



Paul van der Wielen, KWR Watercycle Research Institute
Dick van der Kooij, KWR Watercycle Research Institute

ATP-metingen geven informatie over kans op nagroei problemen bij drinkwaterdistributie

Het gehalte actieve biomassa in het gedistribueerde drinkwater, gemeten als adenosinetriofosfaat (ATP), verschilt per distributiesysteem en is afhankelijk van de watersamenstelling (DOC, AOC en biofilmvormingssnelheid). Dit blijkt uit ATP-metingen in de distributiesystemen van zes drinkwaterpompstations. Uit de metingen bleek ook dat de afstand tot het pompstation, het seizoen en aanpassingen in de waterzuivering de ATP-concentratie in het leidingwater beïnvloeden.

Resultaten van spuiacties in het distributienet tonen aan dat het effect van schoonmaken met ATP-metingen betrouwbaar kan worden gevolgd. Met metingen van troebelheid of ijzergehalte was dit minder goed mogelijk. Tussen het ATP-gehalte en het koloniegetal van *Aeromonas* of het koloniegetal van heterotrofe bacteriën (KG 22) in gedistribueerd drinkwater is geen sterk direct verband aangetoond. ATP-metingen zijn dus geen surrogaat voor de wettelijke parameters KG22 of het koloniegetal van *Aeromonas*. Wel is een sterk direct lineair verband gevonden tussen ATP en het totaal aantal bacteriecellen in het water. ATP-metingen geven snel, eenvoudig en goedkoop informatie over de kans op nagroei problemen in het leidingnet.

Nagroei van micro-organismen in het distributiesysteem en de binneninstallatie is ongewenst, omdat daarbij vermeerdering van ziekteverwekkende micro-organismen kan optreden. Daarnaast kan nagroei leiden tot klachten van consumenten over troebelheid, afwijkende geur en smaak en groei van dierlijke organismen. In Nederland wordt nagroei in het leidingnet beperkt door drinkwater te distribueren met een lage concentratie aan groeibevorderende stoffen. Waterleidingbedrijven meten periodiek het koloniegetal op glucosigistextractagar na drie dagen incuberen bij 22°C (KG22) en het koloniegetal van *Aeromonas* bepaald na 20 tot 24 uur incuberen bij 30°C.

Deze metingen zijn als bedrijfstechnische parameters opgenomen in het Waterleidingbesluit. In de afgelopen jaren is de wettelijke

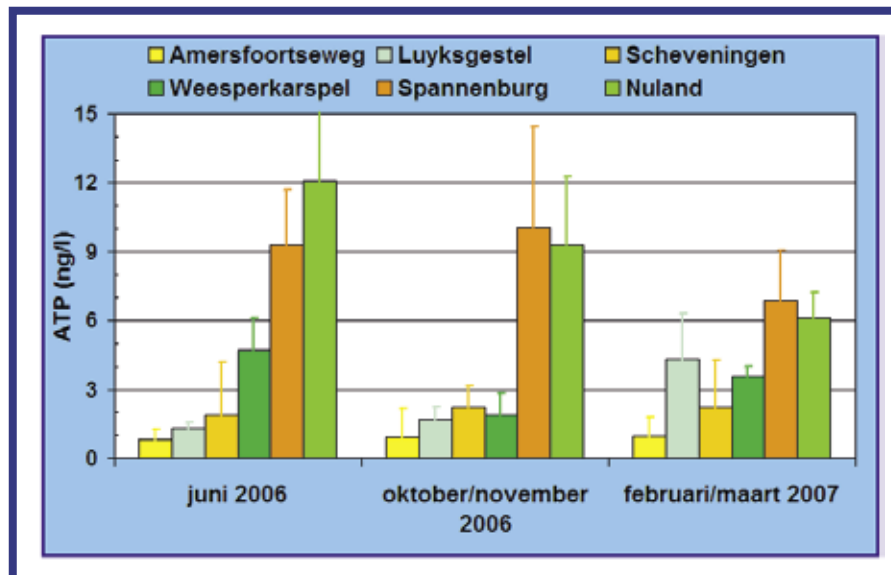
norm voor KG22 (geometrisch jaargemiddelde van 100 kve/ml) in Nederland niet overschreden, maar in een aantal distributiegebieden ligt het koloniegetal van *Aeromonas* herhaaldelijk hoger dan de wettelijke norm (1000 kve/100 ml¹).

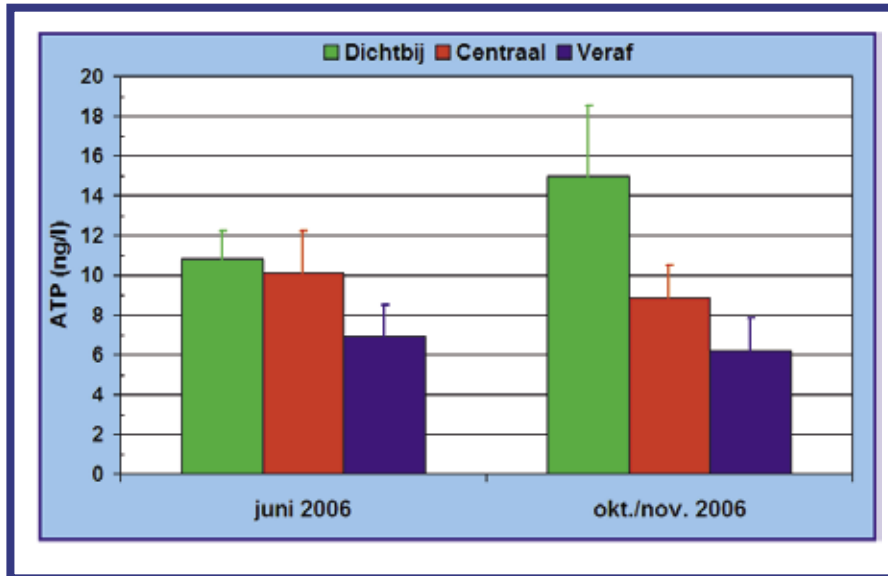
Deze wettelijke parameters hebben echter enkele nadelen. Ten eerste vertegenwoordigen de koloniegetallen slechts een klein deel van het totale aantal levende micro-organismen en geven daardoor geen informatie over de totale concentratie actieve biomassa in drinkwater. Daarnaast

is de analysetijd relatief lang (KG22: 72 uur, *Aeromonas*: 24 uur).

Een beter bruikbare parameter voor de concentratie van actieve biomassa in het drinkwater is adenosinetriofosfaat (ATP), een energierijke verbinding die wordt aangemaakt in actieve cellen van alle levende organismen, dus ook in micro-organismen². Het ATP-gehalte is daardoor een goede maat voor de microbiële activiteit in het drinkwater. De ATP-concentratie in drinkwater wordt bepaald met behulp van een eenvoudig in te zetten enzymatische

Afb. 1: ATP-concentraties van het drinkwater in het leidingnet van zes pompstations in de periode juni 2006, oktober/november 2006 en februari/maart 2007.





Afb. 2: ATP-concentraties in water bemonsterd op locaties in het leidingnet dichtbij, centraal en veraf van pompstation Spannenburg.

toetsing. Voordelen van ATP als parameter voor groei ten opzichte van KG22 en *Aeromonas* zijn dat de analyse binnen een paar minuten is uitgevoerd, relatief goedkoop is en een lage detectiegrens heeft (0,5 ng/l). In Nederland is geruime tijd ervaring opgedaan met het bepalen van ATP in drinkwater. Over het algemeen ligt de ATP-concentratie in het Nederlandse drinkwater lager dan 10 ng/l^(3,4).

In het kader van het bedrijfstakonderzoek voor de waterbedrijven is, samen met Dunea, Waternet, Brabant Water en Vitens, onderzoek verricht naar de ATP-concentraties van het drinkwater in het leidingnet en van het spuiwater. Hierbij zijn de effecten onderzocht van watersamenstelling, seizoen en afstand tot het pompstation op het ATP-gehalte van het drinkwater. Daarnaast is getoetst of een relatie bestaat tussen de ATP-concentratie en andere microbiologische parameters in het water. Ten slotte is onderzocht of ATP als parameter gebruikt kan worden om de effectiviteit te bepalen van spuien als middel om het distributiesysteem schoon te maken.

In drie seizoenen (voorjaar, herfst en winter) zijn in de distributiesystemen van zes pompstations 30 monsters genomen van het drinkwater, verdeeld over locaties dichtbij, centraal en veraf van het pompstation. Deze monsters zijn geanalyseerd op ATP-gehalte, KG22, *Aeromonas* en totaal aantal cellen van micro-organismen. In de distributiesystemen van twee pompstations (Amersfoortseweg en Spannenburg) is spuiwater geanalyseerd op microbiologische, chemische en fysische parameters voor het beoordelen van de effectiviteit van het spuien op het schoonmaken van het leidingnet en om te achterhalen of een relatie bestaat tussen ATP en fysisch/chemische parameters (troebelheid, ijzer, mangaan).

Invloeden op ATP-gehalte

De gemiddelde ATP-concentraties van het drinkwater in het leidingnet van de zes pompstations varieerden tussen de

0,8 en 12,0 ng/l (zie afbeelding 1). In de distributiesystemen van pompstations Nuland en Spannenburg bedroeg de ATP-concentratie 6-12 ng/l. Dit niveau is significant hoger dan de concentraties in het water van de pompstations Amersfoortseweg, Luyksgestel, Scheveningen en Weesperkarspel. In dezelfde periode zijn ook het gehalte opgelost organisch koolstof (DOC), afbreekbaar organisch koolstof (AOC) en de biofilmvormingssnelheid (BVS) van het reinwater van de pompstations bepaald (behalve voor Luyksgestel). De resultaten laten zien dat het reinwater van Nuland en Spannenburg ook hogere AOC- en DOC-gehalten heeft en een hogere BVS-waarde dan het water van de drie andere pompstations. De samenstelling van het reinwater beïnvloedt dus de ATP-concentratie in het distributiesysteem.

In februari/maart 2007 was de ATP-concentratie van het drinkwater in het leidingnet van Nuland en Spannenburg significant lager dan in juni 2006 en in oktober/november 2006 (zie afbeelding 1). De gemiddelde temperatuur van het drinkwater in het distributienet van Nuland en Spannenburg bedroeg respectievelijk in de periode februari/maart 2007 8,1 en 10,6°C. Dat is significant lager dan in de twee andere perioden (12,5 tot 19,5°C). De lagere microbiële activiteit in de winterperiode is een gevolg van de lagere temperatuur in het distributiesysteem.

Opvallend is dat in de winterperiode het gemiddelde ATP-gehalte van het drinkwater in het leidingnet van pompstation Luyksgestel significant hoger was dan in juni of oktober 2006 (zie afbeelding 1). Ook de ATP-concentratie in het reinwater van pompstation Luyksgestel was in maart 2007 twee tot drie keer hoger dan in de twee andere perioden. Onduidelijk is welke factoren deze hogere ATP-concentratie in de winterperiode veroorzaakten. Het ATP-gehalte in het gedistribueerde water en reinwater van pompstation Weesperkarspel varieerde in de drie perioden tussen 1,9 en 4,7 ng/l (zie afbeelding 1) en was significant

verschillend in elk van de onderzochte perioden.

Eén van de waterbehandelingsprocessen in de zuivering van Weesperkarspel is ozonisatie. Tijdens de onderzochte periode was de gedoseerde ozonconcentratie niet constant, met als gevolg een veranderende hoeveelheid AOC in het water. Deze variabele hoeveelheid AOC beïnvloedt de mate van biologische activiteit en dus de hoeveelheid ATP in het reinwater. Deze resultaten laten zien dat bij sommige pompstations het seizoen (watertemperatuur) een invloed heeft op het ATP-gehalte in het distributiesysteem, terwijl resultaten bij andere pompstations laten zien dat de watersamenstelling een grotere invloed heeft op het ATP-gehalte in het water dan het jaarseizoen (watertemperatuur).

Bij de meeste pompstations had de afstand van het monsterpunt in het leidingnet tot het pompstation geen effect op de hoeveelheid ATP in het gedistribueerde water. Alleen de ATP-concentraties in water in het verafgelegen deel van het uitgestrekte distributienet van Spannenburg (6,2-6,9 ng/l) waren significant lager dan in het deel nabij het pompstation (10,8-15,0 ng/l) (zie afbeelding 2). De lagere ATP-concentratie in het verafgelegen deel van het leidingnet wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat afbreekbare stoffen in het voorste deel van het leidingnet door micro-organismen in de biofilm aan de leidingwand worden opgenomen. Hierdoor bevat het water in het achterste deel van het leidingnet minder afbreekbare stoffen, waardoor de microbiologische activiteit (en daarmee het ATP-gehalte) lager wordt.

Parameter voor groei in drinkwater

Uit de correlatieanalyse bleek dat slechts een zwakke directe correlatie bestaat tussen ATP en KG22 of *Aeromonas* (zie de tabel). Hierdoor kan ATP niet als vervangende parameter voor deze wettelijke parameters worden gebruikt. ATP en het totaal aantal bacteriecellen zijn wel sterk lineair met elkaar gecorreleerd (zie de tabel). ATP en celtellingen zijn dus geschikte parameters om de biomassa-hoeveelheid en de mate van groei te beschrijven in het drinkwater. Celtellingen worden momenteel uitgevoerd met fluorescentiemicroscopie. Deze methode is arbeidsintensiever dan de gebruikte enzymatische methode om ATP te bepalen, waardoor ATP-metingen in de praktijk aantrekkelijker zijn.

Tussen het ATP-gehalte en de aantallen *Aeromonas* in het leidingwater is geen directe relatie gevonden, maar bij de pompstations met een relatief hoge ATP-concentratie in het distributiesysteem (pompstations Spannenburg en Nuland) zijn wel de hoogste aantallen *Aeromonas* in het drinkwater van het leidingnet waargenomen. Met behulp van ATP-metingen kunnen dus relatief snel en eenvoudig watertypen of locaties in distributiesystemen worden opgespoord waar mogelijk problemen zijn met groei in het leidingnet. In het verleden is een databank opgezet van de hoeveelheid ATP in het reinwater van 241 pompstations

in Nederland^{3,4}). Het ATP-gehalte van het drinkwater wordt beschouwd als hoog wanneer de 95-percentielwaarde van de ATP-concentratie wordt overschreden (9,4 ng/l ATP). Uit de resultaten in het distributiegebied van de zes pompstations bleek dat overschrijding van deze waarde werd waargenomen in het distributiegebied van Nuland en Spannenburg.

Monitoren van schoonmaakacties leidingnet

Tijdens de spuiactie in het distributiesysteem van pompstation Amersfoortseweg nam de ATP-concentratie toe tot 21,9 ng/l tijdens de eerste verversing van de leiding (zie afbeelding 3). Het verloop van de ATP-concentratie was tijdens deze spuiactie hetzelfde als het verloop van de troebelheid en ijzer- en mangaanconcentratie. In het distributiesysteem van pompstation Spannenburg nam de ATP-concentratie in

correlatie	periode	N	p	R ²
ATP - totaal aantal cellen	oktober/november 2006	48	<0.01	0,82
ATP - totaal aantal cellen	februari/maart 2007	42	<0.01	0,55
ATP - KG22	juni 2004	499	<0.01	0,20
ATP - <i>Aeromonas</i>	oktober/november 2006	112	<0.01	0,25

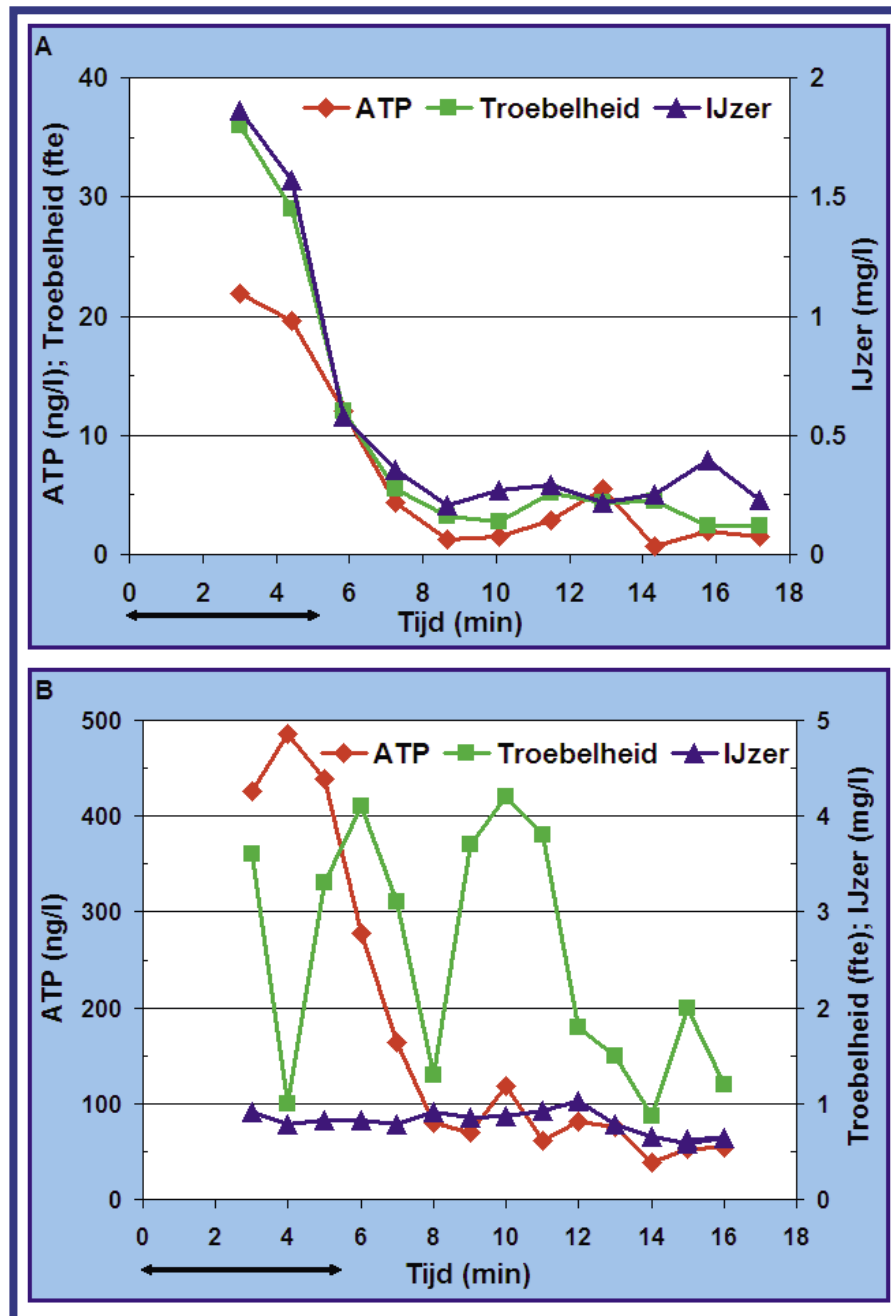
Uitkomsten van de lineaire correlatieanalyse.

N = aantal waarnemingen, p = significantieniveau, R² = Pearson's correlatiecoëfficiënt.

het spuiwater toe tot 485 ng/l tijdens de eerste verversing van de leiding. In tegenstelling tot het spuiwater van pompstation Amersfoortseweg correleerde de ATP-concentratie in het spuiwater van pompstation Spannenburg niet significant met troebelheid, ijzer en mangaan. De hoge ATP-concentratie in het spuiwater van Spannenburg en de afwezigheid van

relaties tussen ATP en fysisch/chemische parameters duiden erop dat het sediment in het leidingnet van Spannenburg wordt gedomineerd door een biologische component. De hoge ATP-concentratie in het spuiwater van Spannenburg komt overeen met de relatief hoge ATP-concentratie van het drinkwater in het leidingnet van Spannenburg (zie afbeelding 1). Opvallend is dat de troebelheid van het spuiwater in het distributiesysteem van pompstation Amersfoortseweg ongeveer tien keer hoger is dan de troebelheid van het spuiwater in het distributiesysteem van pompstation Spannenburg, terwijl de actieve biomassa in het spuiwater van Amersfoortseweg ongeveer 20 keer lager is dan in het spuiwater van Spannenburg. Dit betekent dat wanneer veel biomassa in het leidingnet aanwezig is, de troebelheid van het drinkwater in het leidingnet geen goede indicatie geeft van de mate van vervuiling van het distributiesysteem. Daarom kan de troebelheid niet altijd worden gebruikt om te bepalen of het distributiesysteem moet worden schoongemaakt. Uit de resultaten blijkt ook dat het raadzaam is om tijdens het schoonmaken van leidingen zowel microbiologische (ATP) als chemische (ijzer en mangaan) en fysische (troebelheid) parameters te bepalen in het spuiwater.

Afb. 3: Troebelheid, ATP-gehalte en ijzerconcentratie in het spuiwater van de pompstations Amersfoortseweg (A) en Spannenburg (B). De lengte van de pijl geeft de tijd voor de eerste verversing van de leiding aan.



Conclusies

Waterleidingbedrijven kunnen ATP-metingen inzetten om snel, eenvoudig en goedkoop een beeld te krijgen van de hoeveelheid actieve biomassa in het drinkwater en het spuiwater. Daarmee kunnen mogelijke nagroeiproblemen in het leidingnet worden voorspeld of kan het effect van schoonmaakacties worden bepaald. Tevens kunnen ATP-bepalingen in reinwater dienen om de effecten te bepalen van aanpassingen in de zuivering op de biologische activiteit in het reinwater en in het distributiesysteem.

LITERATUUR

- 1) Versteegh A. en H. Dik (2009). De kwaliteit van het drinkwater in Nederland in 2008. VROM-inspectie. Publicatienummer VROM 7275.
- 2) Karl D. (1980). Cellular nucleotide measurements and applications in microbial ecology. Microbiol. Mol. Biol. Rev. jaargang 44, pag. 739-796.
- 3) Van der Kooij D. (1992). Assimilable organic carbon as an indicator of bacterial regrowth. Journal AWWA jaargang 84, pag. 57-65.
- 4) Van der Kooij D. (2003). Managing regrowth in drinking-water distribution systems. In: Heterotrophic plate counts and drinking water safety, pag. 199-232, van J. Bartram, C. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker en A. Glasmacher. IWA Publishing.