

Undersøkelse av virkningen av magnetisk vannbehandling

Av cand. real. Hans Kristiansen

Hans Kristiansen er ansatt som forsker ved Norsk institutt for vannforskning. Han er cand. real fra Universitetet i Oslo i 1960, med kjemi som hovedfag.

INNLEDNING

Virkningen av magnetisk vannbehandling har vært meget diskutert, og på vitenskapelig hold er det av flere forskere blitt blankt avvist at et magnetfelt kan ha noen som helst virkning på vann eller de stoffer som måtte være oppløst i det. (1) (2)

Noen vitenskapelige undersøkelser av magnetisk vannbehandling er blitt utført fra tid til annen uten at noen forandringer av vannets egenskaper er blitt påvist (3) — (6), mens andre har kunnet dokumentere en utvilsom virkning etter at vannet har passert et magnetfelt (7) — (16). Det er fremsatt teorier for hvordan et magnetfelt påvirker vannkvaliteten og hvilke krefter som virker (17) — (20).

Magnetisk vannbehandling har forholdsvis stor utbredelse verden over og det er publisert en mengde rapporter om praktiske erfaringer med slik behandling. Rapportene går ut på at magnetbehandlingen har hatt en gunstig virkning, særlig når det gjelder å hindre avsetninger av fast

belegg fra vann i rør og rørsystemer, (21) — (27), men også andre forandringer av vannets egenskaper er observert. (28) — (31).

Utfelling fra overmettet løsning.

Vann til forsøkene er blitt laget kunstig ved at en bestemt mengde kalsiumkarbonat ble løst i destillert vann under overtrykk av karbondioksyd. Ved å drive ut igjen overskudd av karbondioksyd fikk man ønsket pH-verdi på det vann man skulle gjøre forsøk med. Til det kalsiumholdige vannet ble det også tilsatt forskjellige mengder andre salter.

Virkningen av et magnetfelt på vannet må antas å være liten. Da man med kunstig fremstilt vann har forholdsvis små mengder til disposisjon, måtte man for utfelling av kalkbelegg velge et materiale som ikke influerte på vannet og dermed forstyrret virkningen av magnetfeltet. Et materiale med minimal innvirkning på vannet er glass, og forsøket ble utført ved at 2 l vann ble fordelt på to 2 l's ståkolber (Pyrex) med

1 l i hver kolbe. Til den ene kolben ble vannet helt gjennom et Polar magnetapparat (en Polarisator) og til den andre kolben ble vannet på samme måte hreit gjennom en nøyaktig maken «Polarisator», men hvor magnetfeltet var fjernet. Kolbene ble plassert åpne på gyngebord natten over ved 20 °C. Gyngebordet beveger seg i horisontalplanet med utslag 7 cm, 82 ganger pr. minutt. Disse bevegelsene sikrer likevekt mellom karbondioksyd i atmosfæren og oppløst karbondioksyd i vannet. Overskuddet ble med tiden avgitt fra vannet slik at dette ble overmettet på kalsiumkarbonat som etter hver utkrystalliserte. Kalsiumkarbonat ble utfelt både som fast belegg og som krystaller i vannmassen.

Etter endt rysting ble utfelte kry-

staller slemmet opp i vannet og helt ut sammen med dette. Belegget ble løst i syre og mengden av kalsium bestemt. pH-verdien og restkonsentrasjonen av kalsium i vannet ble også bestemt.

For å unngå innvirkning av glasset ble de to forsøkskolbene vekselvis byttet om, slik at kolben med magnetbehandlet vann den ene gangen fikk ubehandlet vann neste gang. Resultatene er ført opp i tabell 1.

Av resultatene fremgår at bortsett fra en prøve var det betydelig mindre belegg i kolber med magnetbehandlet vann. Noen prøver ble tilsatt forskjellige andre ioner og behandlet forøvrig som ovenfor. Resultater av analysene er ført opp i tabell 2. For prøvene tilsatt klorider ble det vesentlig mindre belegg avsatt fra magnetbehandlet vann, mens for prøvene

Tabell 1. *Analyseresultater fra rysteforsøk.*

Utgangsvann			Analyse av vannfasen				Utfelt på glassveggene	
pH		mg Ca/l	pH		mg Ca/l		mg Ca.	
M			M		M		M	
6,06	6,06	200	8,35	8,40	21,0	18,5	16	18
7,40	6,83	200	7,95	7,96	106	102	28	47
		200			23,6	24,8	22	37
6,32	6,29	100	8,34	8,32	27,2	26,4	62	75
6,37	6,47	200	8,31	8,32			81	138
6,80	6,85	200	8,36	8,32	27,3	32,0	32	59
6,06	6,05	200	8,30	8,36	21,6	21,6	42	56
6,37	6,37	200	8,36	8,33	18,5	19,9	32	69
5,90	5,90	200	8,38	8,20	42,8	39,3	79	76
6,06	6,06	250	8,43	8,38	42,5	41,4	154	180
8,10	8,10	200	8,29	8,30	31,4	30,0	163	176
6,25	6,25	200	8,25	8,24	43,0	55,0	66	76

M = magnetbehandlet.

Tabell 2. *Analyseresultater fra rysteforsøk.*

Utgangsvann		Tilsetning	Analyse av vannfase				Utfelt på glass mg Ca	
pH	mg Ca/l		pH		mg Ca/l			
			M		M		M	
6,9	280	0,5 m M/l NaCl	8,23	8,28	41,9	49,8	93	158
6,9	200	» » /l Mg Cl ₂	8,22	8,27	43,9	42,4	77	109
6,9	200	» » MgSO ₄	8,24	6,26	67,0	48,4	91	66
6,9	200	» » Na ₂ SO ₄	8,24	8,30	70,0	61,0	91	100

M = magnetbehandlet.

tilsatt magnesiumsulfat var forholdet omvendt.

Det er tidligere funnet at pH-verdien på vannet stiger etter magnetbehandling (7) (10) (22). Disse undersøkelser viser ingen markante utslag i pH-verdien, men noe annet kan man heller ikke vente, idet vannet i kolbene har vært i karbonatlikevekt og pH-verdien er da bestemt av mengden oppløst kalsium.

Det ble også gjort forsøk med å la vannet resirkulere gjennom «polarisatoren». For disse forsøk ble vannet ledet gjennom plastslanger tredd gjennom magnetgapet i «polarisatoren». Vannhastigheten var 2 ml/s fordelt på tre slanger à 1 mm's tverrsnitt. En liter vann resirkulerte, og det var ingen annen bevegelse i vannet enn det som var forårsaket av resirkulasjonen.

For disse forsøk ble det ikke påvist noen forskjell i utfelling av belegg fra magnetbehandlet eller ubehandlet vann. Plater av jern og galvanisert jern ble senket ned i vannet og belegg på plater undersøkt

uten at det ble påvist noen forskjell i utfelling. Korrosjon på metallene påvirket vannkvaliteten.

Utfelling fra overmettet løsning.

Dannelse av belegg på flater i kontakt med hardt vann skyldes utfelling av kalsiumkarbonat. Utfellingen skjer når vannet blir overmettet som følge av en forandring av vannets temperatur eller pH-verdi.

En utbredt oppfatning blant forskere som har arbeidet med magnetisk vannbehandling, er at magnetfeltets virkning beror på at det dannes krystallkimer av kalsiumkarbonat i vannmassen (7) (8) (15). Den videre utfelling vil da skje med disse kimer som krystallasjonskjerner. Ved at utfellingen skjer i selve vannmassen, vil det ikke bli avsatt belegg. For å etterprøve denne hypotese ble det innledningsvis gjort forsøk med vann hvor kalsiuminnholdet var 100 mg/l, og overskudd av karbondioksyd ble drevet ut slik at pH-verdien var 7,0.

En serie glassflasker ble tilsatt 100 ml vann. Til halvparten av flas-

kene ble vannet helt gjennom en «Polarisator». Vannet til den andre halvpart ble helt gjennom en identisk «polarisator», men uten magnetfelt. Til en prøveserie ble vannet tilsatt 1 g NaCl/l og til en annen 1 g Na₂SO₄/l. Prøveflaskene ble så oppvarmet i trykk-koker i 30 minutter. Deretter ble flaskene umiddelbart tatt ut, rystet godt og vannet filtrert. Kalsiuminnholdet i filtratet ble bestemt og etter avkjølingen ble også pH-verdien på vannprøvene bestemt.

Resultatene er ført opp i tabell 3 og viser at utfellingen er størst fra magnetbehandlet vann, og denne forskjellen er mest markert for kloridholdig vann.

Kalsium holdes oppløst i vann i form av hydrogenkarbonat og for å opprettholde karbonatlikevekten (32) kreves også et visst innhold av fri karbondioksyd. Ved oppvarming drives karbondioksyd ut av vannet. Denne utdrivingen påskyndes av en omrøring av vannet. pH forskyves

derved mot høyere verdier og det dannes karbonationer som sammen med kalsiumioner danner fast kalsiumkarbonat.

Det ble gjort en rekke lignende forsøk med vann med forskjellige grader av overmetning og med forskjellige tilsetninger av andre ioner. Oppholdstiden i trykk-koker ble også variert, og det ble ikke foretatt noen rysting av prøveflaskene etter oppvarming. Ved disse forsøk ble det ikke påvist noen forskjell i utfelling fra magnetbehandlet eller ikke magnetbehandlet vann. Jo mer overmettet vannet var med hensyn på kalsiumkarbonat, desto større skulle muligheten for dannelse av krystallkim være. Det ble heller ikke påvist noen forskjell i turbiditet på vannet før og etter magnetbehandlingen. Undersøkelser med sikte på å påvise forskjell i kalkutfelling for magnetbehandlet og ubehandlet vann er også utført tidligere (3) uten at noen slik forskjell er påvist.

Lignende forsøk (33) er blitt utført

Tabell 3.

Ca. innhold i mg/l og pH-verdi i vannprøver oppvarmet 30 min. i trykk-koker.

M = magnetbehandlet.

M				Tilsatt 1 g NaCl/l				Tilsatt 1 g Na ₂ SO ₄ /l			
				M				M			
pH	Ca	pH	Ca	pH	Ca	pH	Ca	pH	Ca	pH	Ca
7,81	31,3	7,70	57,2	7,80	46,8	7,89	72,5	8,05	15,8	7,85	18,3
8,08	25,8	7,93	59,3	7,64	49,9	7,65	69,4	8,06	15,9	7,90	18,4
7,86	37,5	7,77	48,4	7,96	35,2	7,96	58,1	8,28	13,3	8,39	14,4
8,08	38,0	7,80	53,5								
Middel:	33,2		56,6		44,0		66,7		15,0		17,0

av A. J. Lingard ved South Dakota School of Mines and Technology. Umiddelbart etter at prøvene var tatt ut av trykk-kokeren observerte han ingen forskjell i utfelt bunnfall fra magnetbehandlet og ubehandlet vann, men etter rysting av prøveflaskene ble bunnfall fra magnetbehandlet vann mer voluminøst, mens bunnfall fra ubehandlet vann hadde en større tendens til å klumpe seg sammen. Analyse av vannet viste at hårdheten var henholdsvis 88 ppm og 176 ppm ca. CO_3 i magnetbehandlet og ubehandlet prøve.

De utførte forsøk bekrefter ikke antagelsen om en krystallkimdannelse, men kan tyde på at oppløst karbondioksyd drives lettere ut av vann som har passert et magnetfelt. Erfaring med magnetbehandlet vann til dampkjeler (24) har vist at avsetning av kjelesten reduseres og allerede avsatt belegg løses opp når fodevannet behandles. Erfaring fra vannverk med oppslamming av hydrat-kalk for dosering til drikkevann (25) har vist at magnetbehandling av vannet før oppslammingen hindrer utfelling av fast belegg.

Undersøkelse av utfelt belegg.

Utfelling av et stoff fra en vandig løsning skjer når løselighetsforholdene overskrides og løsningen blir overmettet med vedkommende stoff. Belegg utfelt fra naturlig vann er i de aller fleste tilfeller kalsiumkarbonat. Kalsiumkarbonat bygger seg opp som et hardt og fast belegg på overflaten. Belegget inneholder også andre stoffer utfelt fra vannet eller oppløst fra den underliggende flate.

Der flaten er jern, vil belegget inneholde jernoksyder. Kalsiumkarbonat er tyngre løselig i varmt vann enn i kaldt, slik at utfellingsproblemene øker med økende temperatur. Etter at vannet er blitt magnetbehandlet, observerer man at allerede avsatt belegg etter hvert får en løsere overflate.

Bamble Meieri har montert «Polarisator» på fødevannet til en Halvorsen røkrørskjele. Etter $2\frac{1}{2}$ måneds drift ble det tatt prøver for analyse av belegg i kjelen. Belegget hadde en løsere overflate som ble skrapet løs fra det hardere belegget under, og de to fraksjoner ble analysert hver for seg. Resultatene er ført opp i tabell 4. Analysen viser at de to fraksjoner har en forskjell i glødetap ved 1000°C . Det betyr at karbonatinnholdet er blitt redusert i overflaten og viser at karbonatene, som tjener som bindemiddel i belegget, er i ferd med å gå i løsning. Fødevannet til kjelen er kondensat og meget bløtt vann fra ledningsnett i forholdet 1:1.

Vestfold Interkommunale Vannverk tilsetter drikkevannet hydrat-kalk som på forhånd løses opp i et kar. I dette karet og i rør og renner fra karet, har man fått avsatt harde belegg av kalsiumkarbonat. Etter at «Polarisator» er montert, hvor ca. $\frac{1}{4}$ av vannet til karet passerer, har man fått avsatt et løst belegg som lett lar seg spyle vekk. De to beleggtypene er blitt analysert, og resultatene ført opp i tabell 4. Resultatet viser at det løse belegget skiller seg fra den faste beleggtypen med et betydelig lavere karbonatinnhold.

Tabell 4.

Resultater av analyse av belegg avsatt fra vann før og etter magnetbehandling.

	Bamble meieri		Vestfold Inter- kommunale Vannverk		Bondes Bahn Hamburg		Fredrikstad mek. verksted	
	før	etter	før	etter	før	etter	før	etter
Innveid:								
tørret 105 °C, mg	520,6	565,6	532,9	521,1	728,0	537,4		
glødet 600 »	502,5	542,9	498,5	474,2	715,7	510,2		
glødetap »	18,1	22,7	34,4	46,9	12,3	17,2		
» %	3,5	4,0	6,4	9,0	1,7	3,2		
glødet 1000 °C, mg	380,2	450,1	229,2	381,3	415,0	403,4		
glødetap, »	122,3	92,8	269,3	92,9	300,7	106,8		
» %	32,2	20,6	54,0	19,5	42,0	21,0		
Utløst i syre	30,5	36,8	0	0	0			
Løst i syre:								
Kalsium, mg Ca	137	136	194	172	154	59	664	27,5
Magnesium, mg Mg	18	22	16	26				
Jern, mg Fe	4,4	6,8	3,2	5,3	2,0	183,7	110	83

Fra Deutsche Bundes Bahn har vi fått belegg fra et sanitæranlegg i Hamburg. Vannet har avsatt et kalkrustbelegg i rør. «Polarisator» er blitt montert, og belegget har skiftet karakter. Det er blitt løsere og mørkere av farge. Begge beleggtyper er blitt analysert, og resultatene er ført opp i tabell 4. Også disse resultater viser at magnetbehandlingen har ført til at beleggets karbonatinnhold er blitt redusert, og jerninnholdet har øket.

I tabell 4 er også ført opp analyse-resultater av belegg fra før og etter magnetbehandling av fødevannet til en dampkjele hos Fredrikstad mek.

Verksted. På grunn av lite stoff er bare jern og kalsium analysert, men man ser at magnetbehandlingen har ført til at forholdet mellom disse stoffer er blitt forandret.

I dampkjeler vil høy temperatur og høyt trykk forårsake en spalting av hydrogenkarbonater og delvis også karbonater og karbondioksyd drives av med dampen. Dette vil øke pH-verdien på kjelevannet. Ved høye pH-verdier er kalsiumkarbonat lett løselig, og løseligheten øker med pH og temperatur (33). Magnetbehandling av fødevannet ser ut til å påvirke denne løselighet i positiv retning. Avsetning av karbonater fra

en oppløsning av hydratkalk i vann skyldes at blandedvannet inneholder karbondioksyd fritt eller i form av hydrogenkarbonat, som ved høy pH-verdi går over til karbonat og avsettes i form av kalsiumkarbonat. Når karbonatavsetning reduseres eller avsett kalsiumkarbonat går i oppløsning av magnetbehandlet vann, må det skyldes at karbonatinnholdet i vannet er blitt redusert eller pH-verdien på vannet er blitt høyere slik at kalsiumkarbonat er blitt lettere løselig. Avsetning av belegg i rør foregår meget langsomt og det skal en liten forandring av vannkvaliteten til for å hindre slik avsetning eller få avsatt belegg til å gå i oppløsning.

KONKLUSJON

Undersøkelsen har vist at utfelling av kalsiumkarbonatbelegg på glass reduseres etterat vannet har passert et magnetfelt. Forsøk med vann tilsett andre ioner tyder på at magnetfeltets virkning er avhengig av vannets ioneinnhold. Forsøkene tyder ikke på at virkningen beror på dannelsen av krystallkimer i vann hvor videre utfelling foregår. Undersøkelse av avsatt belegg fra magnetbehandlet og ubehandlet vann tyder på at virkningen beror på at karbondioksyd lettere drives ut av magnetbehandlet vann. Mulighet for karbonatdannelsen blir dermed redusert, og vannet pH-verdi blir høyere slik at kalsiumkarbonat blir lettere løselig.

LIT T E R A T U R

1. *Welder, B. O. og Partridge, E. P.*: Practical Performance of Water Conditioning Gargets. Ind. Eng. Chem. 46, 954 (1954).
2. *Nordell, E.*: Water Treatment. Reinhold Publ. Corp. New York 1961.
3. *Eliassen, R., Skrinde, R. T. og Davis, W. B.*: Experimental Performance of «Miracle» Water Conditioners. Jour. A. W. W. A. 50, 10, 1371 (1958).
4. *Müller, G. og Marschner, H.*: Mineralabscheidungen aus «magnetisierten» Wasser. Physikalische Blätter 22, 8 s. 358 (1966).
5. *Greiner, G.*: Ergebnisse der physikalischen Wasserbehandlung. Vom Wasser 34, 77 (1967).
6. *Oehler, D. E.*: Geräte und Ergebnisse der «physikalischen Wasserbehandlung». Vom Wasser 34, 58—76 (1968).
7. *Laureys, J., van Muylder, J. og Pourbaix, M.*: Rapport technique no. 24 du CEBELCOR (1955).
8. *Vermeiren, T.*: Rapport technique no. 54 du CEBELCOR, 1956.
9. *Laureys, J. og Pourbaix, M.*: Rapport technique no. 56 du CEBELCOR, 1957.
10. *Delhey, R.*: Rapport technique no. 95 du CEBELCOR, 1961.
11. *Klassen, V. J.*: Forandring i mineralenes evne til å fuktes etter at vannet er magnetisk behandlet. DAN SSSR, No. 6, 166 (1966).
12. *Klassen, V. J.*: Magnetic treatment of water and aqueous systems in flotation and chickening of ores and coals, VIII International Mineral Processing Congress, Leningrad 1968.
13. *Stockheim, F.*: Verfahren zur magnetischen Behandlung des Wassers. Österreichische Abwasser Rindschau 4, 57 (1968).
14. *Konbikova, H.*: Recherches sur les effets der traitement magnetique de l'eau. La Tribune du CEBEDAU No. 312 564 (1969).

15. *Narasiah, K. S.*: Magnetic treatment of water — a solution to prevent corrosion Water and Pollution Control, June 1970.
16. *Todoriev, N.* og *Sovctrev, M.*: Magnetic treatment of water feeding a boiler, *Technika*, 11 No. 7 247 (1962).
17. *Friedel, F. A.*: Les champs dia et paramagnetiques et leur importance pour le traitement, des eazu. *Zeit. für Gas und Wasserfach*, 91, 14, 172 (1950).
18. *Minenko, V. J.* og *Petrov, S. M.*: Physio-chemical principles of magnetic water treatment. *Teploenegtika* 9, 9, 63 (1962).
19. *Klassen, V. J.*: Om muligheten til å forandre de teknologiske egenskaper av vann og vanddige systemer ved hjelp av magnetiske felter. *Isvetnaja metallurgija* no. 5, 1967.
20. *Klassen, V. J.*: Fragen der Theorie und der Praxis der magnetischen Behandlung von Wasser und wässrigen Systemer. Verlag Zvetmetinformacija Moskva 1971.
21. *Genin, G.*: Le traitement des eazu par champs magnétique. *Chaleur et Industrie* 42, No 435, 291 (1961).
22. *Kittner, M.*: Zur Situation der magnetischen Wasseraufbereitung. *Wasserwirtschaft* 46, 3, 104 (1966).
23. *Kitner, H.*: Magnetische Wasseraufbereitung. *Neue Hütte* 15, 12, 726 (1970).
24. *O. Thome*: Magnetbehandling av fødevann for å hindre kjelesten. *Skip* 5 (1971).
25. *Hoff, H. K.*: Permanentmagnet anvendt for å hindre kalkstensbelegg i rørledninger som transporterer kalksuspensjon. *Vann* 4, 278 (1973).
26. *Anonym*: Magnetische Wasseraufbereitung zur Stein- und Korrosion verhütung. *Wasser Luft und Betrieb* 5, 276 (1964).
27. *OV*: Utrolige Fosdalen! *Bergverks-Nytt* 5, 7 (1974).
28. *Klassen, V. J.* og *Sjerbakova, S. V.*: Forbedring av vannets teknologiske egenskaper ved hjelp av magnetisk felt. I. *Gorni Journal* nr. 5, 58 (1965).
29. *Klassen, V. J.* og *Zinovjev, J. Z.*: Innflytelse på suspensjonenes holdbarhet med magnetbehandlet vann. *Kollodnyj Journal* nr. 4 1967.
30. *Trenovskij, G. T.*, *Couturija, G. V.*, *Klassen V. J.* og *Golger, J. J.*: Erfaringer med magnetisering av pulp for flotasjon. *Isvetnie Metally* nr. 4 1967.
31. *Klassen, V. J.*: Intensivierung Chemischer Verfahrensvorgänge durch magnetische Behandlung wässriger Systeme. *Chimiceskaja promyslennost* 1, 49 (1974).
32. *Kristiansen, H.*: Om naturlig vanns aggressivitet og forskjellige metoder til bestemmelse av vannets aggressive egenskaper. *Vatten* 4, 439 (1969).
33. Privat meddelelse.
34. *Kristiansen, H.*: The Calcium concentration at different temperatures as a function of the pH for water in a carbonat equilibrium. (Under trykking).