

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN - OSLO

O - 222

INNVENDIG KORROSJON PÅ BETONGRØR
VED SKEDSMO VANNVERK, LILLESTRØM

Saksbehandler: Cand.real. Hans Kristiansen
Rapporten avsluttet: August 1967

I N N H O L D:

	Side:
I. INNLEDNING	3
II. PROBLEMSTILLING OG MÅLSETTING	3
III. RÅVANNSKILDE	4
IV. VANNVERKET	4
V. HOVEDLEDNING MED HØYDEBASSENG	5
VI. PRØVETAKINGS- OG ANALYSEPROGRAM	5
VII. RESULTATER	6
VIII. BEREGNING AV KORROSJONSHASTIGHETEN	6
IX. KONKLUSJON	7

T A B E L L E R:

1. Analysemetoder, enheter, litteratur	8
2. Analysedata av vannprøver fra Skedsmo vannverks hovedledning	9

F I G U R E R:

1. Vannets hårdhet ved stasjon 2, 3 og 4 som funksjon av tiden.	13
---	----

I. INNLEDNING

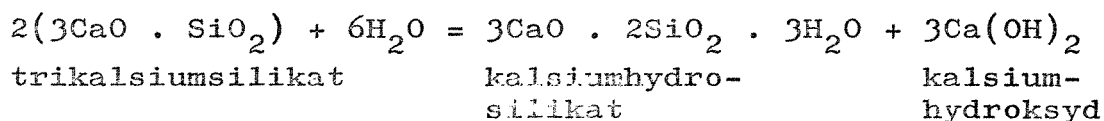
Bløtt vann virker oppløsende på betong. For betongrør kan vannets oppløsende innvirkning beregnes ut fra analyser av det vann som har passert røret. Skedsmo vannverk har hovedledning av betong fra vannverket ved Nordbysjøen til Lillestrøm. For å skaffe erfaringer om hvordan norske vanntyper innvirker på betongrør, ble det i brev av 17. august 1964 foreslått et undersøkelsesprogram for regelmessig prøvetaking av vann fra betongledningen. I forståelse med ingeniørvesenet i Skedsmo kom prøvetakingen i gang allerede fra januar 1964. Det ble foreslått at undersøkelsene skulle gjennomføres over en periode på 3 år.

I 1964 og 1965 ble det regelmessig tatt prøver hver måned. I 1966 ble det bare tatt prøver første halvdel av året. Det er dessuten blitt tatt en prøveserie i mai og en i juni 1967.

Rapporten omhandler resultatene av disse undersøkelser.

II. PROBLEMSTILLING OG MÅLSETTING

Hovedkomponenten i sement er trikalsiumsilikat som under herdningen reagerer med vann etter likningen:



Reaksjonene går ikke kvantitativt mot høyre, men innstiller seg på en likevekt. Dersom vannet løser ut den frie kalk forskyves likevekten mot høyre, men samtidig vil noe av det dannede kalsiumhydroksilikat reagere videre til andre forbindelser.

På denne måten vil sementlimet vaskes ut og betongen etter hvert nedbrytes. Hvor hurtig nedbrytningen foregår avhenger i første rekke av hvor tett den er, det vil si i hvilken grad vannet kan trenge inn i porene på betongen. Samtidig vil det foregå reaksjoner på overflaten som kan hindre en nedbrytning. Kalsiumhydroksyd reagerer med karbondioksydinnholdet i vannet og danner det tyngre oppløselige kalsiumkarbonat som vil utfelles og tette porene. Dessuten får vi på overflaten en beleggdannelse som vil bestå av oppløselige silisiumforbindelser fra sementlimet og utfelte jernholdige humusstoffer fra vannet.

De stoffer som utløses fra betongen vil påvirke vannkvaliteten først og fremst ved at dets pH, elektrolytisk ledningsevne og kalsiuminnhold vil øke.

I vanlig betong kan vi si at det bare er sementen som er oppløselig i vann. Sementen inneholder ca. 63% CaO og ca. 21% SiO₂, og all kalsium som utlutes fra betongen vil være oppløst i vannet. Ut fra den økning i kalsiuminnhold en bestemt vannmengde får ved å passere en bestemt rørledning, kan man beregne hvor meget av betongen som ødelegges pr. tidsenhet. Silikatene blir igjen på rørveggen og vil på lang sikt virke korrosjonsbeskyttende.

Hensikten med undersøkelsene er å finne ut hvordan bløtt vann virker på betongrør, og ut fra analysedata komme frem til i hvor stor grad rørmaterialet nedbrytes med tiden.

III. RÅVANNSKILDE

Skedsmo vannverk får vann fra Nordbysjøen. En undersøkelse av Nordbysjøen er tidligere utført av NIVA, og resultatene er oppført i rapport 0-222 av desember 1961. De kjemiske forhold i innsjøen fra disse undersøkelser fremgår av følgende tabell.

Komponenter	Middelverdier	Variasjonsbredde
Surhetsgrad, pH	6,0	6,4 - 5,7
El.ledn.evne, $\kappa_{20} \cdot 10^6$	28,1	30,8 - 24,1
Farge, mg Pt/1	39	48 - 24
Turbiditet, mg SiO ₂ /1	0,8	1,8 - 0,4
Permanganattall, mg O/1	5,8	7,3 - 4,5
Hårdhet, mg CaO/1	5,7	6,0 - 5,3
Jern, mg Fe/1	0,15	0,60 - < 0,10
Mangan, mg Mn/1	< 0,03	0,09 - 0

Senere er innsjøen delvis blitt demmet opp.

IV. VANNVERKET

Vannverket er bygget i demningen ved Nordbysjøen. Vannet blir behandlet med ozon, men før ozoneringen passerer det et mikrosilanlegg. Mikrosilene var i drift fra undersøkelsene begynte, men ozonanlegget kom først i drift fra mai 1965.

Ozoneringen fører til en senkning av vannets pH-verdi. For å nøytralisere den dannede syre blir vannet tilsatt hydratkalk. Kalkanlegget, som er et tørrdoseringsanlegg, kom i drift fra juli 1965.

Vannverket er bygget for en kapasitet på 11.000 m³/døgn.

V. HOVEDLEDNING MED HØYDEBASSENG

Fra vannverket graviterer vannet i en betongledning av typen "Bonna" til to høydebasseng. Røret er 10.800 m langt, og dets diameter er 500 mm. Røret har ingen indre overflatebehandling. Høydebassengene er i betong og har en kapasitet hver på 2.500 m³.

Fra høydebassengene graviterer vannet videre til Lillestrøm i en betongledning også av typen "Bonna". Dette røret er 1.300 m langt, diameter: 600 mm og har heller ingen innvendig overflatebehandling.

VI. PRØVETAKINGS- OG ANALYSEPROGRAM

Opprinnelig (brev av 17. august 1964) ble det foreslått prøvetaking følgende steder:

- Stasjon 1, Nordbysjøen, råvann
- " 2, Silkum, mikrosilt og ozonert vann
- " 3, Høydebasseng, innledningsvann
- " 4, Gullaug fabrikk.

Fra stasjon 1 ble det, for å kontrollere virkningen av oppdemningen, bare tatt prøver den første tiden av forsøksperioden. På stasjon 2 ble det bare tatt mikrosilt vann fra Nordbysjøen. Ozonert vann, før det gikk ut på nettet, ble tatt fra egen stasjon i vannverket, stasjon 5. Vannprøver fra enden av betongledningen ble tatt på stasjon 4. Vannprøvene er blitt tatt av instituttets folk og alle på samme tidspunkt. Praksis om at prøvene skal tas samme sted i vannmassen ettersom den beveger seg nedover i røret ble derfor ikke fulgt.

Vannprøvene ble analysert på følgende komponenter:

Surhetsgrad
 Spesifikk elektrolytisk ledningsevne
 Farge
 Turbiditet
 Alkalitet
 Hårdhet
 Silisium

På siste prøveserie er også kalsiuminnholdet bestemt. Tabell 1 gir en oversikt over analysemetoder med enheter og litteraturhenvisninger.

VII. RESULTATER

Enkeltresultatene for analysene er ført opp i tabell 2. Resultatene for hårdhetsbestemmelsene er også fremstilt grafisk på figuren, side 13. Vannets hårdhet ved stasjon 2, 3 og 4 er tegnet inn som funksjon av tiden.

Figuren viser hvordan kalkutløsningen fra ledningen har avtatt med driftstiden fra denne ble tatt i bruk.

Fra august 1965 økte vannets ioneinnhold ved stasjon 3 og 4. Dette skyldes at vannverket begynte å alkalisere vannet ved tilsetning av hydratkalk. Av figuren ser vi at doseringen har vært noe ujevn, men fra vannverket får vi oppgitt at gjennomsnittlig er 1.000 kg hydratkalk blitt tilsatt i løpet av 5 - 6 uker. I samme tidsrom har vannforbruket i middel vært 8.380 m³/døgn. Vannet har dermed fått en økning i hårdhet som skyldes kalktilsetningen på mellom 2,6 og 2,2 mg CaO/l.

VIII. BEREGNING AV KORROSJONSHASTIGHETEN

Skal man beregne hvor mye kalsium som utlutes fra rørveggen pr. tidsenhet, må man ta hensyn til vannføringen i røret i samme tidsenhet. Første halvdel av 1964 var vannforbruket ca. 2.500 m³/døgn. Sommeren samme år steg forbruket til omkring 5.000 m³/døgn, og andre halvdel av 1965 steg det til ca. 8.000 m³/døgn. Etter den tid har forbruket vært jevnt stigende. Da de to prøveserier ble tatt i 1967 var forbruket ca. 8.700 m³/døgn.

Produktet av vannføringen pr. sekund prøvetakingsdagen og differansen i vannets hårdhet i mg CaO/l mellom stasjonene 2 og 4,

gir utløst kalk i mg/sek. Den midlere mengde utløst kalk i tiden før kalktilsetningen begynte, blir 162 mg CaO/sek. Dette svarer til at et 0,40 mm tykt betongskikt fra rørveggen tæres bort pr. år. Utfører man samme regneoperasjon for tidsrommet mens kalkingen pågikk, og trekker fra den kalkmengde som ble tilsatt (2,2 mg CaO/l), finner man at 0,15 mm av rørveggen tæres bort pr. år. Tallet må tas med forbehold idet vi ikke har helt sikre tall for kalktilsetningen.

De to prøveserier i 1967 ble tatt i tidsrom da vannet ikke ble tilsatt kalk og ozonanlegget var ute av drift. Utfører man samme regneoppgave med resultatene av hårdhetsbestemmelsene på disse prøver, finner man at tæringshastigheten er 0,37 mm pr. år, hvilket er i overensstemmelse med tæringshastigheten før tilsetting av hydratkalk.

Størrelser til grunn for utregningene:

Rørlengde: 10.800 m og 1.300 m
 Diameter henholdsvis: 500 mm og 600 mm
 Indre rørflate, total: 19.405 m²
 CaO-innhold i rørmateriale: 30%
 Spesifikk vekt for betong: 2 kg/dm³

IX. KONKLUSJON

1. Kalkutløsningen fra rørveggen er relativt høy.
2. Undersøkelsene tyder på at kalkutløsningen avtar meget langsomt med driftstiden, men observasjonstiden er for kort til å kunne si noe sikkert om dette.
3. Kalktilsetningen til vannet ser ut til å ha en gunstig virkning på utløsningen fra rørmaterialet, og en økning av kalktilsetningen anbefales.
4. For kontroll av kalktilsetningens virkning anbefales fortsatt prøvetaking.

Tabell 1

Analysemetoder, enheter, litteratur

Komponent	Metode	Enhet	Litteratur
Surhetsgrad	Glasselektrode, radiometer	pH	
Spes. el. ledn. evne	Phillips ledningsevne-måleapparat	µS pr. cm	
Alkalitet	Titrering med N/100 HCl til pH 4,0 med glasselektrode	ml N/100 HCl/l	Deutsche Einheitsverfahren 1957
Hårdhet	Kompleksiometrisk titrering med EDTA	mg CaO/l	Deutsche Einheitsverfahren 1957
Farge	Fotometrisk på EEL filterfotometer mot standard Pt-klorid oppløsning	mg Pt/l	
Turbiditet	Fotometrisk på Sigris filterfotometer mot standard SiO ₂ -suspensjon	mg SiO ₂ /l	
Silisium	Spektrofotometrisk	mg SiO ₂ /l	Standard Methods 1960
Kalsium	Atomabsorpsjonsspektrofotometrisk	mg Ca/l	NIVA-forskrift

Tabell 2

Analysedata av vannprøver fra Skedsmo vannverks hovedledning

Dato	Stasjon	pH	El.ledn.ev.	Farge	Turb.	Hårdhet	Alk.	SiO ₂
9/1-64	1	6,2	24,8	27		5,5	1,7	2,6
	2	6,3	28,8	51		6,0	2,2	
	3	8,7	45,1	55		12,6	4,1	
	4	9,2	54,0	57		13,0		3,3
24/2	1	6,4	32,1	47	1,1	6,1	1,9	2,6
	2	6,1	39,8	49	1,8	5,4	1,9	2,8
	3	7,0	61,0	66	3,2	13,2	4,3	3,1
	4	7,3	60,5	48	1,5	15,5	4,4	3,1
9/4	1	6,3	28,3	47		5,5	1,9	2,8
	2	6,4	32,2	112		8,0	2,5	2,8
	3	6,8	45,2	51		12,0	3,7	3,4
	4	7,0	50,5	48		14,2	4,3	3,5
14/5	1	6,1	28,2	45	2,0	6,0	1,6	2,6
	3	7,2	43,0	138	6,0	11,1	3,7	3,9
	4	7,7	43,0	40,0	0,9	10,9	3,5	3,7
12/6	1	5,9	28,1	15,2 [⊗])	0,7	5,4		
	2	6,0	27,7	36,2	0,7	5,7	1,7	2,8
	3	7,1	41,2	36,2	0,6	10,2	3,3	3,6
	4	7,3	42,2	36,2	0,8	10,4	3,4	3,6
16/7	2	6,3	34,4	35	0,7	5,8	2,5	2,8
	3	7,3	58,0	33	0,7	11,4	4,2	3,4
	4	7,4	60,2	33	0,7	12,1	4,6	3,7
13/8	2	6,1	29,1	38	0,7	5,2	1,9	2,0
	3	6,9	43,5	39	0,6	10,7	3,6	3,1
	4	7,0	46,0	36	0,7	11,1	3,9	3,2
17/9	2	7,2	27,5	46	1,0	5,8	1,7	1,3
	3	9,4	57,5	53	1,0	14,7	4,8	3,0

⊗) pH ble hevet til ca. 8, farge 26.

Tabell 2 (forts.)

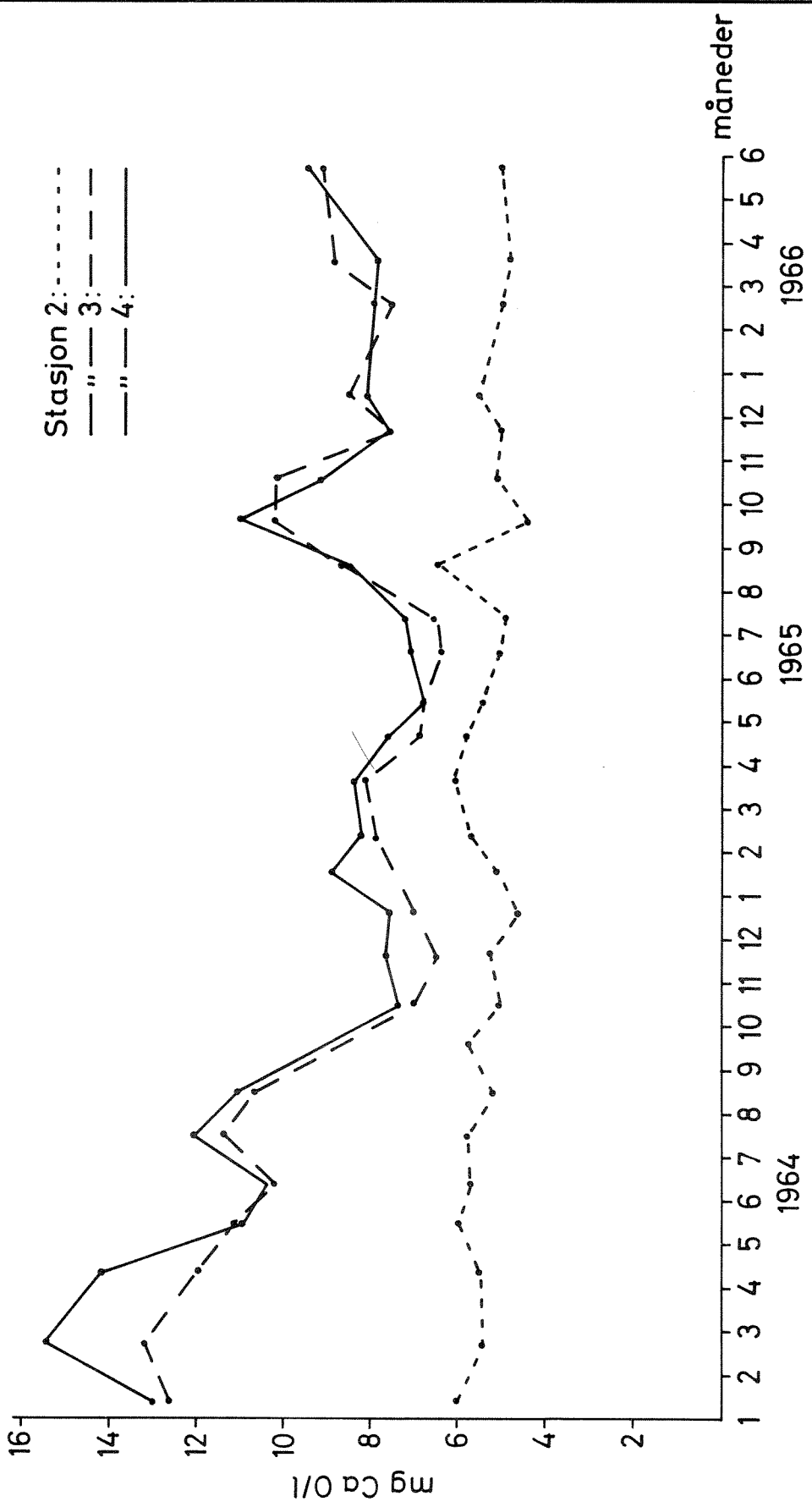
Dato	Stasjon	pH	El.ledn.ev.	Farge	Turb.	Hårdhet	Alk.	SiO ₂
16/10-64	1	6,5	26,8	47	1,0	5,0	1,9	1,8
	2	6,3	26,5	48	1,0	5,0	1,9	1,8
	3	6,9	31,0	49	0,9	7,0	2,3	2,1
	4	7,0	33,0	47	1,0	7,4	2,6	2,1
19/11	1	6,3	30,5	57	1,2	5,3	1,8	
	3	6,9	27,3	55	1,3	6,5	2,3	
	4	7,0	31,5	55	2,1	7,7	2,4	
17/12	1	6,3	27,0	49	1,0	4,6	2,0	2,4
	2	6,1	27,0	49	0,9	5,2	1,9	2,6
	3	6,6	30,3	50	1,0	7,0	2,4	2,5
	4	6,7	34,9	49	1,0	7,6	2,6	2,8
14/1-65	2	6,1	32,3	50	1,0	5,1	2,0	2,5
	3	6,7	41,9	49	1,0	10,8	3,1	3,1
	4	6,8	43,1	49	1,4	8,9	3,0	2,8
11/2	2	5,8	27,8	48	0,9	5,7	1,5	2,1
	3	6,4	32,8	48	1,0	7,9	2,1	1,8
	4	6,6	35,5	48	1,0	8,2	2,3	2,2
18/3	2	6,0	27,8	44	0,6	6,1	1,7	2,3
	3	6,5	34,1	43	0,6	8,1	2,5	2,5
	4	6,5	35,1	44	0,6	8,4	2,6	2,6
22/4	2	5,9	28,5	46	0,7	5,8	1,8	3,2
	3	6,3	32,0	42	0,7	6,9	2,3	3,2
	4	6,5	34,1	45	0,8	7,6	2,5	3,2
13/5	2	6,0	26,8	42		5,4		1,2
	3	6,3	30,0	22		6,8		2,0
	4	6,3	30,9	21		6,8		2,0
	5							2,1

Tabell 2 (forts.)

Dato	Stasjon	pH	El.ledn.ev.	Farge	Turb.	Hårdhet	Alk.	SiO ₂
17/6-65	2	5,9	29,3	36	0,9	50	1,5	2,5
	3	6,2	30,4	26	1,1	6,4	1,9	2,8
	4	6,2	32,8	19	0,6	7,1	2,1	2,9
	5	5,8	29,8	17	0,6		1,4	2,7
8/7-65	2	6,2	27,2	30	0,2	4,9	1,9	2,4
	3	6,7	31,3	18	0,2	6,5	2,5	2,6
	4	7,1	32,5	16	0,2	7,2	2,8	2,9
	5	6,4	27,6	16	0,1	5,0	2,0	2,4
25/8	2	6,1	27,9	32	0,6	6,5	1,6	2,0
	3	6,5	32,9	14	0,4	8,6-8,9	2,1	2,6
	4	6,6	35,2	14	0,4	8,5	2,3	2,3
	5	6,0	28,6	17	0,6	4,7	1,3	2,3
23/9	2	6,3	25,6	37	0,8	4,4	1,8	1,9
	3	8,5	39,1	76	0,9	10,2	3,2	2,4
	4	7,8	38,1	40	1,2	11,0	3,1	2,3
	5	6,1	26,8	18	0,6	4,2	1,9	2,0
31/10	2	8,0	27,4	40	0,7	5,1	1,3	1,9
	3	9,2	43,2	44	1,5	10,2	1,3	2,3
	4	8,8	37,9	44	0,7	9,1	2,5	2,1
25/11	2	6,2	27,1	40	0,7	5,0	1,3	2,2
	3	6,8	32,0	24	0,8	7,5	1,8	2,3
	4	6,9	33,8	20	0,5	7,6	2,0	2,4
	5	5,9	28,6	20	0,8	5,0	1,2	2,2
16/12	2	6,7	28,9	41	0,6	5,5	1,4	2,2
	3	7,0	33,7	25	0,7	8,5	2,1	2,2
	4	7,1	35,2	23	0,8	8,1	2,2	2,2
	5	6,1	28,9	18	0,5	5,5	1,3	2,7
17/2-67	2	6,0	27,4	36	0,5	5,0	1,2	2,2
	3	6,6	33,0	17	0,5	7,5	1,8	2,3
	4			17	0,4	7,9	2,0	2,3
	5	5,8	28,5	16	0,4	5,2	1,0	2,2

Dato	Stasjon	pH	El.ledn.ev.	Farge	Turb.	Hårdhet	Alk.	SiO ₂
17/3-66	2	5,9	27,6	37	0,5	4,8	1,2	2,3
	3	6,7	37,1	20	0,6	8,8	2,2	2,4
	4	6,6	35,1	36	0,9	7,8	2,0	2,4
	5	5,6	28,5	16	0,4	4,9	1,0	2,3
26/5	2	5,9	26,0	43	0,9	5,0	0,7	2,6
	3	6,6	34,8	43	0,9	9,1	1,8	2,7
	4	6,8	36,1	41	1,0	9,4	1,8	2,6
25/5-67	2	5,9	23,8	27	1,1	2,9	1,4	
	3	6,3	26,0	27	0,8	3,7	1,6	
	4	6,3	27,2	25	1,4	3,9	1,7	
29/6	2	5,9	25,0			2,9		
	3	6,2	28,2			4,3		
	4	6,3	30,0			4,6		

I 1967 ble kalsium bestemt med atomabsorbsjonsspektrofotometer.



NORSK INSTITUTT FOR
 VANNFORSKNING
 BLINDERN

Hårdheten som funksjon av
 tiden ved stasjon 2, 3 og 4

O-222 3387