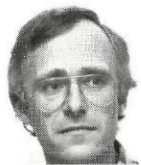


Koolstofdioxide verwijderen met beluchtingstorens

Tegenstroom-beluchting in een beluchtingstoren met een gepakte kolom heeft een verdergaande verwijdering van koolstofdioxide (CO_2) tot gevolg dan meestroom-beluchting. Dat kan van belang zijn wanneer men de pH wil verhogen tot een waarde van 7,8-8,3 die nodig is om het koper- en loodoplossend vermogen van drinkwater zoveel mogelijk te beperken.



IR. G. K. REIJNEN
KIWA NV

Door tegenstroom-beluchting is CO_2 echter niet zo vergaand te verwijderen als men verwacht op grond van de theorie van de beluchting. Tevens kan het restgehalte CO_2 per pompstation verschillen. Deze onzekerheden kunnen wellicht toepassing in de praktijk in de weg staan. In deze publikatie worden drie mogelijke oorzaken besproken van het verschil tussen theorie en praktijk.

Ontzuring van grondwater

Grondwater heeft van nature doorgaans een pH-waarde die lager is dan de waarde die optimaal wordt geacht in verband met het beperken van de wisselwerking tussen drinkwater en leidingmaterialen. Vooral het beperken van het oplossen van koper en lood uit leidingen vergt in veel gevallen een verhoging van de pH. Het verhogen van de pH, zonder het verwijderen van een deel van de hardheid, noemen we ontzuren. Voor het ontzuren moet het CO_2 -gehalte van het water worden verlaagd, want een lager CO_2 -gehalte geeft een hogere pH.

CO_2 is te verwijderen door het te laten reageren met kalksteen (marmer), halfgebrande dolomiet, natronloog of kalk [2]. Hierdoor neemt het HCO_3^- -gehalte toe. CO_2 is ook te verwijderen door water te beluchten. Met die techniek neemt het HCO_3^- -gehalte niet toe. In KIWA-Mededeling nr. 100 [1] worden ondermeer de volgende criteria voor een optimale samenstelling van drinkwater gegeven:

$$7,8 < \text{pH} < 8,3$$

$$-0,2 < \text{SI} < 0,3 \quad (\text{bij } 10^\circ\text{C})$$

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_2] + [\text{CO}_3^{2-}] > 2 \text{ mmol/l}$$

$\text{SI} = \text{verzadigingsindex} = \text{pH}_{\text{gemeten}} - \text{pH}_{\text{evenwicht}} = \text{de pH-waarde waarbij water niet kalkagressief of kalkafzettend is.}$

Samenvatting

Met een experimentele beluchtingstoren heeft het KIWA onderzocht welke invloed verschillende procesparameters hebben op het verwijderen van CO_2 uit water. Tegenstroom-beluchting is onderzocht op zes verschillende watertypen, meestroom-beluchting op één watertype. Zoals verwacht, is met tegenstroom-beluchting een verdergaande verwijdering van CO_2 te bereiken dan met meestroom-beluchting. Opvallend, en niet verwacht, is het feit dat de watersamenstelling invloed blijkt te hebben op het restgehalte CO_2 na het beluchten. Drie chemische reacties, die tijdens het beluchten plaats kunnen vinden, veroorzaken een relatief geringe en langzaam verlopende toename van het CO_2 -gehalte. Dit CO_2 ontstaat voor een deel als de beluchting al is gestopt. Het kan daardoor niet meer worden verwijderd. Gevolg is dat de pH minder toeneemt dan op grond van de theorie werd verwacht. Voor de praktijk is dit echter geen belemmering deze technische aantrekkelijke ontzuringsmethode toe te passen. Want de watertypen die een zodanige watersamenstelling hebben, dat alleen CO_2 behoeft te worden verwijderd om aan de criteria van KIWA-mededeling 100 met betrekking tot SI, totaal anorganisch koolstof en pH te voldoen, kunnen met deze ontzuringsmethode op de gewenste pH worden gebracht.

TAC = totaal anorganisch koolstofgehalte.

Bij een pH-waarde tussen 7,8 en 8,3 bevat water een verwaarloosbare hoeveelheid CO_3^{2-} en relatief weinig CO_2 . Wanneer het HCO_3^- -gehalte dus ca. 2 mmol/l (122 mg/l) bedraagt, en het water een aanzienlijke hoeveelheid CO_2 bevat, is verwijderen van CO_2 door beluchten in principe een goede techniek voor het verhogen van de pH*. Er is immers reeds voldoende HCO_3^- in het water opgelost, dus een verhoging is niet nodig.

Ontzuren door ontgassen

Verwijderen van CO_2 uit water door beluchten wordt ook wel 'ontgassen' genoemd. Het wordt in de praktijk veel toegepast en er is veel over gepubliceerd. In KIWA-mededeling 101 [2] zijn de verschillende uitvoeringsvormen van deze ontzuringstechniek uitgebreid behandeld en wordt verwezen naar een groot aantal publikaties. Daarom wordt hier de theorie niet meer uitvoerig behandeld en is een uitgebreide literatuuropgave achterwege gelaten.

Kort weergegeven komt het proces van ontgassen van CO_2 uit water neer op het volgende:

CO_2 lost tot een laag gehalte op in water dat in contact staat met de atmosfeer. Het zogenaamde evenwichtsgehalte bedraagt bij 10°C ongeveer 0,8 mg/l CO_2 . In grondwater is doorgaans veel meer CO_2 opgelost. Brengen we dit water nu in contact met lucht, dat ontwijkt CO_2 uit het water naar de lucht. Dit gaat door tot er een evenwicht tussen de gehalten CO_2 in

* Bevat het water relatief weinig CO_2 , gedacht wordt aan $< 10 \text{ mg/l}$, dan is doorgaans doseren van natronloog goedkoper [2].

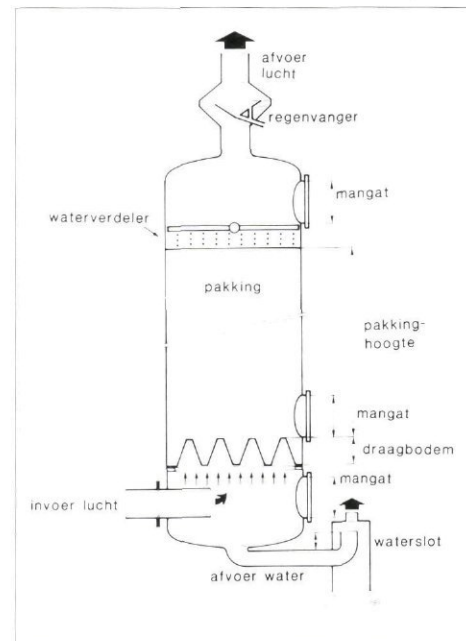
water en lucht is bereikt. Een vergaande ontgassing is in de praktijk te bereiken door:

- te zorgen voor een groot uitwisselingsoppervlak tussen lucht en water;
- het realiseren van voldoende contacttijd;
- te zorgen voor een zo laag mogelijk CO_2 -gehalte van de lucht door voldoende verversing van de beluchtingslucht.

De beluchtingstoren met een gepakte kolom

Een goed systeem voor het ontgassen van water is de beluchtingstoren met een

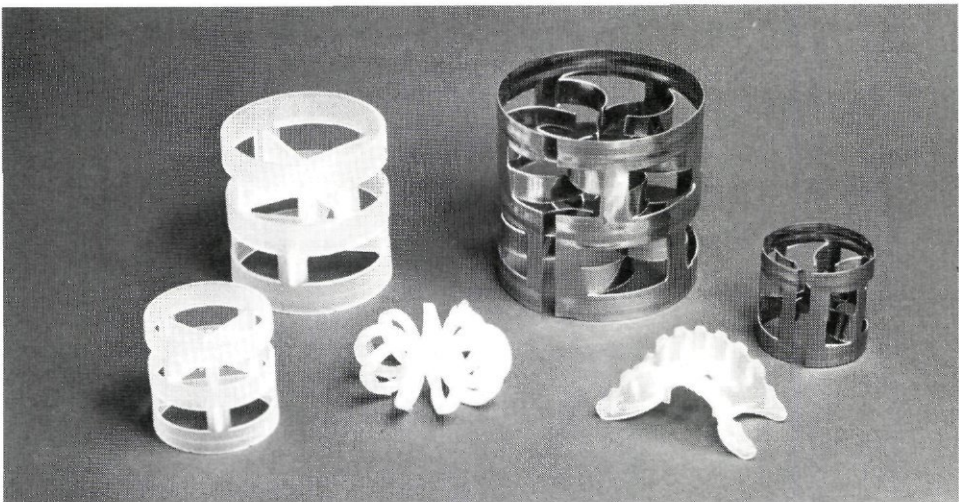
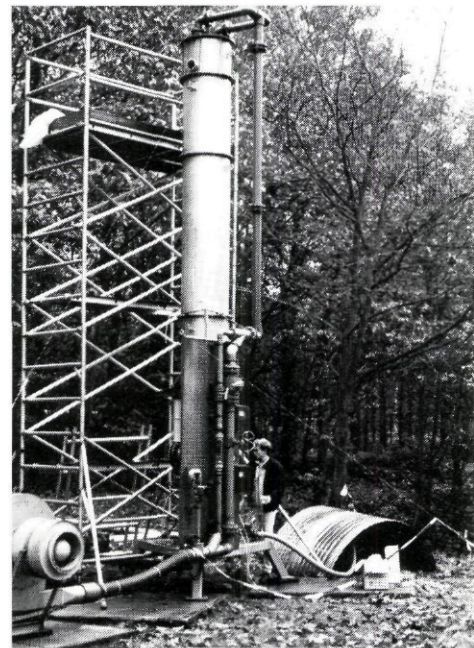
Afb. 1 - In een beluchtingstoren stroomt water over een pakking naar beneden. Wanneer lucht van onder naar boven wordt doorgevoerd noemen we dat tegenstroom-beluchting. Stroomt de lucht in dezelfde richting als het water, dan spreken we van meestroom-beluchting.



'gepakte kolom' (zie afb. 1). Het is een toren die is gevuld met een pakking die kan bestaan uit op elkaar gestapelde buisstukken, los gestorte stukjes buis of de vele soorten pakking die hiervoor in de handel zijn (zie afb. 2). Het water wordt over de pakking verdeeld en stroomt langs het oppervlak van de pakking naar beneden. Hierdoor wordt een groot uitwisselingsoppervlak tussen lucht en water gerealiseerd. Waterleidingbedrijven passen dit systeem op veel plaatsen toe. De lucht stroomt doorgaans in dezelfde richting als het water door de beluchtingstoren. We noemen dit meestroom-beluchting. Dit gebeurt 'automatisch' door de natuurlijke ventilatie of 'geforceerd' door een ventilator, die bovenin de toren lucht inbrengt. Wordt de lucht onderin de toren ingebracht, en aan de bovenzijde afgevoerd, dan spreken we van tegenstroom-beluchting. Voor het verwijderen van vluchtige koolwaterstoffen wordt door een aantal waterleidingbedrijven tegenstroom-beluchting toegepast, hetgeen noodzakelijk is omdat deze stoffen tot een zeer laag gehalte moeten worden teruggebracht.

Voor het verwijderen van CO₂ passen waterleidingbedrijven tegenstroom-beluchting nog maar weinig toe. Meestroom-beluchting wordt wel veel toegepast. Toch is tegenstroom-beluchting aan te bevelen wanneer een laag restgehalte CO₂ nodig is, om een voldoende

Afb. 3 - De beluchtingstoren van het KIWA maakt het mogelijk een groot aantal verschillende procesinstellingen te beproeven. Mee- en tegenstroom-beluchting zijn mogelijk. Op zes locaties is hiermee de mate van CO₂-verwijdering onderzocht.



Afb. 2 - Pakkingen voor beluchtingstorens zijn er in verschillende soorten, die verkrijgbaar zijn in meerdere maten en materiaalsoorten. Deze moderne soorten pakking hebben een veel lagere luchtweerstand dan de vroeger veel toegepaste stukjes pijp of de van pijpen gestapelde rekken. Hierdoor is tegenstroom-beluchting beter te realiseren dan vroeger.

hoge pH te bereiken. Een praktijkinstallatie is te zien op afb. 5.

Meestroom- of tegenstroom-beluchting?

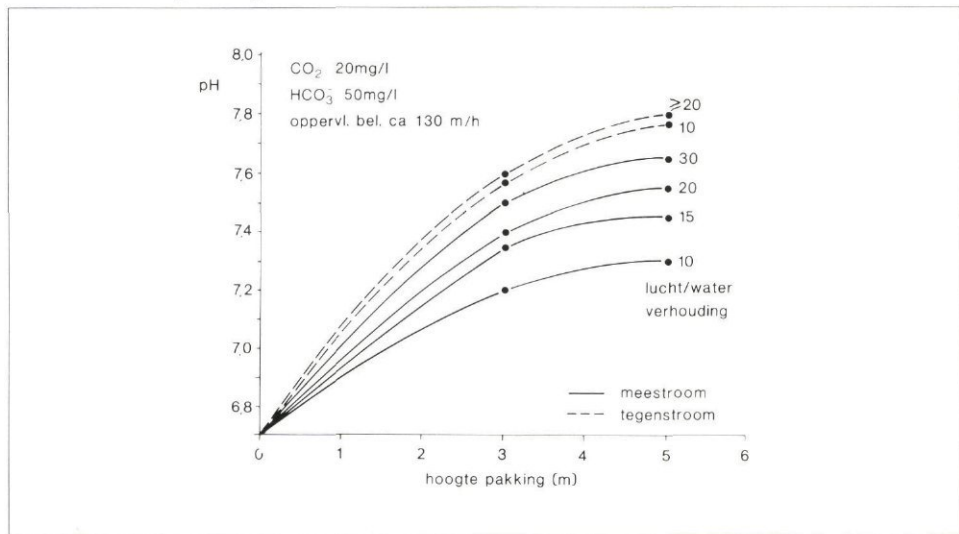
Om het verschil tussen meestroom- en tegenstroom-beluchting in de praktijk vast te stellen heeft het KIWA in samenwerking met de Stichting Waterlaboratorium Oost en het Gemeentelijk Gas- en Electriciteit en Waterbedrijf Arnhem een experiment uitgevoerd op pompstation La Cabine. Hiervoor is gebruik gemaakt van de experimentele beluchtingstoren van het KIWA, die ook is gebruikt voor het onderzoek naar het verwijderen van vluchtige koolwaterstoffen door tegenstroom-beluchting [4, 5] (zie afb. 3). Door het veranderen van de luchtinvoerleiding kon ook

meestroom-beluchting worden toegepast. Om het verschil tussen mee- en tegenstroom-beluchting te illustreren zijn enkele resultaten grafisch weergegeven in afb. 4. Deze afb. illustreert dat met tegenstroom-beluchting een verdergaande ontzuring is te bereiken dan met meestroom-beluchting. Daarbij komt nog het voordeel dat bij tegenstroom-beluchting volstaan kan worden met een lagere lucht/water-verhouding. Deze verschillen zijn als volgt te verklaren.

Meestroom-beluchting

- Bij meestroom-beluchting komt het water onderin de beluchtingstoren in contact met lucht waarin reeds CO₂ uit het water is opgenomen. Daardoor wordt het restgehalte CO₂ in het water beïnvloed.
- Een hogere lucht/water-verhouding

Afb. 4 - CO₂ wordt door middel van tegenstroom-beluchting tot een lager restgehalte verwijderd, waardoor de pH verder toeneemt. Een bijkomend voordeel is dat een lagere lucht-waterverhouding voldoende is in vergelijking met meestroom-beluchting. Een hogere lucht-waterverhouding dan 20 levert geen betere verwijdering van CO₂ op.



heeft een gunstige invloed op het haalbare restgehalte CO₂ van het beluchte water. De toename van het CO₂-gehalte van de lucht is namelijk geringer bij een hogere lucht/water-verhouding.

Tegenstroom-beluchting

– Tegenstroom-beluchting heeft de voorkeur wanneer gestreefd wordt naar een laag restgehalte CO₂. Immers, het water komt onderin de toren in contact met ‘verse’ lucht. Het ontgassen van CO₂ uit het water kan daardoor – in principe – voortgaan tot het restgehalte CO₂ van het water in evenwicht is met het gehalte CO₂ van ‘verse’ buitenlucht.

– Een verhoging van de lucht/water-verhouding tot boven 20 Nm³/m³ leidt bij tegenstroom-beluchting niet tot meer verwijdering van CO₂. Voor een verklaring hiervoor wordt verwezen naar de publikatie ‘De verwijdering van vluchtige koolwaterstoffen door beluchting’ [3].

Het restgehalte CO₂ na het ontgassen van water

Volgens de theorie van de beluchting moet het mogelijk zijn door beluchten het CO₂-gehalte van water, dat een temperatuur heeft van 10°C, te verlagen tot ca. 0,8 mg/l. Het ‘thermodynamische’ evenwicht tussen water en normale buitenlucht is dan ingesteld. In de praktijk wordt dit lage restgehalte echter niet bereikt, ook niet door het toepassen van tegenstroom-beluchting. Andere stoffen, zoals trichlooretheen en methaan, zijn met deze techniek wel vergaand uit water te verwijderen. En volgens de theorie verloopt de stofoverdracht van CO₂ van water naar lucht sneller dan die van trichlooretheen. Wat kan daarvan de oorzaak zijn?

Om deze vraag te beantwoorden zijn de resultaten van een serie van zes beluchtingsproeven met de beluchtingstoren van het KIWA met elkaar vergeleken. Het merendeel van deze beluchtingsproeven is uitgevoerd om de verwijdering van vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen te onderzoeken. Eénmaal is de verwijdering van methaan onderzocht, en éénmaal was het verwijderen van CO₂ het hoofddoel. Bij alle proeven is echter ook het restgehalte CO₂ berekend (uit de pH, het HCO₃⁻-gehalte, de temperatuur en geleidbaarheid) en bij de experimenten A en B ook bepaald door titratie volgens NEN 6486. In tabel I zijn enkele relevante gegevens van de experimenten verwerkt. De CO₂-gehalten na het ontgassen zijn afgerond naar hele of halve milligrammen.

TABEL I – Watersamenstelling na CO₂-verwijdering op zes pompstations.

Pompstation	Voor ontgassen		Na ontgassen			
	HCO ₃ ⁻ mmol/l	CO ₂ mg/l	CO ₂ mg/l	pH	SI	% CO ₂ -afname
A	0,8	25	1,5/2 (3) *	7,8 (7,6)	- 0,8	95
B	1,1	20	2 (3) *	7,8 (7,6) *	- 0,6	94
C	1,6	15	1,5	8,1	- 0,1	95
D	3,2	13	2,5	8,2	+ 0,7	86
E	4,7	32	4,5 (5,5) *	8,05 (8,0) *	+ 0,8	87
F	5,6	31	6,5	8,0	+ 0,7	81

Procescondities:
Oppervlaktebelasting water ca. 70 m³/m²-h; pakking Hy-Pak 30 mm (B, C, D, E, F) en/of Pall-ring 50 mm (A, B, C); hoogte pakking 5 m; lucht/water verhouding > 20 Nm³/m³.
* De tussen haken vermelde waarden zijn gemeten na een hoogte van de pakking van 3 m.

Er is met twee soorten pakking gewerkt. Op drie locaties is na elkaar met beide pakkingen gewerkt. De mate van verwijdering van CO₂ was met beide pakkingen nagenoeg gelijk. Bij het verwijderen van trichlooretheen is overigens wel een duidelijk verschil tussen beide pakkingen vastgesteld [4]. De volgende aspecten vallen op:

– Het restgehalte CO₂ kan per locatie vrij sterk verschillen, en ligt minimaal tussen 1,5 en 2 mg/l. Het theoretisch haalbare restgehalte CO₂ van 0,8 mg/l wordt niet bereikt.

– Het verwijderingspercentage van CO₂ verschilt per pompstation en bedraagt minimaal 81% en maximaal 95%. Onder de zelfde procescondities wordt trichlooretheen op meerdere locaties verwijderd met ca. 99%, en dit percentage is niet afhankelijk van de invoerconcentratie. Omdat CO₂ volgens de theorie ‘sneller’ wordt verwijderd dan trichlooretheen, had het verwijderingspercentage voor CO₂ dus meer dan 99% moeten zijn, en – alweer volgens de

theorie van de beluchting – gelijk voor de verschillende pompstations.

Naar verwachting wordt het afwijkende gedrag van CO₂ veroorzaakt door drie relatief langzaam verlopende chemische reacties, waardoor tijdens en na het beluchten CO₂ wordt gevormd. Het nieuw gevormde CO₂ wordt slechts voor een deel verwijderd doordat de beluchtingstijd beperkend gaat werken.

Naleveren van CO₂ uit H₂CO₃

Een fenomeen waar we in alle zes de gevallen mee te maken hebben is het naleveren van CO₂ uit H₂CO₃. Een klein deel van het CO₂ in het water bevindt zich namelijk in de vorm van H₂CO₃. Het evenwicht hiervan met CO₂ is als volgt weer te geven:



Wordt nu door het ontgassen CO₂ verwijderd, dan verschuift het evenwicht naar rechts. Deze reactie verloopt echter langzaam, langzamer dan de stofoverdracht van CO₂ van het water naar de lucht in de beluchtingstoren. Is het gehalte CO₂ tegen het einde van de ontgassing laag (dus onder in de beluchtingstoren), dan is de relatieve bijdrage van het langzaam naleveren van CO₂ groter, en dus merkbaar. Het wordt de snelheidsbepalende stap. Vooral als er veel CO₂ is verwijderd, zal er relatief veel nalevering plaatsvinden. Een deel van dit nageleverde CO₂ kan niet tijdig meer in de beluchtingsinstallatie worden verwijderd*.

Om vast te stellen of deze theorie juist is, is de pH gemeten direct na het ontgassen en enkele minuten later. De pH bleek in

Afb. 5 - Te Soestduinen bouwde het WMN beluchtingstorens voor het verwijderen van trichlooretheen (achter) en CO₂ (voor). De ‘CO₂-strippers’ zijn lager, omdat een kortere contacttijd nodig is voor het verwijderen van CO₂. De torens staan buiten opgesteld, de ventilatoren, luchtfilters en bedieningsapparatuur zijn ondergebracht in een ruimte onder de torens.

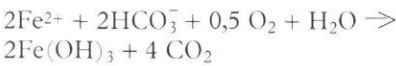


* In geraadpleegde literatuur wordt het versneld oplossen van CO₂ in water beschreven [6, 7]. Ook dit wordt veroorzaakt door het langzaam instellen van het evenwicht tussen CO₂ en H₂CO₃. Omdat ook nog diffusie van verschillende ionen en moleculen in de grenslaag van het water met de lucht een rol speelt, is het moeilijk precies aan te geven in welke mate verschillende aspecten de stofoverdracht beïnvloeden. Dit zal dus ook gelden voor het ontgassen van CO₂, zij het dat dit proces juist wordt vertraagd.

enkele minuten af te nemen met enkele tienden. Vervolgens is de pH gemeten van een monster water waaraan direct na het ontgassen het enzym koolzuuranhydrase is toegevoegd. Dit enzym verzorgt een snelle instelling van het evenwicht tussen H₂CO₃ en CO₂. De aldus gemeten pH waarde verliep niet meer en had de waarde, die zonder enzym pas na enkele minuten werd gemeten.

Naleveren van CO₂ door hydrolyse van ijzer

Bevat het te ontgassen water ijzer dat in grondwater meestal aanwezig is als Fe²⁺, dan kan het tijdens en na de beluchting oxyderen en hydrolyseren volgens de volgende reactievergelijking.



Het bruto effect is dat daarbij CO₂ wordt gevormd. Ook deze reactie zal niet snel verlopen, zodat een deel van het gevormde CO₂ niet wordt verwijderd door het beluchten. Per milligram geoxydeerd en gehydrolyseerd ijzer wordt ongeveer 1,5 milligram CO₂ gevormd. Overigens kan door pH-verhoging ook FeCO₃ ontstaan. Hierdoor neemt per milligram ijzer het CO₂-gehalte toe met ca. 0,8 mg/l*

Bij de in de tabel vermelde experimenten speelde naar verwachting ijzer mogelijk een rol op de pompstations F (Fe 5 mg/l) en B (Fe 0,5 mg/l).

Opmerking

In de praktijk wordt ontgassen van CO₂ in een beluchtingstoren meestal toegepast na de ontijzering, omdat anders de pakking vervuult door het afzetten van ijzer. Hydrolyse van ijzer speelt dan geen rol.

Kalkafzetting

In de tabel is ook de verzadigingsindex (SI) vermeld.

Is de SI positief, dan is het water oververzadigd aan calciumcarbonaat; is deze negatief, dan is het water in staat calciumcarbonaat op te lossen. Bij de hogere HCO₃⁻ gehalten is de verzadigingsindex door het ontgassen van CO₂ positief geworden, en het water dus kalkafzettend. Zet zich kalk af tijdens het ontgassen of in de monstervles, dan wordt CO₂ gevormd bij de reactie:



Het gevolg is dat na het ontgassen een

*Omdat ook bij titratie van CO₂ de oxidatie en hydrolyse van ijzer een rol speelt (of ook de vorming van FeCO₃), ontstaat in de praktijk vaak een vertekend beeld van het percentage CO₂-verwijdering [2].

TABEL II – Invloed van het gehalte HCO₃⁻ op de haalbaarheid van de in KIWA-Mededeling nr. 100 aanbevolen pH en SI door verwijderen van CO₂ door middel van ontgassen.

HCO ₃ ⁻ mmol/l	Ca ²⁺ mmol/l	pH _s ber.	SI = - 0,2		SI = 0		SI = + 0,3	
			pH	CO ₂ mg/l	pH	CO ₂ mg/l	pH	CO ₂ mg/l
1,5	0,75	8,3	8,1	1,4	(8,3)	(0,9)	-	-
2,0	1,0	8,0	7,8	3,5	8,0	2,4	(8,3)	(1,2)
2,5	1,25	7,8 ⁵	7,6 ⁵	6,6	7,8 ⁵	4,2	8,1 ⁵	2,1
3,0	1,5	7,7	7,5	11	7,7	7	8,0	3,5

hoger restgehalte CO₂ in het water overblijft, dan wanneer er geen kalkafzetting optreedt.

Gevolgen voor de praktijk

Het is interessant om een verklaring te zoeken voor verschillen in het resultaat van het ontgassen van water op een aantal locaties. Als we de oorzaak kennen, is beter te voorzien welke watersamenstelling verwacht kan worden wanneer het toepassen van tegenstroom-beluchting in een beluchtingstoren wordt overwogen. Om globaal aan te kunnen geven bij welke watersamenstelling door tegenstroom-beluchting de in KIWA-mededeling 100 aanbevolen drinkwatersamenstelling is te bereiken, is in tabel II vermeld welk gehalte CO₂ volgens berekening moet worden bereikt om aan de criteria met betrekking tot de pH, de SI en het HCO₃⁻ gehalte te voldoen. Uitgegaan is van vier HCO₃⁻ gehalten rond de aanbevolen minimum waarde van 2 mmol/l.

Toelichting:

De evenwichts-pH (pH_s) is berekend uit de concentraties Ca²⁺, HCO₃⁻, met een aangenomen ionensterkte van 10 mmol/l. De pH-waarden zijn berekend uit de pH_s en de SI-waarden - 0,2; 0 en + 0,3. Vervolgens zijn de CO₂-gehalten berekend uit de pH en het HCO₃⁻ gehalte. Voor de molaire verhouding tussen Ca²⁺ en HCO₃⁻ is uitgegaan van de verhouding 1:2.

De tussen haken vermelde waarden zijn naar verwachting door ontgassen niet te bereiken.

De vetgedrukte waarden voldoen aan de criteria die in KIWA-Mededeling nr. 100 worden gesteld aan TAC, pH en SI, bij een restgehalte CO₂ dat met tegenstroom-beluchting is te bereiken. Wanneer het HCO₃⁻ gehalte dus 2-3 mmol/l bedraagt, is tegenstroom-beluchting in een gepakte kolom een bruikbare methode voor het ontzuren van water.

De optimale samenstelling van drinkwater, die in KIWA-Mededeling nr. 100 is aangegeven, is in een dergelijk geval dus te realiseren met deze ontgassings-techniek. Is een restgehalte CO₂ van ca. 3 mg/l laag genoeg om te voldoen aan de criteria, dan is een hoogte van de pakking in de beluchtingstoren van 3 meter naar

verwachting voldoende. Zekerheid over de optimale procescondities kan alleen verkregen worden door het uitvoeren van een kortdurend experiment. Voor aanvullende gegevens over procescondities en een indicatie van de kosten wordt verwezen naar KIWA-Mededeling nr. 101 [2].

Conclusie

Vergaand verwijderen van CO₂ is mogelijk door het toepassen van tegenstroom-beluchting in een beluchtingstoren met een gepakte kolom. Deze verwijdering is echter niet eenvoudig te beschrijven met enkele formules, zoals dat bijvoorbeeld wel kan met het verwijderen van trichlooretheen. De oorzaak is dat door drie chemische reacties, die op kunnen treden tijdens en na het ontgassen, relatief langzaam CO₂ vrijkomt in het water. Omdat dit niet geheel wordt verwijderd, resteert na het ontgassen meer CO₂ dan men op grond van het in theorie haalbare evenwichtsgehalte verwacht. In de praktijk vormt dat echter geen beperking voor het toepassen van deze beluchtingstechniek. Als het te ontgassen water namelijk voldoende HCO₃⁻ bevat om te kunnen voldoen aan de in KIWA-mededeling 100 gestelde minimale TAC-waarde van 2 mmol/l, is de aanbevolen pH-range van 7,8 tot 8,3 en SI-range van - 0,2 en + 0,3 met deze voor de praktijk aantrekkelijke techniek te bereiken!

Verantwoording

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het door de VEWIN aan het KIWA opgedragen speurwerkproject Conditionering. Het uitgebreide onderzoek op pompstation La Cabine is begeleid door een werkgroep bestaande uit de heren C. A. van Bennekom, H. J. B. te Dorsthorst en J. A. M. van Paassen.

Literatuur

1. Hoven, Th. J. J. van den, Eekeren, M. W. M. van (1988). *Optimale samenstelling van drinkwater*. KIWA NV. Mededeling 100, Nieuwegein.
2. Reijnen, G. K. (1988). *Ontzuren van grondwater*. KIWA NV Mededeling 101, Nieuwegein.
3. Reijnen, G. K. (1981). *De verwijdering van vluchtige koolwaterstoffen door beluchting*. H₂O (14) 1981, nr. 12, blz. 258-263.

runs zijn gemaakt is het analyseren van een dergelijk pakket gegevens geen sinecure. De schil voorziet natuurlijk in de mogelijkheid een dergelijk uitvoerbestand met behulp van een editor te bekijken, maar een betere oplossing is gebruik te maken van de grafische mogelijkheden van de bij de DWL beschikbare PC's (12 MHz AT's met VGA-scherm). De kracht van deze manier van presenteren van drukken, debieten en afgeleide grootheden zit in het feit dat met één oogopslag duidelijk is waar in het leidingnet problemen zijn. De procedure is heel eenvoudig: na het intoetsen van de naam van het uitvoerbestand wordt het hele leidingnet in vijftien kleuren op het scherm geplott, waarbij elke kleur synoniem is met een bepaalde drukrange: donkerblauw zou bijvoorbeeld kunnen staan voor een druk tussen de 20 en 21,5 mwk boven maaiveld, zie afb. 2. Door op het scherm met behulp van de cursortoetsen of een muis een deel van het leidingnet aan te wijzen, is het mogelijk op dat deel van het net in te zoomen, waardoor meer details zichtbaar worden. Ook kan de betekenis van de verschillende kleuren worden gewijzigd voor een beter inzicht.

Naast het plotten van de druk, wordt de mogelijkheid geboden grootheden zoals de drukgradiënt over de leidingen, de debieten, maaiveldhoogten, stroom-snelheden, leidingdiameters en de k-waarden van de leidingen in kleur weer te geven. Behalve dat de kleur al een goede indicatie geeft van de ordegrootte van de weergegeven grootheden, kunnen ook de bij de knopen of leidingen behorende waarden numeriek worden weergegeven.

Laat een kleurenplot van de drukken direct zien waar in het leidingnet de druk te ver daalt, een plot van de drukgradiënt maakt duidelijk welke leidingen deze lage druk veroorzaken doordat zij te zwaar zijn belast.

Er zijn nog meer nuttige opties, zoals de mogelijkheid om de stroomrichting in de leidingen aan te geven, de knooppunten en verbruiken bij de knopen te vermelden en het plaatje op het beeldscherm naar een matrix- of laserprinter te sturen. Hierbij gaat uiteraard de informatie die in de kleuren is gevat verloren, maar die kan worden vervangen door numerieke gegevens.

Het is ook mogelijk de pendelknopen te markeren. In het algemeen geldt voor deze knopen dat de druk er kleiner of gelijk is aan de druk in de omringende knopen en dat zo'n knoop aan meer dan

één leiding hangt. Dit zijn dus òf knopen die van meerdere kanten worden gevoed òf knopen die met leidingen zijn verbonden waarin de drukval zeer gering is, kleiner dan 1 cmwk. Qua verblijftijd en/of waterkwaliteit potentieel gevaarlijke leidingen dus.

Al met al kan op deze wijze snel en goed inzicht worden verkregen in een grote hoeveelheid gegevens.

In het geval er met een PC wordt gewerkt die niet is uitgerust met een EGA- of VGA-kleurenscherm, maar wel met een Hercules-, een CGA- of een Olivetti 640 x 400 grafische kaart, vervalt de mogelijkheid het leidingnet in kleur te plotten. De gegevens uit het ALEID-uitvoerbestand worden dan in zwart/wit geplott.

3. De andere waterleidingbedrijven en KIWA

De schil om ALEID is niet zodanig op de Rotterdamse situatie toegesneden dat andere waterleidingbedrijven er niets aan zouden hebben; al is het wellicht zo dat de gebruikte splitsing van het verbruik in vijf categorieën met daarbij behorende patronen niet voor elke situatie zonder meer toepasbaar is, het grafische uitvoergedeelte is dat beslist wel.

Aangezien KIWA voornemens was zelf een dergelijk programmapakket te ontwikkelen, maar daar nog niet aan is toegekomen, heeft DWL Rotterdam het complete programmapakket, inclusief sources, aan KIWA ter beschikking gesteld.

Over de verdere plannen van KIWA met de schil kunt u binnenkort in dit blad meer lezen.

Literatuur

1. H₂O (22) 1989, nr. 17 pp. 534-535.

● ● ●

Koolstofdioxide

- Slot van pagina 707

4. Reijnen, G. K., e.a. (1983). *Verwijderen van trichlooretheen door beluchting*. H₂O (16) 1983, nr. 14, blz. 314-317.
5. Reijnen, G. K. (1985). *Nijmegen stript vluchtige koolwaterstoffen uit grondwater*. H₂O (18) 1985, nr. 23, blz. 495-498.
6. Stumm, W., Morgan, J. J. (1981). *Aquatic chemistry*. John Wiley and sons, New York, 2e ed. blz. 210-214.
7. Morel, F. M. M. (1983). *Principles of aquatic chemistry*. John Wiley and sons, New York, blz. 166-173.

● ● ●

Bodem Biesbosch moet drastisch worden verbeterd

Voor inrichting en beheer van de Biesbosch als nationaal park is een groot aantal maatregelen nodig. Voor bijvoorbeeld aalscholvers, kuifeenden en otters dient de kwaliteit van (water)bodems drastisch en duurzaam te worden verbeterd.

Bepaalde locaties zullen mogelijk eerst moeten worden schoongemaakt omdat zij te sterk zijn vervuild.

Dit blijkt uit een onderzoek van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN) naar de gevolgen van verontreiniging van de (water)bodem voor natuurwaarden in de Biesbosch, dat nu de status heeft van nationaal park in oprichting.

Het RIN heeft gekeken naar de gevolgen van de al bekende verontreiniging van het gebied met onder meer zware metalen, PCB's en PKB's voor flora en fauna.

Het RIN meent dat de huidige kwaliteit van de (water)bodem een normale ontwikkeling van een samenhangend systeem van flora en fauna in de weg staat.

Eerder onderzoek van het ministerie van verkeer en waterstaat heeft uitgewezen dat de waterbodem van de Biesbosch een van de ergst vervuilde in ons land is. Met de noodzakelijke geachte schoonmaak van de bodem zijn vele miljoenen guldens gemoeid. Voor de schoonmaak van de Nederlandse waterbodems hebben PvdA en CDA in het concept-regeerakkoord voorlopig een bedrag van 125 miljoen gulden uitgetrokken.

De bodem in de Biesbosch blijkt bijvoorbeeld ook ernstig vervuild met lood door jacht en visserij. Dat belemmert het uitzetten van runderen voor natuurlijke begrazing. Zolang er grote concentraties PCB's worden gevonden kan er geen sprake zijn van het succesvol uitzetten van otters. Die zelfde PCB's zijn ook de belangrijkste oorzaak van de slechte broedresultaten van bijvoorbeeld aalscholvers en kuifeenden. Ook bij vissen zijn als gevolg daarvan afwijkingen vastgesteld.

Door het verminderen van de populaties bestaat het gevaar dat dieren uit verhoudingsgewijs schonere gebieden zich in de Biesbosch vestigen. Dit staat haaks op een van de doelstellingen van een nationaal park, reservoir-functie voor andere gebieden. (ANP)