

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

B l i n d e r n

0-19/73

UNDERSØKELSE AV VIRKNINGEN AV MAGNETISK VANNBEHANDLING

BELEGG I DAMPKJELER, I.C. PIENE & SØN A/S

Saksbehandler: Cand.real. Hans Kristiansen

Rapporten avsluttet: 20. september 1973.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	3
1. INNLEDNING	4
2. PRØVETAKING	5
3. ANALYSERESULTATER	5
4. DISKUSJON AV RESULTATENE	6
5. KONKLUSJON	8

TABELLFORTEGNELSE

1. Analysedata for kjelevann	9
2. Analysedata for utblåsningsvann	10
3. Analysedata av vann fra matevannstank	10
4. Resultater av analyse av kjelebelegg.	11

FIGUR

Kalsiuminnholdet i kjele- og utblåsningsvannet som funksjon av tiden	12
--	----

FORORD

Norsk institutt for vannforskning har fått i oppdrag av firmaet Olaf Fjeldsend A/S, Haugesund å foreta en undersøkelse av hvilken forandring som skjer med vannets egenskaper etter at det har passert magnetfeltet i en "Polar Magnetic Water Contitioner". Oppdraget omfatter også undersøkelser av beleggdannelse i dampkjeler.

Denne rapport er første del av en kjemisk undersøkelse av vannet i en Halvorsen røkrørskjel hos firmaet I.C. Piene & Søn, A/S, Buvika, etter at kjemikalietilsetninger til matevannet er stanset og magnet på matevannsledningen montert.

Blindern, 19. september 1973.

Hans Kristiansen

1. INNLEDNING

Firmaet I.C. Piene & Søn A/S har en røkrør-kjele av Halvorsen typen til produksjon av damp. Anlegget leverer 2000 kg damp pr. time med et driftstrykk på 10 kg pr. m². Dette tilsvarer en temperatur i kjelen på ca. 180°C. Kjelen mates av en blanding av kondensat og vann fra ledningsnettet. Omkring halvparten av den produserte damp går tilbake til matevannstanken i form av kondensvann. Resten etterfylles fra ledningsnettet. Da dampen som forlater kjelen inneholder meget lite salter, vil konsentrasjonen av salter i kjelevannet øke med driftstiden avhengig av springvannets kjemiske sammensetning.

Når innholdet av oppløste salter i kjelevannet øker, vil konsentrasjonen snart bli så høy at metningskonsentrasjon for de ulike salter overskrides og man får belegg på kjelens heteflater av utfelte salter fra vannet. For å hindre slik belegg-dannelse tilsettes matevannet kjemikalier. Konsentrasjonen av salter i kjelevannet blir også holdt under en viss grense ved at en del av kjelevannet tappes ut og erstattes med matevann. Ved denne avblåsningen vil også slam fra bunnen av kjelen blåse ut.

Matevannet til dampkjelen er blitt tilsatt kjemikalier etter anvisning fra Norsk Dampkjeleforening som også har utført kontroll med vannbehandlingen. Siste kontroll ble foretatt 20. november 1972 og i rapporten blir det gitt uttrykk for at behandlingen er utført tilfredsstillende.

I begynnelsen av juni 1973 ble dampkjeleanlegget satt ut av drift, og den 10. juni ble kjelen inspisert innvendig. Det ble da observert belegg på kjelens heteflater og ansamlinger av slam på bunnen.

Erfaringer, særlig fra handelsflåten, har vist at man ikke får utfelt belegg fra vann som inneholder salter, når dette først har passert et tilstrekkelig sterkt magnetfelt. Tidligere utfelt belegg har vist seg å gå i oppløsning igjen etter at en slik magnet er blitt installert. Under nevnte driftsstans ble firmaet av salgskonsulent Eilert Sundt anbefalt å installere en magnet. Dette ble gjort og virkningen skulle kontrolleres med regelmessige prøver for analyse av kjelevannet.

2. PRØVETAKING

Under inspeksjonen 10. juni og før kjelen ble tømt ble det tatt prøver av kjelevannet og av vannet i fødevannstanken. Etter oppfylling av kjelen, men før oppstarting ble det tatt prøver av kjelevannet og utblåsningsvannet. Samme prøver ble tatt etter 2 dagers drift. Videre ble det tatt prøver etter at kjelen har vært i drift 1, 2, 3, 4 og 6 uker.

Etter 6 ukers drift ble kjeleanlegget igjen stanset og kjelen tømt for inspeksjon. Det var fortsatt belegg på kjelens heteflater. Prøver av belegget i kjelen ble tatt ved begge inspeksjoner.

3. ANALYSERESULTATER

Resultatene av analyse av kjelevann er ført opp i tabell 1, av utblåsningsvann i tabell 2 og av matevannstanken i tabell 3. Det ble foretatt en analyse av de viktigste komponentene i belegget fra kjelen. Resultatene er ført opp i tabell 4.

Analysedata for råvannet er vist i følgende tabell:

pH		7,6
Spesifikk elektrolytisk ledningsevne	µS/cm	102,0
Alkalitet	ml N HCl/l	0,9
Permanganattall	mg KMnO ₄ /l	10,3
Silisium	mg Si/l	1,6
Fosfat, total	mg P ₂ O ₅ /l	0,009
Klorid	mg Cl/l	7,0
Kalsium	mg Ca/l	15,8
Magnesium	mg Mg/l	1,80
Natrium	mg Na/l	4,24

4. DISKUSJON AV RESULTATENE

For analysen av beleggprøvene skyldes glødetapet ved 600°C i det vesentlig organisk stoff og kjemisk bundet vann og glødetapet ved 1000°C skyldes tap av karbondioksyd på grunn av spalting av karbonater. Nå var prøve nr. 2 våt og den reagerte alkalisk da vi mottok den. Prøven kan derfor ha tatt opp karbondioksyd i tiden fra dampkjelen ble tømt og til vi fikk den for analyse, hydroksyder kan ha gått over til karbonat. Verdien for glødetapet ved 1000°C som vi har funnet kan derfor være for høyt. Den syreuløselige del inkluderer også kiseltsyre.

Som det fremgår av analyseresultatene består belegget i det vesentlige av fosfater og da særlig kalsiumfosfat.

Løseligheten for kalsiumkarbonat i vann er både avhengig av pH-verdien og temperaturen. Ved 0°C har kalsium konsentrasjonen som funksjon av pH-verdien et minimum ved $\text{pH} = 10,8$. Ved 100°C har dette minimumet forskjøvet seg til $\text{pH} = 8,9$. For kjelevannets temperatur (180°C) foreligger det ikke data til utregning av pH-minimumet. Tidligere ble matevannet tilsatt kjemikalier for å få høy pH-verdi på kjelevannet. Kalsiumkarbonat var derfor lett løselig og det ble ikke utfelt som belegg. Etter at polarisatoren ble montert er det ikke blitt tilsatt kjemikalier til matevannet, men fortsatt har kjelevannet hatt høy pH-verdi (se tabell). Kjelevannets og utblåsningsvannets ledningsevne og kalsiuminnhold har øket under prøvetakingstiden. De siste analysene viser noe avvikende verdier. Kjelevannet må ha blitt vesentlig fortynnet før prøvene ble tatt.

Kalsiuminnholdet i kjele- og utblåsningsvannet som funksjon av tiden er fremstilt grafisk på figuren. Av kurvene ser man at kalsiuminnholdet har stabilisert seg noe etter andre prøvetakingsuke.

Økingen av kalsiuminnholdet kan både skyldes belegg som har gått i oppløsning og en oppkonsentrering på grunn av at matevannet har høyere kalsiuminnhold enn dampen. Magnesiuminnholdet i kjelevannet er lavt og skyldes at magnesiumhydroksyd, ved den pH-verdi vannet har, er tungt løselig. Råvannet har et magnesiuminnhold på $1,80 \text{ mg Mg/l}$. Det betyr at magnesium felles ut som

hydroksyd på bunnen av kjelen og føres ut med utblåsningsvannet. Dette vannet har også høyere magnesiuminnhold enn kjelevannet. Silisiuminnholdet var høyt i den første prøven etter start og har siden holdt seg på en forholdsvis konstant verdi. Permanganattallet har fra start vært jevnt stigende.

Både for silisiuminnholdet og permanganattallet er analyseresultatene ujevne for utblåsningsvannet enn for kjelevann. Dette skyldes at utblåsningsvannet har en mindre homogen sammensetning på grunn av slam.

For alkaliteten er oppgitt to verdier, en p-verdi og en m-verdi. p-verdien er den mengde syre som forbrukes ved titrering til omslag med fenolftalein (pH = 8,3) og m-verdi til omslag med metyl-orange (pH = 4,5). De oppgitte resultater for alkalitet kan være noe usikre, idet alkaliteten må bestemmes umiddelbart etter at prøven er tatt og vannet avkjølt. For disse prøver har det til dels gått lang tid mellom prøvetaking og analyse.

Som diskusjonsgrunnlag for resultatene kan man se på middelverdiene for prøvene av kjelevannet tatt 2., 3., og 4. uke etter start.

Den totale hårdhet i tyske grader er i middel 9,7, p-alkalitet (p) = 2,3, m-alkalitet (m) = 3,6. Når $2p > m$ må vannet inneholde hydroksyder. $m \cdot 2,8$ gir total hårdhet i tyske grader: $3,6 \cdot 2,8 = 10,1$. Da denne verdi er større enn bestemt total hårdhet, må vannet inneholde både natrium- og kalsiumhydroksyd. $2p \div m$ er hydroksydinnholdet i ekvivalenter. Her er $2 \cdot 2,3 - 3,6 = 1$. Dette tilsvarer 40 mg NaOH/l eller 37 mg Ca(OH)₂/l.

Karbonatinnholdet i ekvivalenter fåes av uttrykket: $2(m-p)$ som her er $2(3,6 - 2,3) = 2,6$. Dette multiplisert med ekvivalentvekten for kalsiumkarbonat gir 130 mg CaCO₃/l.

Før tømningen hadde kjelevannet høyt fosfatinnhold fordi vannet ble tilsatt fosfater. Matevannet hadde lavt fosfatinnhold (tabell 3). Fosfatinnholdet i prøven av kjelevannet ved start må derfor skyldes rester i kjelen etter fosfattilsetningen. Fosfatinnholdet i resten av prøven skyldes oppløsning av fosfatbelegg fra kjelens heteflater.

Kjelevannet hadde høye kloridinnhold. De fleste klorider er lett løselig i vann. Kloridinnholdet skulle derfor ikke øke når kjelestein går i oppløsning. I forhold til råvannets kloridinnhold skulle kloridinnholdet i kjelevannet ikke overstige 70 mg Cl/l. Når kloridinnholdet er høyere enn det, må det bli tilført kloridholdige forurensninger.

5. KONKLUSJON

Etter at dosering av kjemikalier til matevannet er stoppet, har belegg fra kjelens heteflater begynt å gå i oppløsning. I undersøkelsestiden har kjelevannets pH-verdi vært for høy til at det er blitt dannet kjelestein av kalsiumkarbonat. Det er usikkert om den høye pH-verdien skyldes oppløsning av basisk belegg eller magnetfeltets virkning på vannet. For å klargjøre det vil undersøkelsene fortsette.

Tabell 1. Analysedata for kjelevann.

Prøver tatt dato	pH	Spes.el. ledn.evne µS/cm	Kalsium mg Ca/l	Magnesium mg Mg/l	Silisium mg SiO ₂ /l	Perm.tall mg KMnO ₄ /l	Alkalitet ml N HCl/l		Fosfat mg P ₂ O ₅ /l	Klorid mg Cl/l
							p-verdi	m-verdi		
før tømning	11,5	980	1,1	0,09	18,0	84,0	3,8	4,6	10,800	72,0
ved start	10,7	480	9,7	0,88	6,1	10,9	0,4	0,8	13,500	36
etter 2 dager	10,9	290	9,3	0,08	1,2	16,5	0,8	1,0	0,050	
" 1 uke	11,2	515	25,8	0,08	1,7	24,9	1,1	1,8	0,090	
" 2 uker	11,4	900	58,5	0,05	1,0	37,8	2,5	2,7	0,010	106
" 3 "	11,2	920	64,7	0,10	1,3	48,7	1,9	2,2	0,090	
" 4 "	11,4	1100	83,0	0,20	1,1	56,9	2,5	2,8	0,050	174
" 6 "	11,1	665	53,3	0,10	1,7	51,2			0,065	128

Prøven tatt dato	pH	Spes. el. ledn. evne µS/cm	Kalsium mg Ca/l	Magnesium mg Mg/l	Silisium mg SiO ₂ /l	Perm. tall mg KMnO ₄ /l	Alkalitet ml N HCl/l		Fosfat mg P ₂ O ₅ /l	Klorid mg Cl/l
							p-verdi	m-verdi		
ved start	10,7	480	2,8	0,25	8,0	9,7	4,1	7,6	2,8	
etter 2 dager	11,0	203	11,0	0,11	1,3	20,2	0,9	1,1	0,23	42
" 1 uke	11,1	568	27,7	0,14	3,0	31,5	0,9	1,5	0,48	
" 2 uker	11,4	1030	66,6	0,06	1,5	48,6	2,9	3,1	0,028	122
" 3 "	11,3	1400	76,0	0,16	1,2	56,8	2,6	2,2	0,17	152
" 4 "	11,4	1260	84,0	0,18	2,2	88,4	2,8	3,1	0,126	
" 6 "	11,1	750	46,0	0,16	2,2	56,0			0,069	158

Tabell 3. Analysedata av vann fra matevannstank.

Prøven tatt dato	pH	Spes. el. ledn. evne µS/cm	Kalsium mg Ca/l	Magnesium mg Mg/l	Silisium mg SiO ₂ /l	Perm. tall mg KMnO ₄ /l	Alkalitet ml N HCl/l		Fosfat mg P ₂ O ₅ /l	Klorid mg Cl/l
							p-verdi	m-verdi		
før tømning	7,0	12,0	0,73	0,09	0,2	11,2	0	0,08	0,032	0,6

Tabell 4. Resultater av analyse av kjelebelegg. Prøve 1 tatt ved inspeksjon 10. juni, prøve 2, tatt ved inspeksjon 10. august.

	1	2
Innveid, tørret 105 °C	510,0 mg	501,1 mg
glødet 600 °C	492,8 "	487,4 "
glødetap	17,2 "	13,7 "
" %	3,4	2,7
glødet 1000 °C	480,4 mg	455,0 mg
glødetap	12,4 "	31,4 "
" %	2,6	6,9
Uløselig i syre	25,2 mg	19,2 mg
% uløselig	5,2	4,2
Løselig i syre:		
fosfor	P_2O_5 176,0 mg	162,0 mg
kalsium	CaO 118,0 "	111,5 "
magnesium	MgO 27,8 "	29,5 "
jern	Fe_2O_3 6,3 "	12,2 "
mangan	MnO_2 4,7 "	0,8 "
aluminium	Al_2O_3 1,2 "	0,9 "

Kalsiuminnholdet i kjele- og utblåsingvannet som funksjon av tiden

