

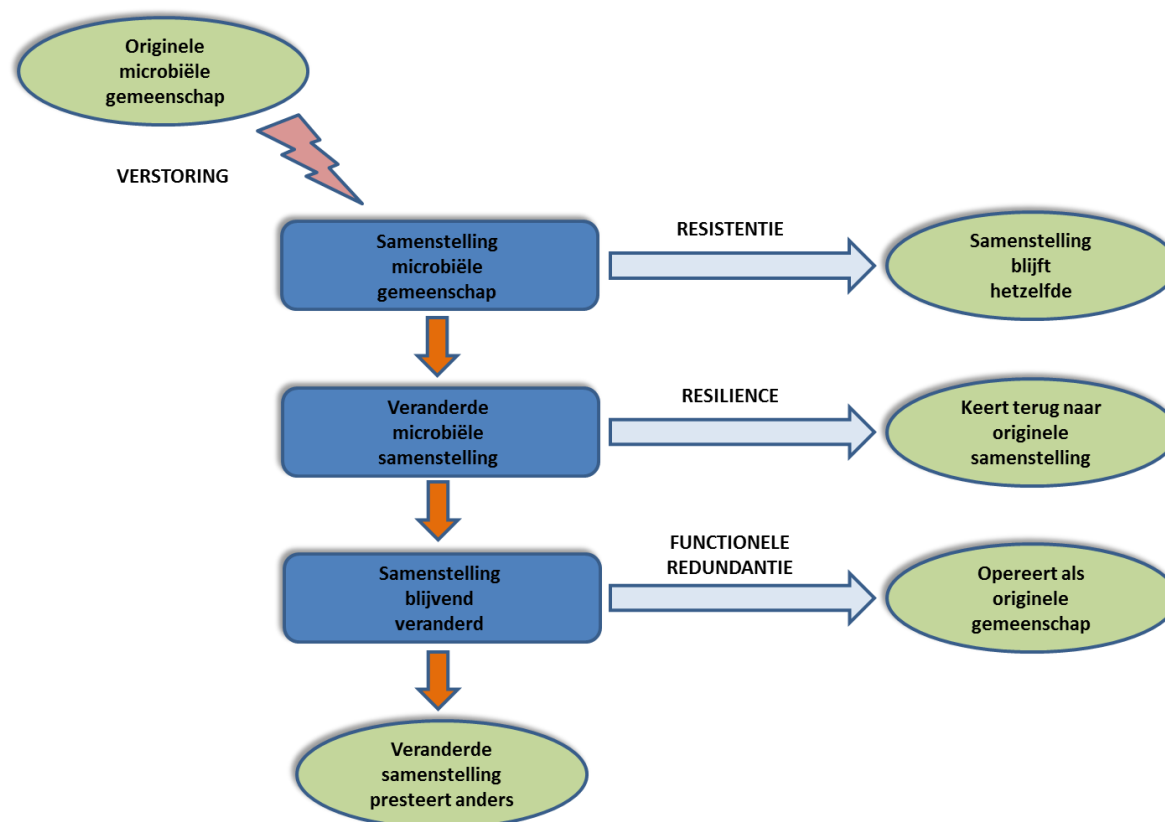
Het belang van resilience in de drinkwatermicrobiologie

Samenvatting

Recent wordt steeds meer onderzoek uitgevoerd naar het effect van verstoring op de bacteriegemeenschap, waarbij de gemeenschap resistent kan zijn tegen een verstoring, tijdelijk verandert (resilience), dezelfde functies behoudt (functionele redundantie) of definitief verandert in samenstelling en functie. Binnen drinkwater is de invloed van verstoring op resistentie, resilience en functionele redundantie van bacteriën nog niet onderzocht, maar wel belangrijk. Zo is het bijvoorbeeld wenselijk dat bij een verstoring in het distributiesysteem, de bacteriegemeenschap zich resistent gedraagt, zodat ongewenste micro-organismen geen kans krijgen. Daarom is het raadzaam om de condities in het drinkwatersysteem te onderzoeken die de mate van resistentie, resilience en functionele redundantie van de bacteriegemeenschap beïnvloeden.

Consequenties voor u

	Laag	Middel	Hoog	Beknopte uitleg
Impact				
Zekerheid				



Figuur 1. Resistentie, resilience en functionele redundantie van de microbiële gemeenschap in een ecosysteem. Uit (1).

Trendbeschrijving en achtergrond

Resilience

De definitie van resilience (ook wel veerkracht of herstellingsvermogen) is: de capaciteit van een bepaald systeem om snel terug te keren naar de condities van voor een verstoring. In de drinkwatersector is resilience belangrijk, omdat het drinkwatersysteem na een verstoring weer zo snel mogelijk dient terug te keren naar de oude situatie zodat de leveringszekerheid en drinkwaterkwaliteit niet of nauwelijks in het gedrang komen.

Invloed van verstoring op de microbiologie

Ook binnen de (microbiële) ecologie is resilience belangrijk na een verstoring van het ecosysteem, maar ook resistentie en functionele redundantie spelen een rol bij een dergelijke verstoring. In Figuur 1 worden deze drie termen beschreven in relatie tot het effect dat een verstoring kan hebben op de microbiële gemeenschap in een ecosysteem. Zo kan de samenstelling van een microbiële gemeenschap resistent zijn tegen een verstoring, waardoor er geen veranderingen optreden (resistentie). Wanneer een verstoring wel resulteert in een verandering van de microbiële gemeenschap, kan deze verandering tijdelijk zijn. Na een bepaalde tijd kan de originele samenstelling van de microbiële gemeenschap echter weer terugkeren

(resilience). De verandering in de gemeenschap na de verstoring kan echter ook permanent zijn, maar de type en snelheid van de functionele processen van de veranderende gemeenschap zijn mogelijk vergelijkbaar met die van de originele microbiële gemeenschap (functionele redundantie). Tot slot kan een verstoring ook leiden tot een definitief veranderende gemeenschap die anders presteert dan de oorspronkelijke gemeenschap.

Resultaten uit de literatuur

In een studie uit 2008 is onderzocht in hoeverre resistentie, resilience en functionele redundantie van microbiële populaties voorkomen na verstoring van een ecosysteem (1). Daarvoor zijn de resultaten van 110 gepubliceerde studies genomen waar het ecosysteem langdurig verstoord werd door toename van CO₂, bemesting met N/P/K, temperatuurverandering of toevoeging van koolstof. Deze studies zijn uitgevoerd in bodem-, zoetwater- en zoutwaterecosystemen, waarbij de bodem overgerepresenteerd is. Drinkwaterstudies zijn niet meegenomen. In het merendeel van deze studies (60 tot 84%, afhankelijk van het type verstoring) bleek de samenstelling van de microbiële gemeenschap te zijn veranderd door de verstoring. De mate van resistentie van de microbiële gemeenschap tegen een langdurige verstoring lijkt dus klein te zijn.

Een aantal van deze studies hebben de microbiële gemeenschap na een verstoring meerdere jaren gevolgd. De resultaten van deze studies lieten zien dat het soms langer duurt voordat de microbiële gemeenschap verandert door de verstoring en dat na jaren de samenstelling van de microbiële gemeenschap niet is teruggekeerd naar de samenstelling van voor de verstoring. In het merendeel van deze studies lijkt de microbiële gemeenschap dus niet resiliënt te zijn binnen een aantal jaren na de verstoring.

Functionele redundantie van de microbiële gemeenschap is lastiger te onderzoeken, omdat in veel studies de soortensamenstelling van een gemeenschap wordt bepaald en soortensamenstelling geen informatie geeft over functie. Toch zijn er enkele studies uitgevoerd waarin microbiële functies wel zijn onderzocht en de meeste van deze studies laten zien dat de verstoring vaak ook de snelheid van de ecosysteemprocessen beïnvloedt.

Relevantie

Microbiologische activiteit treedt ook op in het drinkwaterecosysteem, wat onwenselijk kan zijn (bv groei van ongewenste micro-organismen in het distributiesysteem) zijn. Daarom wordt getracht biologisch stabiel drinkwater te produceren, maar

onduidelijk is in hoeverre biologisch stabiel drinkwater voorkómt dat de drinkwaterkwaliteit verandert na een verstoring. Het is wenselijk dat biologisch stabiel drinkwater er voor zorgt dat de microbiologische processen zo min mogelijk worden verstoord en dat door resistentie, resilience of functionele redundantie de drinkwaterkwaliteit na een verstoring niet dusdanig verandert waardoor de waterkwaliteit negatief wordt beïnvloed. Op andere plekken in het drinkwatersysteem zijn bepaalde microbiologische processen juist gewenst (bv verwijdering van ongewenste stoffen tijdens biologische filtratiestappen). Om die processen beter te laten verlopen, kan het juist wenselijk zijn om door een verstoring de microbiologie positief te beïnvloeden, zodat de drinkwaterkwaliteit verbeterd. In dergelijke gevallen heeft het mogelijk de voorkeur om juist resistentie, resilience of functionele redundantie te voorkómen.

Voorbeeld resilience bij onwenselijke verstoring

Recent is gesuggereerd dat de groei van opportunistische ziekteverwekkers mogelijk beperkt kan worden door een bepaalde beschermende biofilmsamenstelling in het distributiesysteem te na te streven en die voorkómen dat opportunistische ziekteverwekkers een kans krijgen om te groeien (2). Dit scenario zou bereikt kunnen worden door een microbiële samenstelling in de biofilm te

bereiken die zeer resistent of resiliënt is tegen ongewenste verstoringen. Het is overigens niet ondenkbaar dat dergelijke biofilmsamenstellingen al aanwezig zijn in bepaalde delen van huidige distributiesystemen, aangezien opportunistische pathogenen slechts sporadisch voorkomen in een distributiesysteem. Wanneer kennis wordt verzameld over de samenstelling van de biofilm op dergelijke locaties en in welke mate deze samenstelling in staat is om een verstoring op te vangen kan een startpunt zijn voor onderzoek naar resistente en/of resiliente microbiële gemeenschappen in drinkwater om groei van ongewenste micro-organismen (bv opportunistische ziekteverwekkers, *Legionella*, *Aeromonas*) te voorkómen.

Voorbeeld bioaugmentatie als gewenste verstoring

Bij de drinkwaterbereiding in Nederland speelt de biologische activiteit in biologische filters een belangrijke rol om ongewenste stoffen te verwijderen. Recent is bijvoorbeeld ontdekt dat bepaalde micro-organismen in staat zijn om het bestrijdingsmiddelen 2,6-dichlorobenzamide (BAM) in kolomopstellingen gevuld met zand af te breken (3). Om deze verwijdering vervolgens ook in praktijkfilters te krijgen, is het van belang dat deze specifieke micro-organismen de zandfilters onder

praktijkcondities weten te koloniseren. Daarom is onderzocht of het toevoegen van specifieke micro-organismen aan zandfilters (een proces dat bioaugmentatie wordt genoemd) in de drinkwaterbereiding leidt tot betere verwijdering van BAM (4). De resultaten lieten zien dat de initiële BAM verwijdering tegen de 100% was, maar dat in de loop van de tijd het toegevoegde organisme werd uitgespoeld en de verwijderingsefficiëntie van BAM sterk terugliep. Hier lijkt de al aanwezige microbiële populatie in zandfilters te resiliënt, waardoor het geïntroduceerde micro-organisme niet de kans kreeg om een niche in te nemen. Het is daarom raadzaam om eerst te achterhalen wat de invloed is van de autochtone bacteriepopulatie op het voorkómen van langdurige kolonisatie van geïntroduceerde micro-organismen in biologische filters van de drinkwaterbereiding. Dergelijke informatie kan vervolgens worden gebruikt om de optimale condities voor bioaugmentatie in biologische filters vast te stellen, zodat deze filters gericht gemanipuleerd kunnen worden om de drinkwaterkwaliteit te verbeteren.

Conclusies/aanbevelingen

Resistentie, resilience en functionele redundantie van de drinkwatermicrobiologie in een distributiesysteem kan voorkómen dat de

waterkwaliteit negatief wordt beïnvloed na een verstoring.

Het koloniseren van biologische zuiveringsprocessen door gedoseerde nuttige micro-organismen, bijvoorbeeld om de verwijdering van bepaalde stoffen te verbeteren, kan worden verstoord door resistentie, resilience of functionele redundantie van de autochtone bacteriepopulatie.

Het is daarom raadzaam om de condities in het drinkwaterdistributiesysteem en biologische zuivering te onderzoeken die de mate van resistentie, resilience en functionele redundantie van de bacteriegemeenschap beïnvloeden en deze kennis te gebruiken om na een verstoring de drinkwaterkwaliteit te handhaven of te verbeteren.

Literatuur

1. Allison, S.D. & Martiny, J. B. H. (2008) Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities. PNAS 105 suppl 1:11512-11519
2. Wang, H. et al. (2013) Probiotic approach to pathogen control in premise plumbing systems? A review. Environ. Sci. Technol. 18:10117-10128.
3. Albers, C.N. et al. (2014) Using 2,6-dichlorobenzamide (BAM) degrading *Aminobacter* sp. MSH1 in flow through biofilters—initial adhesion and BAM degradation potentials. Appl. Microbiol. Biotech. 98:957-967.
4. Albers, C.N. et al. (2015) Degradation of trace concentrations of the persistent groundwater pollutant 2,6-dichlorobenzamide (BAM) in bioaugmented rapid sand filters. Water Res. 83:61-70.
- Sommer, F. et al. (2017) The resilience of the intestinal microbiota influences health and disease. Nat. Rev. Microbiol. 15:630-638.
- Botton et al. (2006) Resilience of microbial systems towards disturbances. Crit. Rev. Microbiol. 32:101-112.
- König et al. (2017) Modelling functional resilience of microbial ecosystems: analysis of governing processes. Environ. Model. Soft. 89:31-39.

Keywords

Drinkwatermicrobiologie, resilience, resistentie, functionele redundantie, bioaugmentatie, drinkwaterkwaliteit, opportunistische ziekteverwekkers

Auteur

Paul W.J.J. van der Wielen