormige kalkkorst op schelpen, stenen en andere objecten. De soort zal zelf geen leidingen verstoppen, maar door zich te vestigen maakt dit

mosdiertje het oppervlak ruwer waardoor het beter geschikt wordt voor de vestiging van andere organismen, zoals bijvoorbeeld mosselen die wel bekend staan om het verstoppen van leidingen. *C. reticulum* komt in brak tot zout water voor en is in 8 van de 89 monsters aangetroffen die door GiMaRIS zijn onderzocht in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Scrupocellaria scuposa

De inheemse steencelpoliep *Scrupocellaria scuposa* is een mosdiertje wat opstaande kolonies vormt op schelpen, stenen en andere hard substraatsoorten. De soort zal zelf geen leidingen verstoppen, maar verhoogd wel het potentiële vestigingsoppervlak van andere organismen, zoals bijvoorbeeld mosselen die wel bekend staan om het verstoppen van leidingen. *S. scuposa* komt voor in zout water en is in 3 van de 89 monsters aangetroffen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Cnidaria (neteldieren)

Obelia longissima

De inheemse hydroidpoliep *Obelia longissima* zal zelf geen watersystemen verstoppen. Ze kunnen zich echter wel op relatief gladde oppervlakken vestigen. De kleine "takjes" van deze hydroidpoliep zijn uitermate geschikt voor de vestiging van mosselendie wel bekend staan om het verstoppen van leidingen. *Obelia longissima* komt vooral in brak tot zout water voor en is in 15 van de 89 monsters aangetroffen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Crustacea (kreeftachtigen)

Amphibalanus improvisus, *Austrominius modestus* & *Balanus crenatus*

De uit Amerika afkomstige brakwaterzeepok *Amphibalanus improvisus*, de Nieuw-Zeelandse zeepok *Austrominius modestus* en de inheemse gekartelde zeepok *Balanus crenatus* zullen geen van allen snel zelf pijpleidingsystemen verstoppen. Ze kunnen zich echter wel op relatief gladde oppervlakken vestigen. Hierdoor worden deze oppervlaktes ruwer (Fig. 6F) wat de vestiging van soorten die wel een probleem kunnen veroorzaken, sterk kan verbeteren. Hoewel zeepokken te fragiel zijn om delen van het systeem te beschadigen, zouden de kalkplaatjes van zeepokken in hoge dichtheden eventueel fijnmazige zeven in pompen en spuitmonden kunnen verstoppen. *A. improvisus* komt vooral in brak water voor. *Austromonium modestus* en *B. crenatus* komen voor in brak tot zout water. De drie soorten *A. improvisus*, *A. modestus* en *B. crenatus* zijn respectievelijk 20, 1 en 3 keer aangetroffen in de 89 monsters aangetroffen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5). Vooral de Amerikaanse brakwaterzeepok *A. improvisus* vormt een probleem in stationaire brandblussystemen.

Carcinus maenas

De inheemse strandkrab *Carcinus maenas* zal geen groot effect hebben op de fouling van ondergrondse bluswatersystemen. Wel is het mogelijk dat hun schilden het systeem kunnen beschadigen of fijnmazige onderdelen kunnen verstoppen wanneer water onder hoge druk door het brandblussysteem heen wordt gepompt. *C. maenas* komt voor in zout water en is in 5 van de 89 monsters aangetroffen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Gammarus tigrinus & *Gammarus* spp.

Er komen in Nederland ca. 200 verschillende soorten vlokreeftjes voor, waaronder een aantal exoten zoals *Gammarus tigrinus*. Hoewel ze in erg hoge dichtheden kunnen voorkomen is er

geen rede om aan te nemen dat ze problemen veroorzaken in ondergrondse pijpleidingen, aangezien ze erg fragiel zijn en na hun dood snel vergaan. *Gammarus* soorten komen voor van zoet tot zout water en zijn in 5 van de 89 monsters aangetroffen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Rhithropanopeus harrisi

Het Zuiderzeekrabbetje *Rhithropanopeus harrisi* komt oorspronkelijk van de oostkust van Noord Amerika. Individuen worden niet groter dan ~2 cm. Hoewel deze soort in hoge dichtheden kan voor komen, is het niet waarschijnlijk dat hij een grote impact op ondergrondse systemen zal hebben omdat de individuen mobiel zijn en als ze sterven relatief snel zullen vergaan. Wel is het mogelijk dat hun schilden het systeem kunnen beschadigen wanneer het water er onder hoge druk doorheen wordt gespoten, al is dit risico lager dan bij grotere krabben zoals de gewone strandkrab *Carcinus maenas*. *R. harrisi* komt vooral in brak water voor en is in 7 van de 89 monsters aangetroffen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Mollusca (weekdieren)

Abra alba

De inheems witte dunschaal *Abra alba* heeft een sediment laag nodig om zich te vestigen en zal naar verwachting dan ook niet in het bluswatersysteem doordringen als het systeem zodanig gespoeld wordt dat zich geen sediment ophoopt in de leidingen. De soort zet zich niet vast en zal daarom geen groot effect hebben op de fouling van ondergrondse bluswatersystemen. Zoals de naam al zegt heeft deze soort dunne, tere kleppen, waardoor hij ook bij het uitspoelen van het systeem onder hoge druk, niet veel schade zal veroorzaken. *A. alba* komt voor in brak tot zout water voor en is in 2 van de 89 monsters aangetroffen die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Ampullaceana balthica

De ovale poelsak *Ampullaceana balthica* is een inheemse soort die algemeen in vijvers voorkomt. De slak heeft een erg tere schelp en er is daarom geen rede om aan te nemen dat hij problemen veroorzaakt in ondergrondse bluswatersystemen. *A. balthica* is 1 keer aangetroffen in de monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Anodonta anatine & Anodonta cygnea

De inheemse vijvermossel *Anodonta anatine* en zwanenmossel *A. cygnea* hebben een sediment laag nodig om zich te vestigen en zullen naar verwachting dan ook niet in het bluswatersysteem doordringen als het systeem zodanig gespoeld wordt dat zich geen sediment ophoopt in de leidingen. Deze soorten zetten zich niet vast en zullen daarom naar verwachting geen groot effect hebben op de werking van stationaire bluswatersystemen. Beide soorten kunnen wel vrij groot worden, met schelpen tot respectievelijk 13 en 15 cm (Anderson 2016). Wanneer systeem dus niet regelmatig gespoeld worden en de schelpen zich kunnen ophopen, kunnen ze mogelijk wel verstoppingen veroorzaken of de slijtage van onderdelen van het systeem (bijvoorbeeld in de hydranten) verergeren wanneer ze onder hoge druk uitgespoeld worden. Beide soorten zijn 1 keer (in hetzelfde monster) aangetroffen in de 89 monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Cerastoderma edule

De inheemse kokkel *Cerastoderma edule* heeft een sediment laag nodig om zich te vestigen en zal naar verwachting dan ook niet in het bluswatersysteem doordringen als het systeem zodanig gespoeld wordt dat zich geen sediment ophoopt in de leidingen. De soort zet zich niet vast en zal daarom vermoedelijk geen groot effect hebben op de werking van een ondergronds bluswatersystemen. De soort wordt ongeveer 4 cm groot en vormt dikke kleppen. Wanneer een systeem niet regelmatig gespoeld wordt en

de schelpen zich kunnen ophopen, kunnen deze mogelijk verstoppingen veroorzaken of schade aan het systeem veroorzaken wanneer ze onder hoge druk worden uitgespoeld. De soort komt voor in zout water en is 1 keer aangetroffen in de monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Corbicula fluminalis & Corbicula fluminea

De toegeknepen korfmossel *Corbicula fluminalis* en de Aziatische korfmossel *C. fluminea* zijn vermoedelijk beiden afkomstig uit zuidoost Azië. Hoewel *C. fluminea* iets algemener voorkomt, zijn beide soorten ruim verspreid in de Nederlandse rivieren te vinden. Beide hebben een sediment laag nodig om zich te vestigen en zullen naar verwachting dan ook niet in het bluswatersysteem doordringen als het systeem zodanig gespoeld wordt dat zich geen sediment ophoopt in de leidingen. De soorten zetten zich niet vast en zullen daarom vermoedelijk geen groot effect hebben op de werking van een ondergrondsbluswatersysteem. Ze worden ongeveer 5 cm groot en vormen dikke geribbelde kleppen (Foster *et al.*, 2017). Wanneer een systeem niet regelmatig gespoeld wordt en de schelpen zich kunnen ophopen, kunnen ze leidingen verstoppen of slijtage veroorzaken wanneer water onder hoge druk door het bluswatersysteem heen wordt gepompt. *Corbicula fluminalis* en *C. fluminea* komen vooral voor in zoet tot brak water. Ze zijn 7 keer aangetroffen in de monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Dreissena polymorpha & Dreissena bugensis

De zebramossel *Dreissena polymorpha* en de quagga mossel *D. rostriformis bugensis* komen oorspronkelijk uit het de Ponto-Kaspisch gebied. Beide soorten staan vooral in Noord Amerika en in Europa bekend om hun invasieve gedrag, waarbij ze zoete wateren domineren. Vooral de quagga mossel is zich in de afgelopen jaren snel aan het uitbreiden in Nederland. Hierbij verdringt deze soort de zebramossel op de meeste plekken aangezien de quagga mossel over het algemeen sneller groeit, iets gro-

ter wordt (tot ~5 cm) en beter bestand is tegen extreme omstandigheden zoals wisselende wassertemperaturen (Schonenberg & Gittenberger, 2008; Velde *et al.*, 1998, 2010). Ze hechten zich aan alle harde substraten en kunnen in zeer hoge dichtheden voorkomen waarbij dikke lagen met mosselen gevormd worden. Hierdoor kunnen ook pijpleidingen en roosters volledig verstopt raken (Fig. 7). Daarnaast kunnen de schelpen schade aan het systeem veroorzaken wanneer ze onder hoge druk uitgespoeld worden. Hierbij treedt een versnelde slijtage op vanwege de schelpfragmenten in het water. *D. polymorpha* en *D. rostriformis* bugensis komen vooral voor in zoet tot brak water. Ze zijn 15 keer aangetroffen in de monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Eurspira nitida

De glanzende tepelhoren *Eurspira nitida* is een inheemse soort die in zout water voorkomt. De slak heeft een erg tere schelp en er is daarom ook geen rede om aan te nemen dat hij problemen zou kunnen veroorzaken in ondergrondse blussystemen. *E. nitida* is 1 keer aangetroffen in de monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Magallana gigas

De Japanse oester *Magallana gigas* is een exoot die langs de hele Nederlandse kust voorkomt en voornamelijk in het intergetijd gebied en net onder de laag water lijn riffen vormt (Wolff, 2005). Omdat *M. gigas* ook riffen kan bouwen is het risico op verstopping van de ondergrondse systemen hoog. Verder kunnen de schelpen van deze soort tot wel ~20 cm groot worden en zijn ze erg sterk. Wanneer deze schelpen onder hoge druk door een brandblussysteem heen worden gepompt, kunnen ze grote slijtage aan brengen aan delen van het systeem. Daarnaast zijn de schelpen een ideale ondergrond voor andere soorten om zich op te vestigen. *M. gigas* komt voor in zoute wateren en is 5 keer aangetroffen in de 89 monsters uit stationaire brandblussystemen die door GiMaRIS zijn bekeken in de pe-

riode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Mya arenaria

De strandgaper *Mya arenaria* komt oorspronkelijk uit noord Amerika. Deze schelpdieren hebben een sedimentlaag nodig om zich te vestigen en zullen zich naar verwachting dan ook niet in een bluswatersysteem vestigen als het systeem zodanig gespoeld wordt dat zich geen sediment ophoopt in de leidingen. De soort zet zich niet aan de wanden vast. De schelpen kunnen tot ongeveer 15 cm groot worden (Cohen, 2011). Wanneer een systeem niet regelmatig of efficiënt wordt doorgespoeld kunnen deze schelpen zich ophopen, en verstoppingen veroorzaken of slijtage wanneer ze onder hoge druk door het systeem worden gepompt. *Mya arenaria* komt voor in zout water en is slechts 1 keer aangetroffen in de monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Mytilopsis leucophaeata

De brakwatermossel *Mytilopsis leucophaeata* is wereldwijd een van de meest beruchte mosselsoorten wat betreft het verstopping van leidingen en buizen in brakwatersystemen. De soort komt oorspronkelijk uit de NW Atlantische oceaan. Hoewel schelpen relatief klein blijven (22-25 mm), kan deze zich aan de wanden van pijpleidingen hechten waarbij er clusters gevormd worden met dichtheden van een miljoen individuen per vierkante meter (Rajagopal *et al.*, 2002; Verween, 2008). Zo kan de doorstroming in een stationair brandblussysteem sterk beperkt worden en kunnen buizen zelfs volledig verstopt worden. Daarnaast kunnen de schelpen schade (slijtage) toebrengen aan delen van het systeem als deze onder hoge druk door het systeem heen gespoten worden bij ingebruikname van het brandblussysteem. *M. leucophaeata* komt vooral voor in brakke wateren en is 29 keer aangetroffen in de monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Mytilus edulis

De inheemse mossel *Mytilus edulis* kan grote problemen veroorzaken in ondergrondse brandblussystemen, doordat ze zich met hun byssus draden goed kunnen vasthechten aan wanden van buizen. Hierdoor belemmeren ze de doorstroming en zijn ze in staat pijpleidingen te verstoppert. Dit betreft de enige inheemse soort in Nederland die bekend staat om zijn grote impact op stationaire bluswatersystemen. Naast het veroorzaken van verstoppingen kunnen de schelpen, die tot 20 cm groot kunnen worden (Zagata et al, 2008) slijtage aan het systeem veroorzaken wanneer ze onder hoge druk door het systeem worden gespoten. *M. edulis* komt voor in brakke tot zoute wateren en is 27 keer aangetroffen in de 89 monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

cf *Heleobia australis*, *Peringia ulvae*, *Physella acuta* & *Potamopyrgus antipodarum*

De Noord Amerikaanse puntige blaasslak (*Physella acuta*) en de Nieuw-Zeelandse Jenkins' waterhoren (*Potamopyrgus antipodarum*) zijn zoetwater exoten die vermoedelijk via de aquariumhandel in Europa terecht zijn gekomen. Deze tot enkele millimeters grote schelpjes komen tegenwoordig in heel Nederland in zoetwater voor en kunnen zich met duizenden tegelijk vestigen. *P. acuta* en *P. antipodarum* zijn respectievelijk 8 en 16 keer aangetroffen in de monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5). In brak tot zout water worden slakjes van vergelijkbare grote gevonden van het inheemse wadslakje *Peringia ulvae* en de vermoedelijk Zuid Amerikaanse drijfslak *Heleobia cf australis*. Of deze laatste soort werkelijk in ondergrondse brandblussystemen voorkomt is niet zeker aangezien deze soort recentelijk pas is ontdekt in het Noordzeekanaal. Op fotos van enkele jaren geleden van verstopte buizen bij een stationair bluswatersysteem bij het Noordzeekanaal, lijken de schelpjes van deze soort zichtbaar te zijn

(Fig. 6C). Het schelpmateriaal zelf is echter niet beschikbaar ter verificatie. Ondanks hun feit dat deze vier slakkensoorten fragiele schelpjes hebben die slechts enkele millimeters groot worden, kunnen ze door de hoge dichtheden waarin ze voorkomen buizen en fijnmazige (filter)systeem verstoppert en daarmee de werking van het bluswatersysteem belemmeren (Fig. 6C).

Rangia cuneata

De Mexicaanse strandschelp *Rangia cuneata* staat bekend om de grote problemen die hij in ondergrondse watersystemen kan veroorzaken. De soort kan zich niet vasthechten aan wanden van de buizen, maar heeft een sediment laag nodig. Omdat de soort vrij grote (7,5-9,5 cm) en erg dikke schelpen maakt (Moller & Kotta, 2017), en in hoge dichtheden voor kan komen, kunnen ze verstoppingen veroorzaken of slijtage schade aan het systeem veroorzaken wanneer ze onder hoge druk uitgespoeld worden. De soort is pas recentelijk in Nederland geïntroduceerd. In 2008 werd het eerste individu in het Noordzeekanaal gevonden, waarna hij in 2014 in Groningen en de Rotterdamse haven werd gevonden (Gittenberger et al., 2015). In 2005 werd de soort in de haven Antwerpen voor het eerst in Europa waargenomen. In het daaropvolgende jaar werden de eerste problemen gemeld van een ondergronds bluswatersysteem in Antwerpen. Het systeem was verstopt geraakt met vele duizenden 2-3 mm grote schelpen (Verween et al., 2006). Ook in zijn oorspronkelijke gebied heeft de soort degelijke problemen veroorzaakt. Zo waren de brandslangen van "Getty oil refinery" in Delaware City, compleet verstopt geraakt in de jaren 70 van de vorige eeuw (Counts, 1980). *R. cuneata* komt vooral voor in brakke wateren en is 21 keer aangetroffen in de 89 monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5). Een groot aantal van deze monsters kwamen van een locatie, waar de populatie over de jaren heen gevolgd kon worden en waar tot twee maal toe een zaadval in het systeem zelf is kon worden vast-

gesteld.

Valvata piscinalis

De vijver pluimdrager *Valvata piscinalis* is een inheemse soort die algemeen in zoetwater voorkomt. De slak heeft een erg tere schelp en er is geen reden om aan te nemen dat hij problemen zou kunnen veroorzaken in ondergrondse bluswatersystemen. *V. piscinalis* is slechts 1 keer aangetroffen in de 89 monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

Porifera (sponzen)

Spongilla lacustris

De zoetwaterspons *Spongilla lacustris* is inheems voor Nederland. Er zijn geen aanwijzingen dat deze soort een probleem zou kunnen vormen voor ondergrondse bluswatersystemen. De spons is slechts 1 keer aangetroffen in de 89 monsters die door GiMaRIS zijn bekeken in de periode van 2012 tot en met 2017 (Tabellen 3-5).

4.5 Micro-organismen

In tabel 7 staan de verschillende micro-organismen weergegeven zie zijn vastgesteld in de watermonster genomen bij de 9 verschillende bedrijven. Afhankelijk van de aan of afwezigheid van bepaalde genen kunnen verschillende stammen/varianten van dezelfde bacteriesoort pathogeen zijn of juist niet. Daarnaast is het vaak ook afhankelijk van het immuunsysteem van mogelijke gastheren of mensen daadwerkelijk ziek worden, waarbij bijvoorbeeld oudere en zieke mensen vaak een verhoogd risico hebben. Binnen de huidige indicatie-studie werden de meeste bacterie soorten met de MALDI-TOF methode geïdentificeerd, waarbij per bacteriesoort niet specifiek bepaald kon worden of de genen aanwezig waren gebaseerd waarop geconcludeerd kan worden dat het om een pathogene stam gaat. Bij bacteriesoorten waarvan pathogene stammen/varianten bekend zijn, is daarom aangegeven dat deze “potentieel” pathogeen zijn.

Alleen bij *Leptospira* (Ziekte van Weil) is specifiek door het Nationaal Referentielaboratorium voor Leptospirose in Amsterdam onderzocht of de gedetecteerde bacterie een pathogene variant betrof. De aanwezigheid van *Legionella* kon bij geen van de drie brandblussystemen met de Hydrosense test (Oosterholt *et al.*, 2009) worden vastgesteld. De soorten bacteriën die wel konden worden vastgesteld (Tabel 7) worden in de onderstaande paragrafen in meer detail besproken.

4.5.1 Soortbeschrijvingen

Aeromonas sobria & Aeromonas hydrophila/caviae
Aeromonas soorten zijn binnen de huidige studie (Tabel 7) aangetroffen in twee van de drie bedrijven die gebruik maakten van licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt). In de watermonsters genomen vanuit systemen met zoet tot licht brak water (< 5 ppt) en systemen met zout buitenwater (≥ 20 ppt) werden deze soorten niet aangetroffen. *Aeromonas* spp. zijn algemeen bekend in oppervlakte wateren in Nederland (Blaak *et al.*, 2010; Schets *et al.*, 2010). *Aeromonas* spp. betreffen potentieel pathogene soorten die bijvoorbeeld gastro-enteritis met sterke diarree en misselijkheid kunnen veroorzaken (Yasuda *et al.*, 2019). Infectie gebeurt met name door het eten van bijvoorbeeld visproducten waarin de desbetreffende *Aeromonas* soort aanwezig is (Yasuda *et al.*, 2019).

Bacillus megaterium, Bacillus pumilus, Bacillus simplex & Bacillus weihenstephanensis

Binnen de huidige studie (Tabel 7) zijn verschillende *Bacillus* soorten aangetroffen. *Bacillus* soorten werden gedetecteerd in de watermonsters afkomstig van alle drie de systemen die gebruik maakten van zout (>20 ppt) buitenwater en in het watermonster van 1 van de drie brandblussystemen die gebruik maakten van licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt). In geen van de watermonsters afkomstig van stationaire brandblussystemen met zoet water werden *Bacillus* spp. aangetroffen. Niet alle *Bacillus* soor-

Tabel 7. Micro-organismen vastgesteld in watermonsters genomen in nov-dec 2017 bij 9 bedrijven (Fig. 3). Bacteriesoorten die op een groeimedium (een *Vibrio* specifieke TBS-plaat en/of bloedplaat) werden vastgesteld en vervolgens werden geïdentificeerd met de VITEK MS met een score van 99,9% zekerheid, zijn als zodanig gescoord. Los hiervan werd de aanwezigheid van *Escherichia coli* in slechts 1 monsters vastgesteld met de TBX-plate count method (ISO 16649-2) en vermeld in cfu/50 ml. “Pathogenic *Leptospira*” werd bij 1 van de 3 bedrijven die gebruik maakte van zoet tot licht brak water, vastgesteld met de rt-PCR methode met een score van Ct 37, volgens Stoddard *et al.* (2009). Terwijl met deze rt-PCR methode bij *Leptospira* getest kon worden of het een pathogene variant betrof, was dit binnen de huidige studie niet mogelijk met de VITEK MS methode waarmee de rest van de bacteriesoorten werden geïdentificeerd. Hierbij is aangegeven dat het om potentieel pathogene bacterie-soorten gaat wanneer er pathogene stammen/varianten van deze soorten uit de literatuur bekend zijn. Aangezien de potentieel pathogene soort *Vibrio cholerae* werd gedetecteerd met de VITEK MS in watermonsters genomen in nov-dec 2017 bij bedrijven 5, 6 en 7, zijn extra watermonsters uit deze systemen in mei 2018 geanalyseerd. Hierbij betreft een score met een “*” dat deze soort alleen in het monster genomen in mei 2018 werd waargenomen. Een score met “**” betreft een soort die zowel in nov-dec 2017 als in mei 2018 in het water van het desbetreffende systeem werd gedetecteerd.

Soorten:	Potentieel pathogeen:	Bedrijven								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Zoet tot licht brak < 5 ppt			Licht brak tot brak ≥ 5 ppt - < 20 ppt			Zout ≥ 20 ppt		
<i>Aeromonas sobria</i>	Ja	x	x	x	x	VITEK 99,9%**	VITEK 99,9%	x	x	x
<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i>	Ja	x	x	x	x	VITEK 99,9%*	VITEK 99,9%*	x	x	x
<i>Bacillus megaterium</i>	Nee	x	x	x	x	x	x	VITEK 99,9%	VITEK 99,9%	VITEK 99,9%
<i>Bacillus pumilus</i>	Ja	x	x	x	x	x	VITEK 99,9%*	VITEK 99,9%	x	x
<i>Bacillus simplex</i>	Nee	x	x	x	x	x	x	VITEK 99,9%*	x	x
<i>Bacillus weihenstephanensis</i>	Ja	x	x	x	x	x	VITEK 99,9%*	x	x	x
<i>Chryseobacterium indologenes</i>	Ja	x	x	VITEK 99,9%	x	x	x	x	x	x
<i>Escherichia coli</i>	Ja	x	x	x	x	1 cfu/50 ml*	x	x	x	x
<i>Klebsiella oxytoca</i>	Ja	x	x	x	x	x	VITEK 99,9%*	x	x	x
<i>Pseudomonas putida</i>	Ja	x	x	VITEK 99,9%	x	x	x	x	x	x
<i>Shewanella putrefaciens</i>	Nee	x	x	x	x	x	x	VITEK 99,9%*	x	x
<i>Vibrio cholerae</i>	Ja	x	x	x	x	VITEK 99,9%	VITEK 99,9%	VITEK 99,9%	x	x
Pathogenic <i>Leptospira</i>	Ja	x	Ct 37	x	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt

ten zijn potentieel pathogeen. Zo wordt van *Bacillus megaterium* en *B. simplex* verondersteld dat deze niet pathogeen zijn. De soorten *B. pumilus* en *B. weihenstephanensis* betreffen wel potentieel pathogene bacteriën. *Bacillus* soorten komen wijdverspreid voor, waarbij soorten zoals *B. weihenstephanensis* bijvoorbeeld voor voedselvergiftiging kunnen zorgen. Hierbij bestaan er echter meerdere stammen binnen de soort *B. weihenstephanensis* waarvan niet elke stam even pathogeen is (Stenfors *et al.*, 2002).

Chryseobacterium indologenes

Binnen de huidige studie (Tabel 7) werd *Chryseobacterium indologenes* aangetroffen in enkel monster genomen uit een van de drie stationaire brandblussystemen die gebruik maakten van zoet tot licht brak water (< 5 ppt). *Chryseobacterium indologenes* betreft een in de natuur wijdverspreide soort die desondanks slechts zelden in de menselijke microflora wordt aangetroffen. De soort wordt hier als potentieel pathogeen vermeld aangezien er zeldzame ziektegevallen bekend zijn waarbij bacteriën van deze soort in de bloedbaan werden gedetecteerd (Lin *et al.*, 2010).

Escherichia coli

Escherichia coli is een soort bacterie die wereldwijd in vele studies wordt gebruikt als indicatorsoort van fecale besmetting in oppervlakte water (Blaak *et al.*, 2015). Ook deze soort heeft stammen die humaan pathogeen kunnen zijn, terwijl er ook stammen bestaan die niet pathogeen zijn. Binnen de huidige studie (Tabel 7) is slechts 1 kolonie van *E. coli* aangetroffen in een watermonster van een van de drie bedrijven die gebruik maakten van licht brak tot brak water (≥ 5 ppt - < 20 ppt). Aangezien stationaire brandblussystemen, zolang deze niet worden gebruikt, het grootste gedeelte van de tijd zo goed als volledig afgesloten zijn van het buitenwater, is het logisch dat in deze systemen geen sporen van fecale besmetting te vinden zijn.

Klebsiella oxytoca

Binnen de huidige studie (Tabel 7) werd *Klebsiella oxytoca* aangetroffen in enkel monster genomen uit een van de drie stationaire brandblussystemen die gebruik maakten van licht brak tot brak water (≥ 5 ppt - < 20 ppt). *Klebsiella oxytoca* is een potentieel pathogene bacterie die voornamelijk pathogeen is voor mensen met een verzwakte weerstand waardoor infecties dan ook voornamelijk in ziekenhuizen plaats vinden (Singh *et al.*, 2016).

Pseudomonas putida

Binnen de huidige studie (Tabel 7) werd *Pseudomonas putida* aangetroffen in enkel monster genomen uit een van de drie stationaire brandblussystemen die gebruik maakten van zoet tot licht brak water (< 5 ppt). Hoewel *P. putida* een potentieel pathogene bacterie is die in zeldzame gevallen bijvoorbeeld voorhoofdsholteontsteking kan veroorzaken, bestaan er vooral ook non-pathogene stammen. Deze stammen missen de genen waardoor de soort pathogeen wordt (Loeschcke & Thies, 2015).

Shewanella putrefaciens

Binnen de huidige studie (Tabel 7) werd *Shewanella putrefaciens* aangetroffen in enkel monster genomen uit een van de drie stationaire bluswatersystemen die gebruik maakten van zout buitenwater (>20 ppt). *Shewanella* soorten komen wereldwijd in mariene wateren voor. Daarbij bestaan er pathogene soorten zoals *S. algae* en soorten die waarschijnlijk niet of zeer zelden pathogeen zijn voor mensen, waaronder de soort *Shewanella putrefaciens* (Holt *et al.*, 2005).

Vibrio cholerae

Binnen de huidige studie (Tabel 7) werd *Vibrio cholerae* aangetroffen in watermonsters, genomen in nov-dec 2017, uit twee van de drie stationaire bluswatersystemen die gebruik maakten van licht brak tot brak buitenwater (≥ 5 ppt - < 20 ppt), en een van de drie systemen die gebruik maakten van zout buitenwater (>20 ppt). Bij een

herhaalde watermonsternamen in deze drie systemen in mei 2018 werd *Vibrio cholerae* niet aangetroffen (Tabel 7). Hoewel er pathogene stammen van *V. cholerae* die cholera kunnen veroorzaken, betreffen in Nederlandse oppervlakte wateren waargenomen *V. cholerae* bacteriën de niet-toxigene soorten (Schets *et al.*, 2011), die dus geen cholera veroorzaken. Deze *V. cholerae* non-O1/O139 stammen kunnen echter wel wondinfecties veroorzaken. Zo was bij een zwemmer die zich had verwond in de Binnenschelde in 2009, een zodanig ernstige wondinfectie ontstaan dat deze binnen enkele uren naar het ziekenhuis moest worden gebracht waar deze succesvol is behandeld. Hierbij kon *V. cholerae* non-O1/O139 worden opgekweekt uit de wond (Schets *et al.*, 2011). Indien brandbluswater uit een stationair brandblussysteem in contact komt met een open wond, zal mogelijk dan ook het risico bestaan op een dergelijke infectie van deze of mogelijk ook andere *Vibrio* soorten die in Nederlandse oppervlaktewateren gevonden worden (Schets *et al.*, 2011).

Leptospira

De drie bedrijven die gebruik maken van zoet water in hun ondergrondse systemen zijn door het Nationaal Referentielaboratorium voor Leptospirose in Amsterdam getest op pathogene *Leptospira*. In een van deze monsters hebben zij *Leptospira* aangetroffen (Tabel 7). Deze pathogene kan de ziekte van Weil, met mogelijk ernstige gevolgen veroorzaken. In de werkinstructie “Werken onder overdruk brandweer” van de Vakgroep Beheersing Waterongevallen (2013), Brandweer Nederland, wordt voor *Leptospira* gewaarschuwd. Als oorzaak van besmetting wordt in deze werkinstructie aangegeven dat de *Leptospira* bacterie kan binnendringen “bij duiken of zwemmen in lauw stilstaand water”. Het feit dat *Leptospira*, indien aanwezig in de ondergrondse brandblussystemen, bij het blussen ingeademd kan worden door verneveling van het water, wordt in deze werkinstructie niet genoemd, maar zou potentieel een risico kunnen

zijn.

5. Referenties

- Anderson, R., 2016.** *Anodonta (Anodonta) anatina* (Linnaeus 1758). [In] MolluscIreland. <http://www.habitas.org.uk/molluscireland/species.asp>
- Blaak, H., Schets, F.M., Italiaander, R., Schmitt, H. & A.M. de Roda Husman, 2010.** Antibioticaresistente bacteriën in Nederlands oppervlaktewater in veeteeltgebied. RIVM rapport 703719031/2010.
- Blaak, H., Lynch, G., Italiaander, R., Hamidjaja, R.A., Schets, F.M. & A.M. de Roda Husman, 2015.** Multidrug-Resistant and Extended Spectrum Beta-Lactamase-Producing *Escherichia coli* in Dutch Surface Water and Wastewater. PLoS ONE 10(6): e0127752. doi:10.1371/journal.pone.0127752
- Cohen, A.N. 2011.** The Exotics Guide: Non-native Marine Species of the North American Pacific Coast. Center for Research on Aquatic Bioinvasions, Richmond, CA, and San Francisco Estuary Institute, Oakland, CA. Revised September 2011
- Counts, C.L., 1980.** *Rangia cuneata* in an industrial water system (Bivalvia: Mactridae). Nautilus 94: 1-2
- Fofonoff PW, Ruiz GM, Steves B, Simkanin C, & Carlton JT. 2017.** National Exotic Marine and Estuarine Species Information System . <http://invasions.si.edu/nemesis/>. Access Date: 17-Nov -2017
- Gittenberger, A. Rensing, M. & E. Gittenberger, 2014.** *Rangia cuneata* (Bivalvia, Mactridae) expanding its range into the port of Rotterdam, The Netherlands. Bacteria 78 (4-6).
- Holt, H. M., Gahrn-Hansen, B. & B. Bruun, 2005.** *Shewanella algae* and *Shewanella putrefaciens*: clinical and microbiological Characteristics. Clin Microbiol Infect 11: 347–352.
- Lin, Y-T, Jeng, Y.Y., Lin M-L., Yu, K-W., Wang, F-D., C-Y Liu, 2010.** Clinical and Microbiological Characteristics of *Chryseobacterium indologenes* Bacteremia. J Microbiol Immunol Infect 43(6):498–505.
- Loeschcke, A. & S. Thies, 2015.** *Pseudomonas putida*—a versatile host for the production of natural products. Appl Microbiol Biotechnol 99:6197–6214. DOI 10.1007/s00253-015-6745-4.
- Moller, T. & J. Kotta, 2017.** *Rangia cuneata* (G. B. Sowerby I, 1831) continues its invasion in the Baltic Sea: the first record in Pärnu Bay, Estonia. BioInvasions Records 6 (2):167-172.
- Muniz, P., Clemente, J. & E. Brugnoli, 2005.** Benthic invasive pests in Uruguay: A new problem or an old one recently perceived? Marine Pollution Bulletin 50: 993-1018.
- Oosterholt, F., van der Linde, D. , Wallings, B. & H. Veenendaal, 2009.** A new method of screening cooling water and process water for *Legionella pneumophila*” KWR 2009.004 Report: A30753.
- Rajagopal, S., Van der Velde, G., Van der Gaag, M. & H.A. Jenner, 2003.** How effective is intermittent chlorination to control adult mussel fouling in cooling water systems? Water Research 37: 329-338.
- Schets, F.M., Italiaander, R., Berg, H.H.J.L. van den & A.M. de Roda Husman, 2010.** Rainwater harvesting: quality assessment and utilization in The Netherlands. J. of Water and Health. 8: 224-235. DOI10.2166/wh.2009.037.
- Schets, F.M., Berg, H.H.J.L. van den, Marchese, A., Garbom, S. & A.M. de Roda Husman, 2011.** Potentially human pathogenic vibrios in marine and fresh bathing waters related to environmental conditions and disease outcome. International Journal of Hygiene and Environmental Health 214: 399– 406.
- Schonenberg, D.B. & A. Gittenberger, 2008.** The invasive quagga mussel *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1879) (Bivalvia: Dreissenidae) in the Dutch Haringvliet, an enclosed freshwater Rhine-Meuse estuary, the westernmost record for

- Europe. *Bacteria* 72: 345-352.
- Singh, C.L., Cariappa, C.M.P. & Lt.C. Mandeeep-Kaur, 2016.** *Klebsiella oxytoca*: An emerging pathogen? medical journal armed forces India 72: 59-61.
- Stenfors, L.P., Mayr, R., Scherer, S. & P.E. Granum, 2002.** Pathogenic potential of fifty *Bacillus weihenstephanensis* strains. *FEMS Microbiology Letters* 215: 47-51.
- Stoddard, R.A., Gee, J.E., Wilkins, P.P., McCaustland, K. & A.R. Hoffmaster, 2009.** Detection of pathogenic *Leptospira* spp. through TaqMan polymerase chain reaction targeting the LipL32 gene. *Diagnostic microbiology and infectious disease* 64(3): 247-255.
- Vakgroep Beheersing Waterongevallen, 2013.** Werkinstructie 'werken onder overdruk brandweer'. Versie 1.1. Brandweer Nederland: 93 pp.
- Velde, G. van der, Gaag, M. van der, Rajagopal, S. & H.A. Jenner, 1998.** Where exotic mussels, *Dreissena polymorpha* and *Mytilopsis leucophaeata* meet in the brackish Noordzeekanaal, The Netherlands. Proc. eighth International Zebra Mussel and Aquatic Nuisance Species Conference, March 16 to 19, 1998: 54.
- Velde, G. van der, Rajagopal, S. & A. bij de Vaate (eds.), 2010.** The Zebra Mussel in Europe. Backhuys / Margraf Publishers.
- Verween, A., 2008.** Optimale biofoulingcontrole van *Mytilopsis leucophaeata* door chlorering op BASF Antwerpen NV. Universiteit Gent: 57pp.
- Wolff, W.J., 2005.** Non-indigenous marine and estuarine species in The Netherlands. *Zoologische Mededelingen* 79: 1-116.
- Yasuda, T., Yagi, N., Nakahata, Y., Kurobe, T., Yasuda, Y., Omatsu, T., Obora, A. & T. Kojima, 2007.** A case of phlegmonous gastritis with hepatic portal venous gas caused by *Aeromonas hydrophila* successfully treated with medication. *Clinical Journal of Gastroenterology*. <https://doi.org/10.1007/s12328-019-01020-7>.