

0-
86092

1868

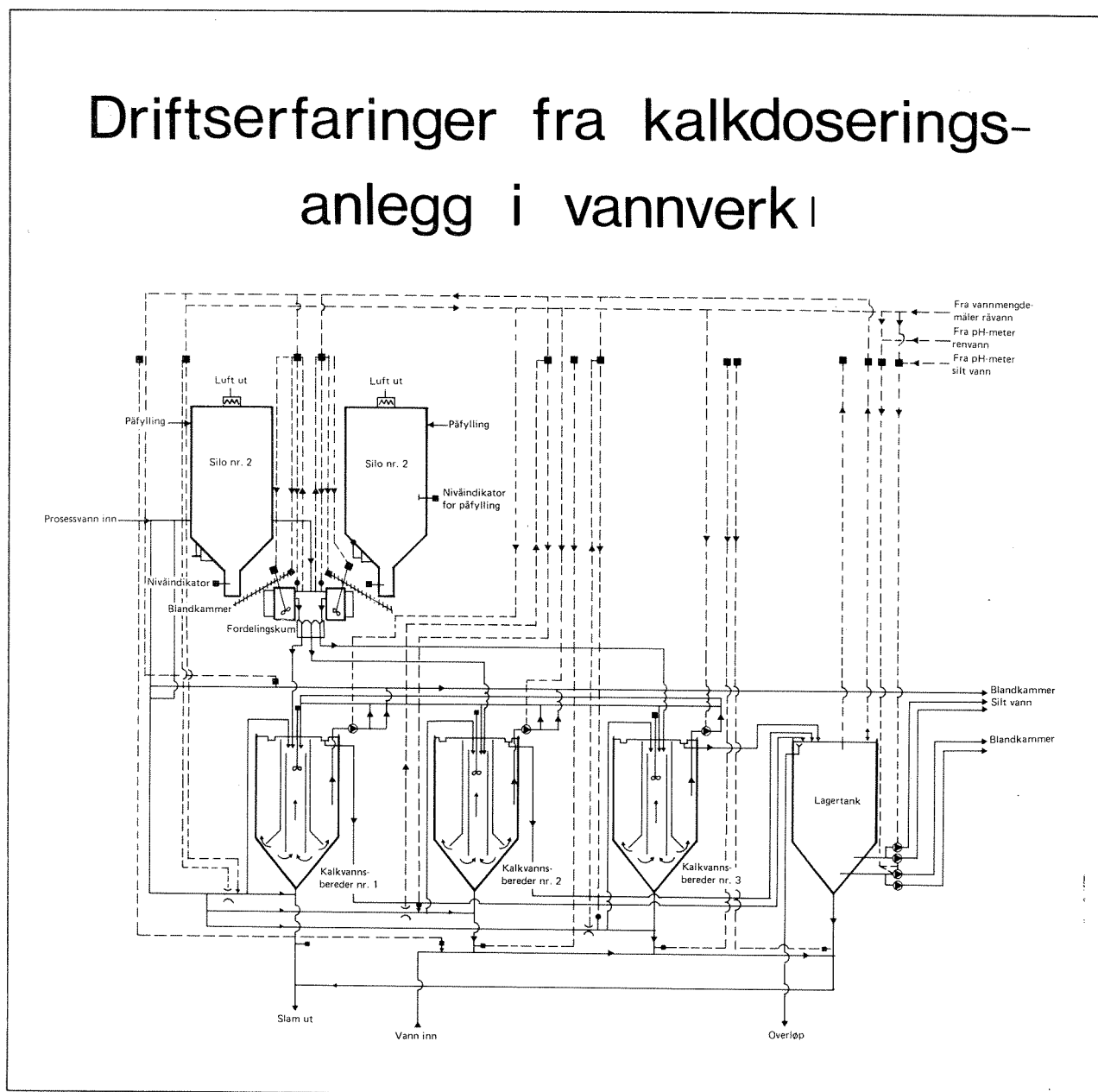
ARKIV
EKSEMPLAR



RAPPORT 9|86

0-86092

Driftserfaringer fra kalkdoserings- anlegg i vannverk



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	0-86092
Undernummer:	
Løpenummer:	1868
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Driftserfaringer fra kalkdoseringsanlegg i vannverk.	Dato: Juni 1986
	Prosjektnummer: 0-86092
Forfatter (e): Jens Arne Ohren	Faggruppe: VA-teknikk
	Geografisk område: Østlandet
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: NTNF, Norsk Hydro Industriegass og NIVA	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

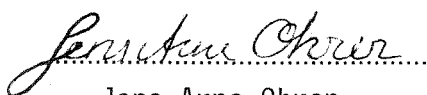
Ekstrakt:

Det er registrert driftserfaringer ved syv kalkdoseringsanlegg på vannverk. Anleggene har svært forskjellig prosess teknisk utforming. Driftserfaringene er sterkt knyttet til prosessutformingen og er også forskjellige for de enkelte anlegg.

4 emneord, norske:
1. Drikkevann
2. Vannbehandling
3. Kalkdoseringsanlegg
4. Driftserfaringer

4 emneord, engelske:
1. Drinking water
2. Water treatment
3. Limes dosing
4. Operation experience

Prosjektleder:

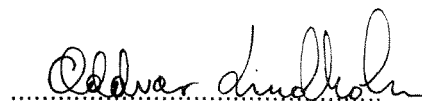


Jens Arne Ohren



Lasse Vråle

For administrasjonen:



Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1080-6

0-96092

DRIFTSERFARINGER FRA KALKDOSERINGSANLEGG

I VANNVERK

Oslo, juni 1986

Jens Arne Ohren

FORORD

I prosjektet "Nøytralisering av surt vann til settefiskoppdrett" var et delprosjekt innhenting av erfaringer fra bruk av kalk i vannverk. Siden dosering av kalk er såvidt problematisk og fungerer utilfredsstillende ved mange vannverk ble det besluttet å utgi resultatene fra delprosjektet i en egen VA-rapport.

Prosjektet er utført av Jens Arne Ohren ved NIVA. De besøkte vannverk har imidlertid bidratt med meget verdifull informasjon til prosjektet.

Jens Arne Ohren

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	<u>Side:</u>
FORORD	2
SAMMENDRAG	5
1. INNLEDNING	6
2. VANNVERK A	7
2.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging	7
2.2. Kalkdoseringsanlegget	7
2.3. Data fra kalkdoseringsanlegget	8
2.4. Driftserfaringer	8
3. VANNVERK B	10
3.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging	10
3.2. Kalkdoseringsanleggets oppbygging	10
3.3. Noen sentrale data fra kalkdoseringsanlegget	12
3.4. Driftserfaringer	12
4. VANNVERK C	14
4.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging	14
4.2. Kalkdoseringsanleggets oppbygging	14
4.3. Noen data fra kalkdoseringsanlegget	15
4.4. Driftserfaringer	15
5. VANNVERK D	17
5.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging	17
5.2. Kalkdoseringsanlegget	17
5.3. Noen data fra kalkanlegget	18
5.4. Driftserfaringer	18
6. VANNVERK E	20
6.1. Vannbehandlingsanlegget	20
6.2. Kalkdoseringsanleggets oppbygging	20
6.3. Noen data fra kalkdoseringsanlegget	21
6.4. Driftserfaringer	21

7.	VANNVERK F	23
7.1.	Vannbehandlingsanleggets oppbygging	23
7.2.	Kalkdoseringsanlegget	23
7.3.	Noen data fra kalkdoseringsanlegget	24
7.4.	Driftserfaringer	25
8.	VANNVERK G	27
8.1.	Oppbygging av vannbehandlingsanlegget	27
8.2.	Kalkdoseringsanlegget	27
8.2.1.	Noen data fra vannverket	29
8.3.	Tidligere kalkanlegg	29
8.4.	Nåværende kalkanlegg	30
8.5.	Drift ved nåværende kalkanlegg	30
9.	SAMLET VURDERING AV ANLEGGENE	32
9.1.	Kalksilo/kalklager	32
9.2.	Doseringsutrustning/blandkammer	33
9.3.	Kalkberedere og lagertank	34
9.4.	Doseringspumper/doseringsledninger	36
9.5.	Driftsinnsats	37
9.6.	Forbruk av kalk	37
10.	VIDERE ARBEID	39

SAMMENDRAG

I prosjektet er det samlet driftserfaringer ved dosering av kalk for pH-justering ved syv norske vannverk. Vannverkene er gjennomgått med beskrivelse og opptegning av flytskjema. I tillegg er driftserfaringene gjengitt. Anleggenes prosesstekniske oppbygging er svært forskjellige og det samme er tilfelle med driftserfaringene.

I kapittel 9 er det foretatt en samlet vurdering av enhetsprosessene. En tabell for forbruk og konsentrasjoner av kalk ved de ulike anlegg er gjengitt.

Hovedkonklusjon er at både hydratkalk og ulesket kalk i prinsippet er godt egnet for pH-justering av vann. For å unngå driftsproblemer bør det tas hensyn til en rekke forhold i prosjekteringen av anlegget. Noen av disse forhold er gjengitt i kapittel 9.

1. INNLEDNING

Flere vannverk har lang erfaring med bruk av kalk for justering av vannets surhetsgrad. Ved disse vannverkene tilsettes kalk for å oppnå optimal fellings-pH i fullrenseprosessen eller for økning av renvannets surhetsgrad til pH 8 - 8,5. I den senere tid er interessen økt for å heve vannets karbonatinnhold for å forlenge levetiden på ledninger av asbestsement, betong, støpejern m.v. Til dette formål benyttes kalk i tillegg til karbondioksyd.

Kalk har tradisjonelt vært et vanskelig kjemikalium å dosere. Av den grunn har flere vannverk gitt opp bruken av det eller unnlatt å ta det i bruk i det hele tatt. I forhold til alternative kjemikalier for justering av vannets surhetsgrad har imidlertid kalk flere fortrinn. Det er rimelig i bruk. Videre har kalsium en gunstig helse-effekt i motsetning til en del andre sammenlignbare kjemikalier.

For å samle eksisterende driftserfaringer med kalkdoseringsanlegg er 7 vannverk som benytter kalk gjennomgått. Disse er:

- Oppegård vannverk
- Askim vannverk
- Bærum vannverk
- Sør-Odal vannverk
- Porsgrunn vannverk
- Vestfold Interkommunale vannverk
- Vansjø vannverk

For denne undersøkelsen er navnene på de enkelte vannverk underordnet. Viktigere er sammenhengen mellom driftserfaringene ved de enkelte anlegg og prosessutforming. I det følgende er derfor vannverkene benevnt med bokstavene A - G og gjengitt i en annen rekkefølge enn ovenfor.

Ved noen vannverk fungerer kalkdoseringen tilfredsstillende, mens den ved andre fungerer dårlig. Årsaken til dette varierende resultat er forskjellig prosessutforming. Ved de besøkte vannverk er derfor anlegget nøye gjennomgått og prosessbeskrivelsen gitt en bred plass i rapporten. De refererte driftserfaringer baseres i hovedsak på opplysninger gitt av vannverkets personell.

2. VANNVERK A

2.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging

Råvannet tas fra et humusbelastet vann og gjennomgår mikrosiling og tilsettes ozon, klorgass, ammoniakk og hydratkalk. Renvannet ledes så videre til to renvannsbasseng.

2.2. Kalkdoseringsanleggets oppbygging

I vannbehandlingsanlegget benyttes hydratkalk for justering av renvannets surhetsgrad. Kalkdoseringsanlegget består av disse hovedenheter (se fig 1).

- tre siloer
- to kalkdoserere
- to innblandingskammere
- to kalkopløsningspumper

Hydratkalken lagres i to siloer av betong som fylles direkte fra tankbil. En tredje silo er bygget, men er ikke utstyrt med nødvendig doseringsutstyr og er ikke i drift. Siloene er kvadratiske med pyramidisk utformet bunn.

Begge siloene som er i drift er utstyrt med inspeksjonsluker og posefilter. For utmating av hydratkalken fra siloene benyttes Wallace & Tiernan tørrdoserere, proposjonalstyrt av surhetsgraden i renvannsbassenget. Blandkammerene for vann/hydratkalk er plassert umiddelbart under doseringsskruene og gir mulighet for fuktpåvirkning av kalken, særlig i siloens nedre del. Blandkammerene er forsynt med hurtigomrørere for å hindre og redusere sedimentering og beleggdannelse i kammerene.

Fra blandkammerene pumpes kalkopløsningen med monopumper direkte inn på hovedvannsledningene like før renvannsbassengene. Monopumpen fra silo/doserer nr. 2 er turtallsregulert, mens monopumpen fra system nr. 1 ikke har reguleringsmulighet av vannmengde.

Ledningen mellom monopumper og doseringspunkt har dimensjon 50 mm og er av fleksibel plast.

2.3. Data fra kalkdoseringsanlegget

De følgende data er delvis målinger utført på anlegget, anslag gjort under befaringen og oppgitte tall fra driftspersonell ved anlegget. Enkelte data kan variere noe over tid.

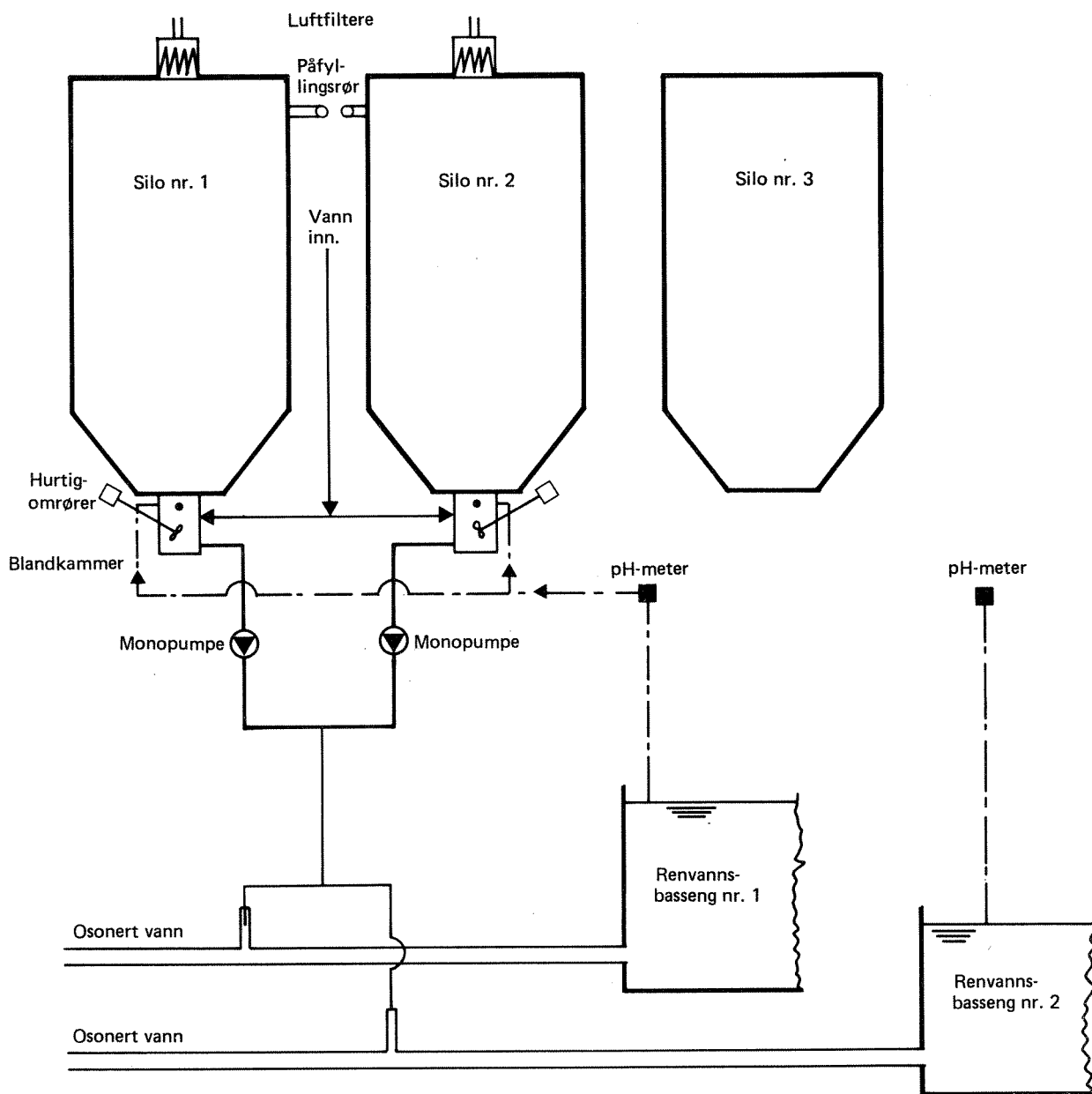
- Vannmengde gjennom vannbehandlingsanlegget:	2000 m ³ /h
- Dosert kalkmengde:	10 kg/h
- Vannmengde gjennom blandkammer:	0,9 m ³ /h
- Konsentrasjon av kalk i blandkammer:	11,1 kg/m ³
- Forbruk/dosering av kalk pr. produsert vannmengde:	5 g/m ³
- Surhetsgrad i råvann	6,2 - 6,4
- Surhetsgrad i renvann	7,0 - 7,4

2.4. Driftserfaringer

Anlegget har en del driftsproblemer som er:

- Under påfylling av kalk til siloene lekker noe kalkstøv ut gjennom inspeksjonslukene og posefilterene. Toritfilteret synes å ha størst lekkasje.
- I siloene forekommer kanal- og brodannelser som vanskeliggjør utmating av kalk. Platevibratorer er imidlertid innkjøpt og tenkes montert i nær framtid. Disse vil trolig redusere problemet.
- Plassering av blandkammerene like under siloens utmatingssone medfører økt fuktighet her og vanskeliggjør utmating av kalk og øker mulighet for tilstopping i doseringsskruene.
- Igjentetting av doseringsledningene forekom en del tidligere. En av monopumpene er imidlertid skiftet ut og kapasiteten øket fra ca. 150 l/h til ca. 900 l/h. Gjentettingsproblemet er derved betydelig redusert.

- Doseringssystemet er ikke bygget med beredere og lagertanker. Hydratkalken vil derfor utnytted dårlig. Videre vil uopløste bestanddeler i kalken sedimentere i renavnsbassengene og muligens i renavnsledningen. Kalkdosering etter denne metode vil i tillegg trolig øke renavnets turbiditet.



Figur 1. Flytskjema. Kalkdoseringsanlegg for vannverk A.

3. VANNVERK B

3.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging

Vannverket ble oppstartet våren 1985 med direktefiltrering som vannbehandling. Råvannet tas fra 12 eller 25 meters dyp i en betydelig forurenset innsjø og gjennomgår mikrosiling og tilsettes hydratkalk, kullsyre, polymér og aluminiumssulfat. Videre går vannet gjennom tremediafilter og aktivt kullfilter og tilsettes klorgass, ammoniakk og hydratkalk. Vannverket er teknisk meget avansert hvor en rekke funksjoner styres og overvåkes automatisk.

3.2. Kalkdoseringsanleggets oppbygging

I vannbehandlingsanlegget benyttes kalk både for justering av surhetsgrad i fellingstrinnet og i renvannet.

Kalkdoseringsanlegget består av følgende hovedkomponenter (se fig. 2).

- 2 stk. stålsiloer
- 2 stk. kalkdoserere
- 3 kalkberedere
- 1 lagertank
- 4 doseringspumper

Hydratkalk lagres i to innebygde stålsiloer hver med volum 50 m^3 som fylles direkte fra tankbil. Siloene er på toppen forsynt med posefiltre og overtrykksventil. En nivåindikator i siloens utmatingszone er forriglet til en slegge som automatisk trer i funksjon ved f.eks. brodannelser i siloen. Total tørrdoserer med åtte utmatingsskrue fordelt over hele utmatingsstverrsnittet fører kalken til en hoveddoseringskrue og videre til blandkammer hvor kalk blandes med vann. Blandkammerene er forsynt med hurtigomrørere, overløp og avløpsrør for akkumulert slam. Både kalkutmatingen og vanntilførselen styres av råvannmengdemåler og overstyres av nivået i lagertanken.

Fra de to blandkammerene graviteres kalkoppløsningen til en felles fordelingskasse av stål. Via tre V-overløp fordeles kalkoppløsningen videre til tre kalkvannsberedere av betong, hver med volum 140 m^3 .

Kalkvannsberederne er kvadratiske med pyramidisk utformet i bunn. To sylindere utenpå hverandre er montert vertikalt i sentrum av berederne. I innerste sylinder fører en hurtigomrører til en oppadrettet vannstrøm og en nedadrettet vannstrøm i ytre sylinder. I den ytterste del av berederen er vannstrømmen igjen oppadrettet. Kalkoppløsning og utblandingsvann tilføres berederen i indre sylinder. Etter passering gjennom indre og ytre sylinder trekkes kalkoppløsningen av via utløpsrenner og føres til en felles lagertank.

Vann tilføres også i bunnen av berederne. Denne vanntilførselen fører til en oppadrettet strøm i bunnen og reduserer sedimentering og forbedrer utnyttelsen av kalken. På befaringsdagen tilførtes utblandingsvann kun i bunnen av berederen.

Slam uttas fra bunnen av berederene.

Fra et uttak noe nede i ytre del av berederen kan kalkoppløsningen pumpes tilbake til indre sylinder i hver av berederne eller doseres til blandkammer før flokkulering. På befaringsdagen ble disse mulighetene ikke benyttet.

Lagertanken har samme utforming som berederen. Kalkoppløsningen fra hver av berederne tilføres tanken på toppen. Fra to separate uttak nær bunnen doseres kalkoppløsningen med monopumper til blandkammer før flokkulering og til blandkammer for filtrert vann. Begge doseringer styres av råvannmengdemåler. Dosering før koagulering overstyres i tillegg av surhetsgrad i flokkulert vann mens kalkdosering til renvannet overstyres av renvannets surhetsgrad.

Lagertanken er forsynt med overløp og uttak for slam i bunnen.

3.3. Noen sentrale data fra kalkdoseringsanlegget

- Vannbehandlingsanleggets dimensjonerende kapasitet:	45.000 m ³ /d
- Vannmengde gjennom vannbehandlingsanlegget:	1.050 m ³ /h
- Dosert kalkmengde til blandkammer nr. 1:	40,5 kg/h
- Tilført vannmengde til blandkammer nr. 1:	0,54 m ³ /h
- Kalkkonsentrasjon i blandkammer nr. 1:	75 kg/m ³
- Dosert kalkmengde til blandkammer nr. 2:	0
- Tilført vannmengde til blandkammer nr. 2:	0,24 m ³ /h
- Kalkkonsentrasjon i blandkammer nr. 2:	0
- Kalkkonsentrasjon i fordelingskum:	52 kg/m ³
- Gjennomsnittlig teoretisk kalkkonsentrasjon i de tre berederne og lagertanken (forutsatt ingen kalkslamuttak. P.g.a. sedimentering og kalkslamuttak er den reelle konsentrasjonen lavere):	1,77 kg/m ³
- Dosert kalkopløsning før felling	9,2 m ³ /h
- Dosert kalkmengde før felling (teoretisk):	16,3 g/m ³
- Dosert kalkopløsning til renvann:	17,1 m ³ /h
- Dosert kalkmengde til renvann (teoretisk):	28,8 g/m ³
- Surhetsgrad i flokkulert vann:	pH 6,0-6,2
- Surhetsgrad i renvann:	pH 8,0-8,5

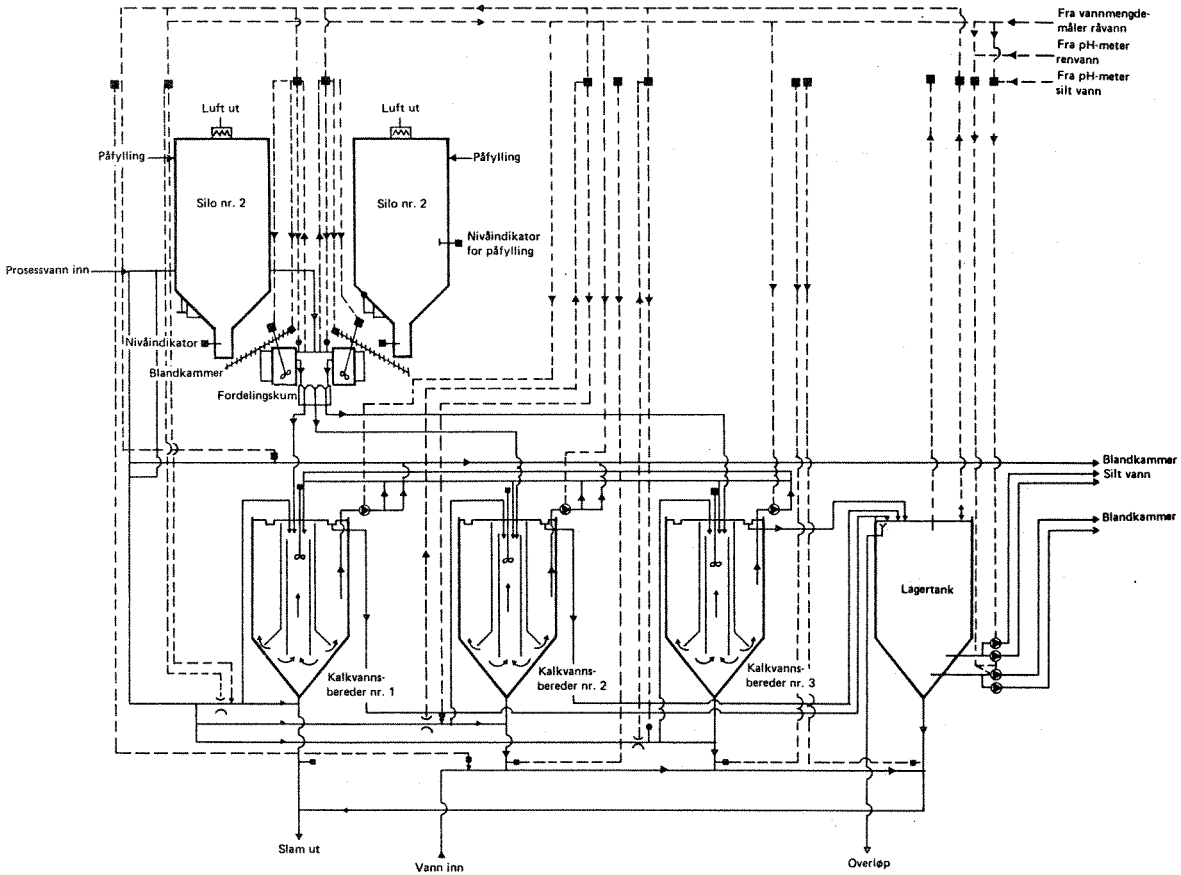
3.4. Driftserfaringer

Kalkdoseringsanlegget har ikke de vanlige konstruksjonsfeil som en del andre anlegg sliter med. Anlegget har derfor få driftsproblemer. Et oppgitt driftsproblem er at sedimentering forekommer i bunnen av fordelingskummen til kalkberederene. Kummen krever derfor daglig rengjøring.

Andre undersøkelser utført ved anlegget viser svært stabil surhetsgrad i fellingstrinnet, mens surhetsgraden i renvannet varierer en del.

Styringssystemet av doseringene er komplisert med tre forskjellige doseringer. Det syntes imidlertid å fungere tilfredsstillende.

Figur 2. Flytskjema. Kalkdoseringsanlegg for vannverk B.



4. VANNVERK C

4.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging

Råvannet pumpes fra en noe forurenset stor elv til et eldre fullrenseanlegg. Fullrensingen omfatter tilsetning av aluminiumsulfat, natriumaluminat og vannglass, før vannet gjennomgår flokkulering, sedimentering og filtrering. Vannet tilsettes så hydratkalk og klor og føres til renvannsbasseng og pumpes derfra til forbruker.

4.2. Kalkdoseringsanleggets oppbygging

Anlegget består av følgende hovedenheter (se fig. 3):

- kalklager
- 2 sekkeømmere
- 2 innblandingstanker/doseringstanker
- 2 doseringspumper

Vannverket benytter Faxe hydratkalk levert fra Danmark i 25 kg's sekker. Kalklageret er i 2. etg. og vareheis må benyttes for frakt av paller med sekker dit. Lageret har 2 sekkeømmere som fører kalken direkte ned i to doseringstanker.

Doseringstankene er av stål og med et volum på ca. 2 m³. Tankene har hurtigomrørere og ledninger for vanntilførsel både i toppen og i bunnen. Fra bunnen av hver av tankene føres kalkopløsningen gjennom en 25 mm jernledning til en 4 hodet dobbelt membrandoseringspumpe. Kalkopløsningen pumpes så gjennom en 15 mm PVC-ledning og videre gjennom en 25 mm fleksibel plastledning til dosering i renvannskanalen mellom sandfilter og renvannsbassengene. En antivakumtank på doseringsledningens trykkside eliminerer mulighetene for undertrykk og hevertvirkning på doseringsledningen.

Doseringspumpene proposjonalstyres i forhold til innkommen vannmengde. Utblanding av kalk skjer vanligvis morgen og kveld. En 25 kg sekk utblandes med ca. 670 liter vann. Utblandingen av en tank foregår mens det doseres fra den andre tanken.

Etter kalkutblanding utspyles doseringsledningen med trykkvann. Doseringsledningen og doseringspumpen utspyles i tillegg automatisk i ca. 30 sekunder hver time.

4.3. Noen data fra kalkdoseringsanlegget

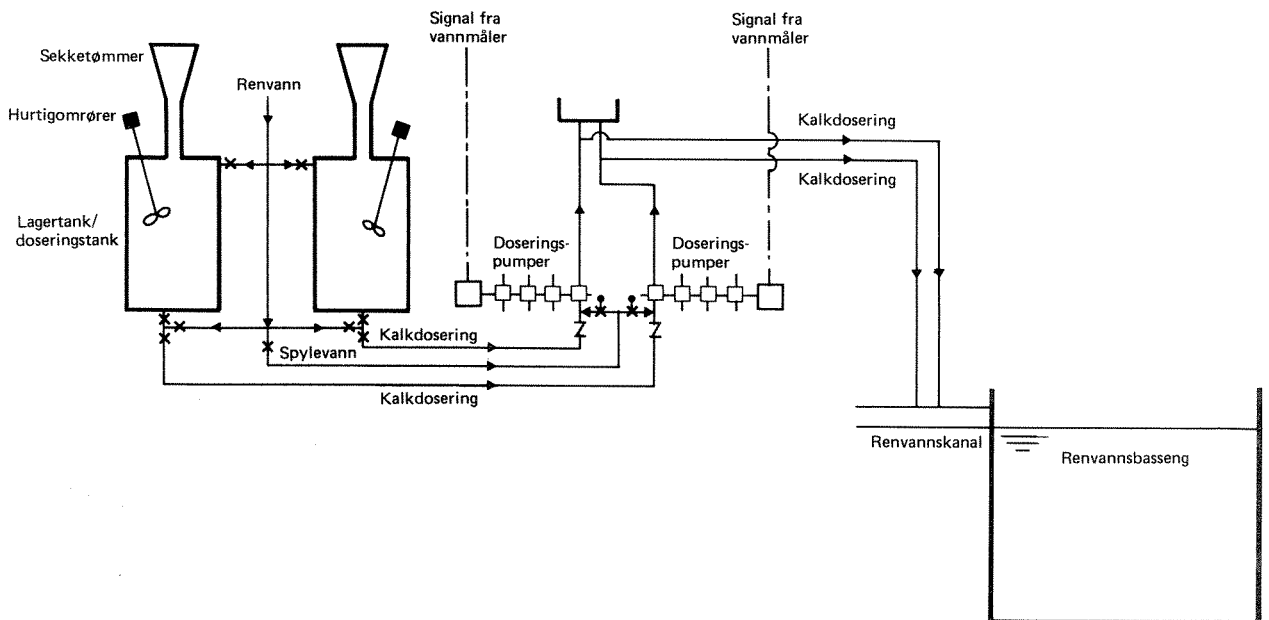
- Gjennomsnittlig renvannsproduksjon: 227 m³/h
- Teoretisk hydratkalkkonsentrasjon i doseringstank og doseringsledning: 37,3 kg/m³
- Gjennomsnittlig dosert kalkoppløsningsmengde: 53,5 l/h
- Årsforbruk av kalk: 17600 kg
- Gjennomsnittlig kalkforbruk pr produsent renvannsmengde: 8,7 g/m³
- Surhetsgrad i råvann: pH 6,7 - 7,2
- Surhetsgrad i renvann: pH ca. 8,0

4.4. Driftserfaring

Kalkdoseringsanlegget er bygget etter noe foreldede prinsipper og er lite tilfredsstillende prosessteknisk og arbeidsmiljømessig. De forhold ved anlegget en har funnet riktig å trekke fram er disse:

- Import av kalk fra Danmark er av beredskapsmessige grunner utilfredsstillende selv om hydratkalk ikke er et helt essensielt kjemikalie i prosessen. Norsk hydratkalk inneholder imidlertid en del mer uoppløslige bestanddeler og gir større gjentettingsproblemer og har derfor vist seg vanskelig å bruke.
- Frakt av paller med kalk via heis til annen etasje er arbeidskrevende og bør erstattes med bulklevert kalk til silo.
- Lagertankene/doseringstankene er for små og gir for høye konsentrasjoner i tanker og doseringsledninger. Dette fører til gjentettingsproblemer.
- Kalkutblanding direkte i lagertank/doseringstank gir små muligheter for utskilling av uoppløste bestanddeler i kalken.

- Bruk av membradoseringspumper gir begrenset hydraulisk kapasitet og nødvendiggjør trolig en for høy kalkkonsentrasjon.
- 4 doseringspumper for 4 forskjellige kjemikalier drevet av en felles motor vanskeliggjør en overstyring av kalkdosering etter surhetsgrad.
- Det automatiske spylesystemet for doseringspumpe og doseringsledning er av vesentlig betydning for å unngå gjentettingsproblemer.



Figur 3. Flytskjema. Kalkdoseringsanlegg for vannverk C.

5. VANNVERK D

5.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging

Vannverket ble satt i drift i 1968 og tar råvann fra ca. 40 meters dyp i en større overflatekilde. Råvannet ledes gjennom 8 sandfiltre og tilsettes klorgass og kalk før det ledes videre inn i renvannsbasseng hvor ammoniakk tilsettes.

5.2. Kalkdoseringsanlegget

Kalkdoseringsanlegget har to hovedlinjer som benyttes uavhengig. Disse to linjer drives vekselvis i ca. en måned. Kalkdoseringsanlegget består av følgende hovedenheter (se fig. 4):

- to siloer
- to doserere
- to blandkammere
- to kalkvannsberedere

Det benyttes ulesket kalk som leveres med tankbil direkte til betongsiloene. Siloene har inspeksjonsluke og filter og innvendig pose. Mellom silo og pose føres inn 4 rør hvor luft pumpes inn annenhver time for reduksjon av bro- og kanaldannelse i kalken i siloene.

Kalken doseres med Tomal dosererer til blandkammer/lesker av stål hvor en delstrøm vann tilføres. En hurtigomrører sørger for tilfredsstillende innblanding.

Kalkopløsningen føres videre via åpne renner til kalkbereder med rektangulær utforming. Berederene er av betong og med et volum på ca. 45 m³. Kalkopløsning føres sammen med utblandingsvann til en vertikalt plassert sylinder i den ene enden av berederen. En hurtigomrører inne i sylindren sikrer god innblanding. Kalkopløsningen passerer under en trevegg og blir trukket av via en V-formet utløpsrenne på motsatt side av berederen. Her samles tilsvarende utløpsrenne fra den andre berederen. 2 stk 75 mm PVC-rør fører kalkopløsningen videre til hvert av innblandingskammerene før renvannsbassengene.

Dosering av kalk og tilførsel av utblandingsvann til blandkammer/-lesker og bereder styres av pH-måler plassert i renvannsbassenget.

En Wallace & Tiernan doserer ble skiftet ut for ca. 5 år siden.

5.3. Noen data fra kalkanlegget

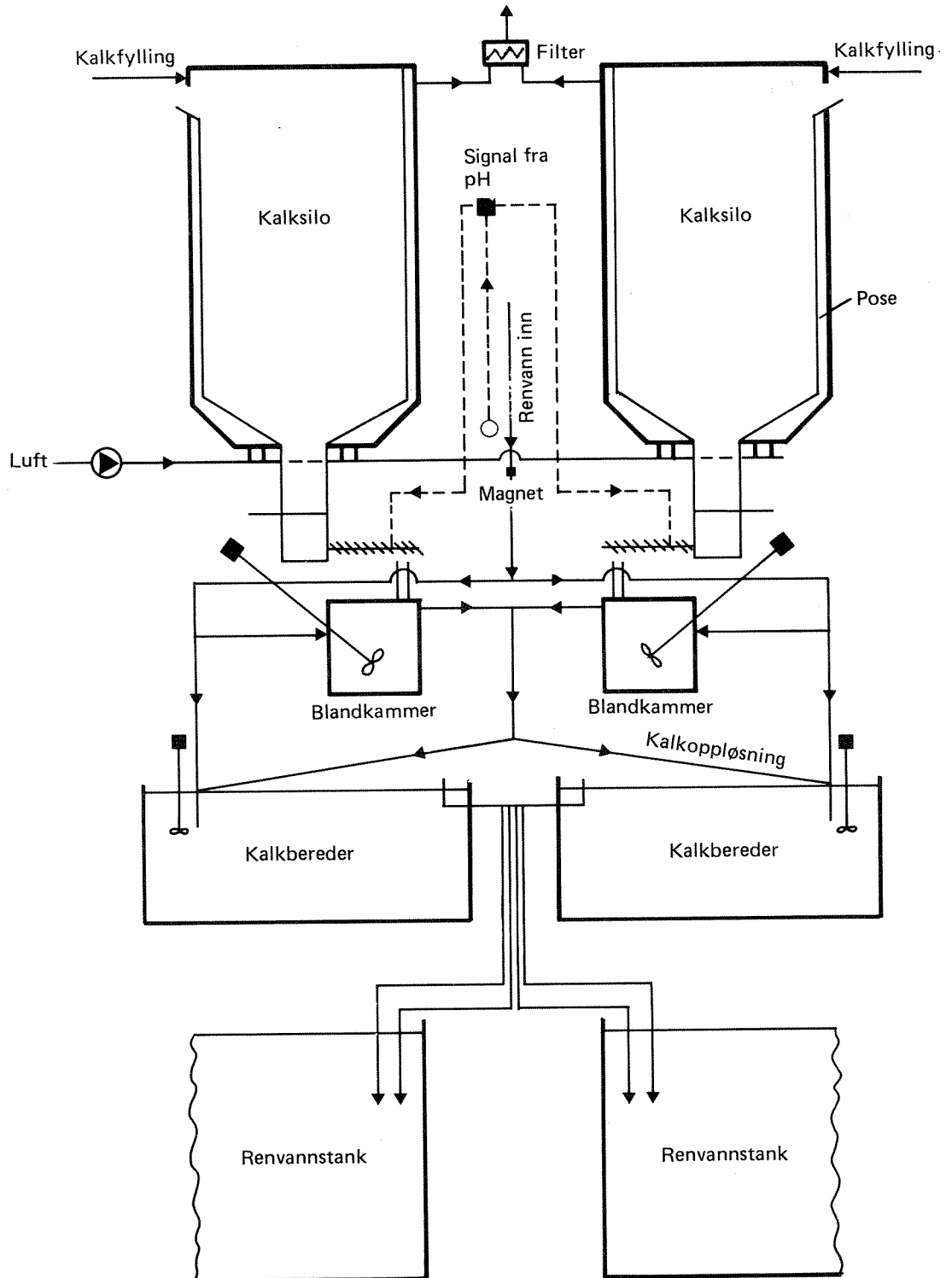
- Vannmengde gjennom anlegget:	3.200 m ³ /h
- Dosert kalkmengde:	13,4 kg/h
- Vannmengde til blandkammer/bereder:	20 m ³ /h
- Teoretisk kalkkonsentrasjon i blandkammer/bereder:	670 g/m ³
- Teoretisk dosert kalkmengde pr. vannmengdeenhet gjennom anlegget:	4,2 g/m ³
- Surhetsgrad i råvann:	pH 6,0-6,2
- Surhetsgrad i renvann:	pH 8,0-8,5

5.4. Driftserfaring

Anlegget er det eneste av de besøkte som benytter ulesket kalk. I hovedsak fungerer doseringsanlegget tilfredsstillende. Noen forhold er likevel av interesse:

- Kanaldannelse i siloene av betong oppstår selv om pose er installert. Posen blåses annenhver time.
- Kalken erfares mer fuktig ved leveranse på vinteren enn ellers i året.
- Rør for doseringsskruer tetter seg av og til og må stakes opp. P.g.a. forsteining har skruer brutt sammen noen ganger.
- Røret mellom doseringsskruen og blandkammer har tettet seg noen ganger.
- Hver doseringslinje brukes vekselvis annenhver måned. Den utkoblede linje gjennomgår full rengjøring.

- Et slamlag på ca. 10 - 20 cm finnes på bunnen i kalkberederen når den tappes ned før rengjøring. Slamlaget føltes hardere når ulesket kalk ble benyttet.



Figur 4. Flytskjema. Kalkdoseringsanlegg for vannverk D.

6. VANNVERK E

6.1. Vannbehandlingsanlegget

Vannverket ble bygget i 1969 og tar vann fra flere overflatekilder. Vannbehandlingen omfatter kalkdosering, siling og klorering.

6.2. Kalkdoseringsanleggets oppbygging

Kalkdoseringsanlegget er svært enkelt og har kun en linje som består av følgende hovedenheter (se fig. 5):

- Kalklager
- En sekke-tømmer/silo
- En dosererer/blandkammer
- En doseringspumpe

Det benyttes hydratkalk levert i sekker. Sekkene tømmes enkeltvis ved hjelp av sekke-tømmer direkte ned i en mindre stålsilo. For reduksjon av støvproblemer er sekke-tømmeren utstyrt med vifte som trekker ut kalkstøvet under tømning. Siloen er videre forsynt med vibrator for å hindre bro- og kanaldannelser i kalken.

En Wallace & Tiernan tørrdoserer med enkel skrue mater ut og doserer kalk direkte ned i et blandkammer hvor også vanntilsetning skjer. Begge tilsetninger skjer i konstant mengde og uavhengig av variasjoner i vannforbruk eller surhetsgrad. Tilsetningen kan imidlertid varieres manuelt. Vanntilførselen til blandkammeret er flotørstyrt av nivået i kammeret og føres gjennom en Polar magnet. Blandkammeret er videre forsynt med hurtigomrører og overløp.

Kalkopløsningen pumpes fra blandkammeret med monopumpe gjennom en 42 mm PEH-ledning til doseringspunkt før siler. Tidligere hadde pumpen en kapasitet på $1,7 \text{ m}^3/\text{h}$. Den lave kapasiteten førte til hyppig gjentetting av doseringsledningen. Pumpen ble derfor erstattet av en ny pumpe med kapasitet på $2,1 \text{ m}^3/\text{h}$. Fortsatt gjentettes doseringsledninger, men nå mer sjelden enn tidligere.

En spylevannspumpe er montert på doseringsledningens trykkside for gjennomspyling av doseringsledningen. Pumpen startes og stoppes manuelt.

6.3. Noen data fra kalkdoseringsanlegget

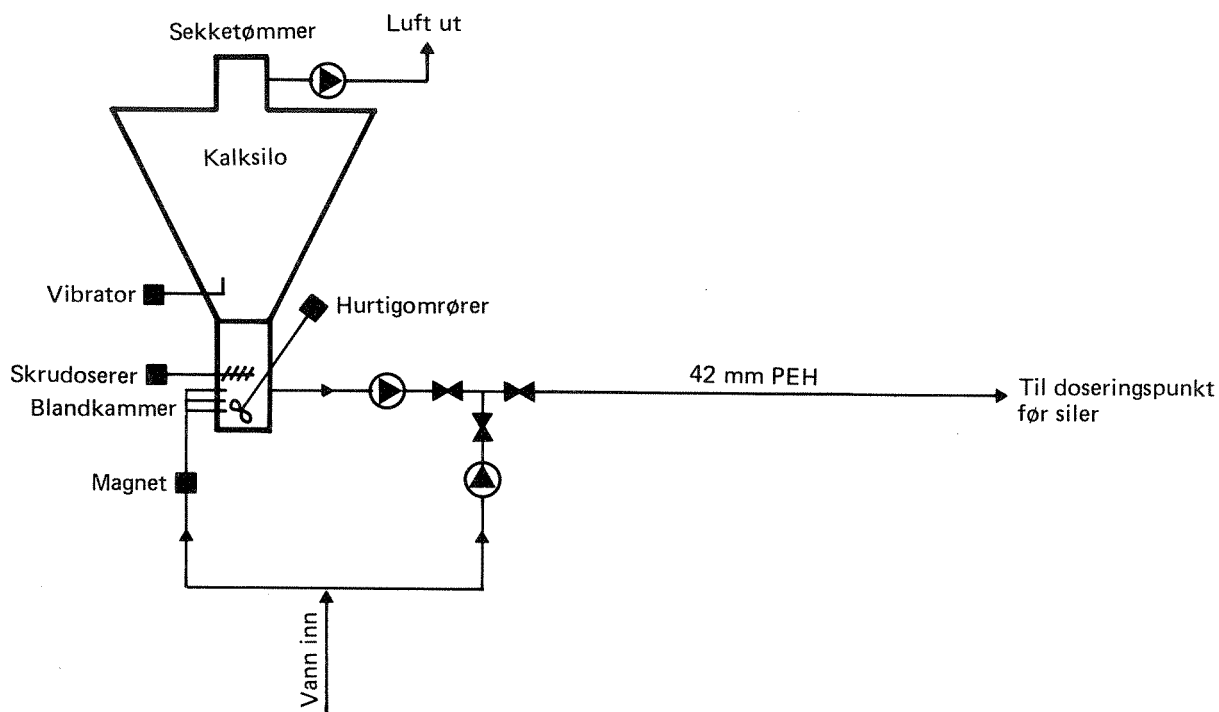
- Årlig gjennomsnittlig vannforbruk:	1.060 m ³ /h
- Årlig kalkforbruk	60 tonn
- Vannmengde gjennom vannbehandlingsanlegget på befaringsdagen:	1.600 m ³ /h
- Dosert kalkmengde på befaringsdagen:	8,65 kg/h
- Vannmengde til blandkammer:	2,1 m ³ /h
- Kalkkonsentrasjon i doseringsledning:	4,1 kg/m ³
- Dosert kalkmengde i renvannsstrøm:	5,4 g/m ³
- Surhetsgrad råvann:	pH 6,3
- Surhetsgrad renvann:	pH 7,1

6.4. Driftserfaringer

Kalkdoseringsanlegget er svært enkelt og har flere uheldige prosess-tekniske utforminger som fører til vanskelige driftsforhold. Noen av de forhold en har funnet å trekke fram er følgende:

- Largringen av kalk i sekker og manuell tømming i silo er arbeidsintensiv og gir støvproblemer. Avtrekksvifte reduserer imidlertid støvproblemet noe.
- Plassering av det åpne blandkammeret for hydratkalk/vann like under siloens utmatingszone medfører fuktpåvirkning av kalken og vanskeliggjør dosering. Den enkle doseringskruen forsterker doseringsproblemet.
- Rester av sekker føres under tømming ned i siloen og skaper problemer for kalkdoseringsen.
- Konstantdoseringsen av hydratkalkopløsning medfører at variasjoner i vannforbruk og vannets surhetsgrad ikke blir tatt hensyn til.

- Kalkdoseringsanlegget mangler bereder og lagertank. Uoppløste bestanddeler i hydratkalken tilføres derfor renvannet og danner slam i basseng og ledninger.
- Vibratoren installert på siloveggen for å redusere doseringsproblemene har forårsaket store sprekkdannelser i en av siloens sveisesjøter.
- 50 mm doseringsledning av PVC mellom blandkammer og monpumpe tetter seg ca. en gang pr. måned, mens 40 mm doseringsledninger av PEH tetter seg ca. annen hver måned. Hydratkalkkonsentrasjonen i doseringsledninger på ca. 4,1 g/l overstiger løsligheten av hydratkalk i vann.
- Anslagsvis en halv time daglig går med til drift av kalkdoseringsanlegget.



Figur 5. Flytskjema. Kalkdoseringsanlegg for vannverk E.

7. VANNVERK F

7.1. Vannbehandlingsanleggets oppbygging

Råvannet tas fra et sterkt humusbelastet overflatevann og går gjennom et noe spesielt oppbygget fullrenseanlegg. Prosessen omfatter tilsetning av hydratkalk og aluminiumssulfat før vannet gjennomgår flokkulering, lamellsedimentering, kontinuerlig skylende sandfiltrering, UV-desinfeksjon og kalktilsetning.

7.2. Kalkdoseringsanlegget

Kalkdoseringsanlegget består av følgende hovedenheter (se fig. 6):

- En silo
- En doserer
- Et blandkammer
- En kalkvannsbereder
- To lagertanker
- To sett med doseringspumper

Vannverket benytter hydratkalk som leveres fra tankbil direkte i silo. Siloen er av stål og utstyrt med luftfilter, inspeksjonsluke, to nivå-indikatorer og slegge.

En Tomal kalkdoserer med åtte utmatingsskruer og en doseringsskrue fører hydratkalk fra silo til blandkammer hvor vann tilsettes. Blandkammeret er av stål og forsynt med hurtigomrører. Vanntilførsel og kalkdosering styres av nivå i lagertank nr. 1.

Fra blandkammeret føres kalkopløsningen gjennom en 100 mm PVC-ledning og sentriske inn i en kalkbereder. Berederen er av stål og er kvadratisk og har pyramidisk utformet bunn.

Fra utløpsrenner på toppen av berederen føres kalkopløsningen gjennom en 110 mm PVC-ledning til lagertank nr. 1. Tanken er av stål og har delvis ensidig skrå og delvis pyramidisk utformet bunn. Fra bunnen av lagertanken og fra et uttak nær toppen av kalkberederen pumpes

kalkopløsningen med to monopumper inn på tilførselsledningen før flokkulering. Før monopumpene er doseringsledninger av 75 og 90 mm PVC, mens etter pumpene benyttes en 90 mm PEH-ledning. Monopumpene proposjonalstyres av vannmengde og overstyres av surhetsgraden i flokkuleringskammeret.

Fra bunnen av lagertank nr. 1 pumpes kalkslam tilbake til toppen av kalkberederen. Det benyttes monopumpe med 75 mm PVC-ledning på sugesiden og 63 mm PVC-ledning på trykksiden. Tilbakepumpingen styres av nivået i lagertank nr. 1 og skjer bare når kalkdoseringen er ute av drift. Ca. 14 m³ slam pr. time returpumpes.

Slam fra bunnen av lagertank nr. 1 føres til avløp via en 110 mm PVC-ledning. En ventil på ledningen åpnes manuelt ca. en gang pr. uke.

Fra et uttak nær toppen av berederen overføres kalkopløsning til lagertank nr. 2. Denne tanken er også av stål og er rektangulær utformet med skrå bunn. En pneumatisk styrt ventil på innløpsledningen styres av nivå i lagertanken og regulerer tilførselen av kalkopløsning.

Fra et uttak nær toppen av lagertank nr 2 pumpes kalkopløsning inn på renvannet. Pumpingen skjer med to parallelle monopumper og styres av vannmengde gjennom anlegget. På pumpens sugeside benyttes en 40 mm PVC-ledning og på trykksiden 32 mm PEH.

Slam tappes ut fra lagertank nr. 2 via en 110 mm PVC-ledning og føres til avløp. Slamuttaket styres av en pneumatisk ventil som åpnes ca. 12 sekunder hver 5. time.

Utløpsledningen for slam tilføres kontinuerlig en viss vannmengde for å hindre gjentetting.

7.3. Noen data fra kalkdoseringsanlegget

- Årlig vannforbruk:	2,2 mill m ³
- Årlig kalkforbruk	110 tonn
- Hydraulisk belastning:	250 m ³ /h

Tabell forts.:

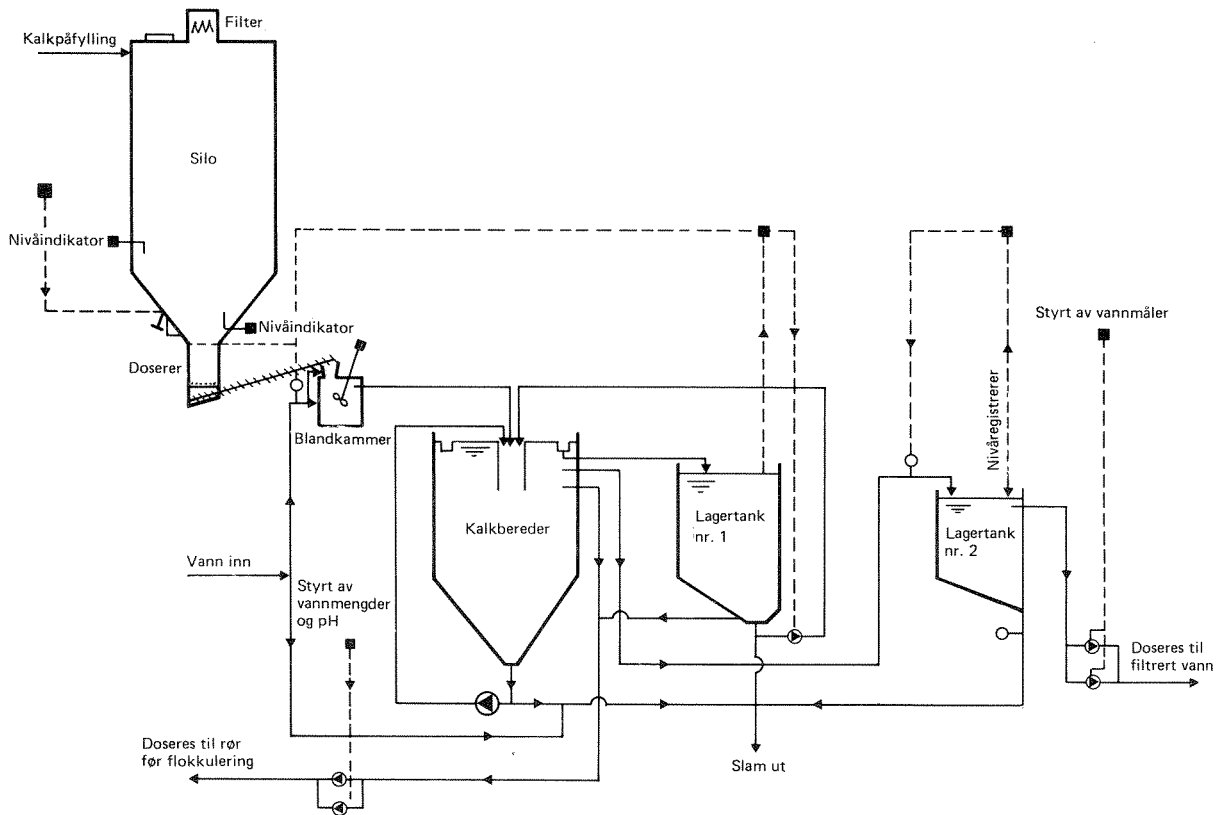
- Tilført kalkmengde til blandkammer når doseringsskrue er i drift:	17,5 kg/h
- Tilført vannmengde til blandkammer når doseringsskrue er i drift:	16 m ³ /h
- Hydratkalkkonsentrasjon i blandtank:	1,1 kg/m ³
- Dosert kalkopløsning til renvann:	5 - 7 m ³ /h
- Forbruk av kalk pr. produsert vannmengde	51 g/m ³
- Surhetsgrad i råvann:	pH 4,9-5,2
- Surhetsgrad i renvann:	pH 8,0-8,5

7.4. Driftserfaring

Kalkdoseringsanlegget synes i dag i hovedsak å fungere tilfredsstillende. Det er ikke oppgitt nevneverdige problemer med silo, doserer, blandkammer, kalkbereder, lagertanker eller pumper. Siden driftsstart er imidlertid en del endringer foretatt.

- Tidligere ble kalkopløsning dosert direkte fra lagertank nr. 1. For høyt partikkelinnhold i kalkopløsningen i denne tanken medførte at turbiditeten økte i renvannet fra ca. 0,2 til mellom 0,4 og 0,8 NTU etter dosering. Installering av lagertank nr. 2 og dosering av kalkopløsning til renvann herfra reduserte turbiditetsøkningen i renvannet.
- Returpumping av kalkslam fra kalkbereder og lagertank tilbake til bereder har ført til en reduksjon av kalkforbruket på ca. 25 %.
- Det erfares beleggdannelser i noen grad i doseringsledninger og da særlig i bend og innsnevninger. Doseringsledninger rengjøres derfor ca. annenhver måned. Bruk av fleksible ledninger uten skarpe bend og innsnevninger erfares å gi minst gjentettinsproblemer.

- Doseringpunkt for hydratkalk i blandkammeret gjenettes lett og rengjøres derfor daglig. For å redusere problemet dusjes doseeringsstedet med en liten delstrøm vann. Selve blandkammeret rengjøres kun to ganger pr. år.
- Anslagsvis 0,5 time medgår gjennomsnittlig pr. dag til drift og vedlikehold av kalkdoseringsanlegget.



Figur 6. Flytskjema. Kalkdoseringsanlegg for vannverk F.

8. VANNVERK G

8.1. Oppbygging av vannbehandlingsanlegget

Råvannet tas fra 6 eller 30 meters dyp i en sterkt forurenset innsjø og pumpes opp til et fullrenseanlegg. Anlegget har to separate hovedlinjer. Den ene omfatter tilsetting av aluminiumssulfat, flokkulering, flotasjon og sandfiltrering. Den andre omfatter tilsetting av fellingskemikalier, flokkulering, sedimentering og sandfiltrering. I felles overløpskum etter sandfiltrering tilsettes klor og hydratkalk før vannet ledes via 3 renvannsbasseng til forbruker.

8.2. Kalkdoseringsanlegget

Kalkdoseringsanlegget består av disse hovedenheter (se figur 7):

- en silo
- en kalkdoserer
- et blandkammer
- to kalkvannsberedere
- en lagertank
- to doseringspumper
- en innblandingstank

Kalken lagres i en 40 m³ stålsilo som fylles direkte fra tankbil. Siloen er på toppen forsynt med et luftfilter med vibrator av type Airmaster for rensing av fortrenget luft under påfylling. Utløpsrøret fra filteret er ikke ført til friluft, men munner ut i samme rom som filteret er plassert.

Siloen er på toppen forsynt med nedstignings- og inspeksjonsluke. Videre er det 3 nivåindikatorer montert som angir nivå for full tank, bestilling av kalk og manglende tilførsel til utmatingsskruer. Den nederste indikatoren er foriglet til en slegge som automatisk settes i funksjon ved dårlig kalktilførsel. Tellere som angir antall timer og antall slag slegga har vært i funksjon er i tillegg montert.

En Tomal tørrdoserer med 8 utmatings-skruer og en doserings-skruer fører kalken fra silo til blandkammer. Utmatings-skruene er forriglet til hovedvannpumper og overstyres av nivået i lagertanken. Utmatings-skruene og dermed kalktilførsel kan også manuelt justeres. Prosessvann føres fra vannverkets hydroforanlegg via magnet til blandkammer. En hurtigomrører sørger for god blanding av kalk- og vann og reduserer sedimentering og beleggdannelser i tanken. Vanntilførselen styres av hovedvannpumpene og overstyres av nivået i lagertanken. Også vanntilførselen kan manuelt reguleres.

Fra blandkammeret føres kalkopløsningen via en V-formet renne til to kalkberedere. Kalkberederene er av betong med pyramidisk utformet bunn. To vertikalt plasserte sylindere i hver av berederne styrer væskestrømmen. Kalkopløsningen tilføres i sentrum av indre sylinder. En omrører her sørger for en oppadrettet væskestrøm. Kalkopløsningen har en nedadrettet strøm i ytre sylinder og en oppadrettet strøm utenfor ytre sylinder. Kalkopløsningen trekkes av via V-formede overløpsrenner på toppen av berederene og føres videre til lagertank.

Lagertanken er av betong med skrå bunn. En nivåindikator i tanken overstyres tilsetting av kalk og vann til blandkammer.

Bunnfelt kalkslam fra kalkvannsberederne og lagertank pumpes ut med en felles monopumpe til et fordrøyningsmagasin og slippes deretter ut til kloakk.

Fra lagertanken pumpes kalkopløsningen med to Netzsch monopumper over til en innblandingstank og blandes i vannet fra sandfiltrene. Før pumpene er overføringsledninger en 100 mm PVC-ledning. Etter pumpene benyttes to 63 mm PEH-ledninger som går over i to 50 mm stålledninger noen få meter før innblandingstanken. De to parallelle ledningene benyttes vekselvis.

Fra innblandingstanken føres renvannet med tre separate ledninger til tre renvannstanker. I renvannstank nr. 1 uttas en vannstrøm og føres til en Siemens kontinuerlig registrerende pH elektrode som overstyres dosering av kalkopløsning. Separate pH-elektroder er i tillegg montert på flotører inne i vernerør i renvannsbasseng nr. 1 og nr. 2.

8.2.1. Noen data fra vannverket

-	Hydraulisk belastning:	1.300 m ³ /h
-	Gjennomsnittelig vannforbruk de 3 siste måneder:	700 m ³ /h
-	Dosert kalkmengde til blandkammer:	20 kg/h
-	Tilført vannmengde til blandkammer:	12 m ³ /h
-	Konsentrasjon av kalk i blandkammer og bereder (teoretisk):	1,67 kg/m ³
-	Forbruk av kalk pr. produsert vannmengde:	15,4 g/m ³
-	Beregnet gjennomsnittsforkbruk av kalk pr. produsert vannmengde de tre siste måneder:	18,3 g/m ³
-	Surhetsgrad i filtrert vann:	pH 6,1 - 6,2
-	Surhetsgrad i renvann:	pH 8,0 - 8,5

8.3. Driftserfaringer

Før utbygging av flotasjonsanlegget ble en annen silo med en Wallace & Tiernan tørrdoserer benyttet. Dosereren hadde kun en utmatingsskrue plassert rett over et åpent blandkammer. Fra blandkammeret ble den doserte løsning ført med gravitasjon direkte til renvannstanken.

Dette anlegget hadde en rekke driftsproblemer. Noen av disse var:

- Brodannelser i silo som førte til vanskeligheter med utmating av kalk.
- Vibrator på silo resulterte i at kalk "rant" ukontrollert gjennom skrue til blandkammer.
- Fuktighet i siloens utmatingszone ble forsøkt løst ved installasjon av varmeelement i dosereren. Den økte temperaturen førte imidlertid til problemer for gummiforingen i dosereren.
- Ledningene mellom blandkammer og renvannstank gikk ofte tett.
- Slam ble akkumulert i renvannsbassenget.

8.4. Nåværende kalkanlegg

Nåværende kalkanlegg har også hatt noen mindre ombygginger. Ledningene fra kalkopløsningstank til innblandingstank var tidligere 32 mm PVC-rør. Gjentettingsproblemer og høye trykk i ledningene førte til at de ble erstattet med 40 mm PVC-rør. Disse fungerte heller ikke helt tilfredsstillende og ble igjen skiftet ut til 63 mm PEH-rør.

Diffusoren i innblandingstanken er også erstattet med en diffusor med 32 hull á 11 mm og et rør med tilkoblet gummislange ytterst.

8.5. Drift ved nåværende kalkanlegg

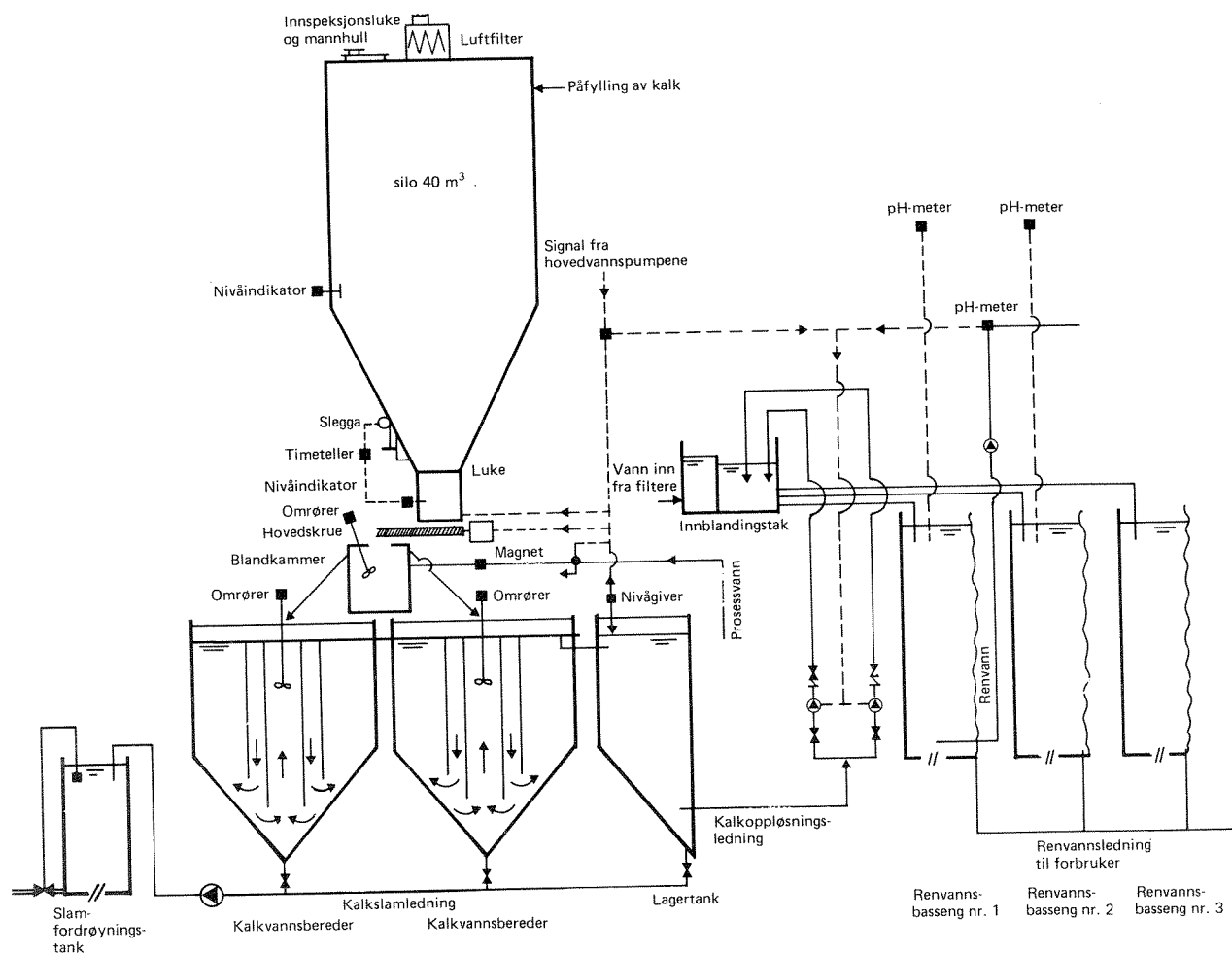
Nåværende kalkanlegg synes å fungere tilfredsstillende. Dette skyldes delvis de ombygginger som er utført og delvis den systematiske drift som foregår. Noen av de driftsrutiner en anser som viktig er disse:

- Daglig skraping av skrålflater i kalkvannsberederne og utpumping av akkumulert slam i bunnen.
- Ukentlig skraping av vegger i kalkvannsberedere og utpumping av slam i bunnen av kalkopløsningstank.
- Rengjøring av blandkammer og renne mellom blandkammer og kalkbereder.
- Kalibrering og rengjøring av pH-elektroder.

Utelating av den periodevise rengjøring av kalkvannsberederen og kalkopløsningstank resulterer i at partikulært materiale føres over i renvannsbassengene. Dette gir bl.a. markert utslag i renvannets turbiditet.

En regner at det medgår i gjennomsnitt ca. en halv time daglig til driften av kalkdoseringsanlegget.

Figur 7. Flytskjema. Kalkdoseringsanlegg for vannverk G.



9. SAMLET VURDERING AV ANLEGGENE

De syv besøkte kalkdoseringsanleggene er svært forskjellig oppbygget. Ved de enkleste anlegg tømmes kalk manuelt i silo og doseres til blandtank. Kalkopløsningen doseres så direkte til renvannet.

Ved det mest avanserte anlegget går kalken gjennom en rekke trinn før dosering. Hele prosessen styres og overvåkes ved hjelp av EDB.

De forskjellige anleggsutformingene gir flere interessante driftserfaringer. I stor grad er driftsproblemene knyttet til anleggsutformingen.

9.1. Kalksilo/kalklager

Lagring av kalk i små sekker og tømning av disse med sekketømmer til en mindre silo skjer ved to anlegg. Metoden er arbeidskrevende og gir store støvproblemer. Installasjon av avtrekksvifte reduserer støvproblemet noe, men er ingen fullgod løsning. Papirrester fra sekker har i tillegg lett for å følge med kalken og tilstoppe doseringskruer.

Lagring av kalk i små sekker og manuell tømning til silo er en dårlig løsning og bør kun benyttes ved mindre anlegg der installasjon av silo ikke kan forsvares av økonomiske eller andre spesielle grunner.

Betongsiloer synes å gi flere problemer enn siloer av f.eks. stål. Bruk av slegge eller vibrator for reduksjon av bro- og kanaldannelser eller heft langs veggene er selvsagt vanskelig for denne silotypen. Pose inne i betongsiloen og periodevis innpumping av luft mellom pose og silo benyttes ved en av siloene. Ovennevnte problemer reduseres noe, men noen fullgod løsning oppnås ikke.

Vibratorplater er under installering ved en betongsilo, men foreløpig har en ingen erfaring med effekten av denne installasjonen.

Stålsiloer er mest benyttet og synes å gi færrest problemer. For å unngå fuktproblemer i kalken og lette doseringen bør siloen innebygges i et isolert og oppvarmet rom.

Alle bulkfylte siloer er utstyrt med luftfilter på toppen for rensing av luft under påfylling. En del kalkstøv passerer luftfilteret så utløpskanalen bør fortrinnsvis føres til friluft.

For kontroll av lufttrykket inne i siloen under fylling bør det på toppen av siloen monteres manometer.

Selv ved de beste siloutforminger forekommer av og til kanal- og brodannelser. Staking er da nødvendig. Inspeksjonslukene på toppen av siloene bør derfor også kunne benyttes til staking av kalken.

Vinkelen mellom horisontalplanet og den konisk eller pyramidisk utformede bunndelen bør overstige 60° for å redusere kanaldannelser i kalken. Videre bør utmatingsarealet være over et visst minimum. En eksakt størrelse er vanskelig å angi, men et anslag er minimum 40 x 40 cm.

Bruk av slegge eller hammer synes nødvendig for reduksjon av heft langs veggene i siloen eller bro- og kanaldannelser i kalken. Slegge montert i siloens bunndel styrt av nivåindikator i utmatingsssonen benyttes ved flere anlegg og fungerer tilfredsstillende.

9.2. Doseringsutrustning/blandkammer

Flere av doseringsanleggene fungerte tidligere dårlig og er erstattet av bedre utstyr. Felles for flere av de utskiftede dosere er:

- Lite utmatingsareal som ga bro- og kanaldannelser i silo.
- Enkel doseringsskrue med utmating bare over en liten del av utmatingsarealet.
- Åpent blandkammer for kalk/vann plassert direkte under doseringsskruen.

De doseringsutrustningene som fungerer mest tilfredsstillende har en del fellestrekk:

- Flere utmatingsskrue (8 stk) er fordelt over hele utmatingsarealet. Skruene fører kalk til en separat doseringsskrue som leder kalken videre horisontalt eller i ca 0 - 30 ° oppover til blandkammer. Hele doseringsutstyret innelukkes for reduksjon av luft- og fuktighetspåvirkning i utmatingssonen og i siloen forøvrig.
- Blandkammeret plasseres et stykke i horisontal avstand (mer enn 1 - 2 meter) fra doseringsutrustning for reduksjon av fuktighetspåvirkning i dosereren og siloen.
- Doseringssonen av kalk i blandkammer dusjes med en liten vannstrøm for reduksjon av beleggdannelser av kalk og mulig tilstopping av kalktilførselen.
- Blandkammeret forsynes med hurtigomrører for effektiv blanding av kalk og vann og for å unngå sedimentering.

9.3. Kalkberedere og lagertank

Ved noen anlegg er kalkbereder og lagertank sløyfet. Kalkopløsningen doseres direkte fra blandkammer til renvannsstrømmen. Utformingen gir dårlig utnyttelse av kalken og medfører slamansamlinger i renvannsbasseng og/eller renvannsledning. Et kalkdoseringsanlegg bør alltid inkludere kalkbereder og lagertank.

Kalkberedere er laget av stål eller mest vanlig av betong med pyramidisk utformet bunn. Systemet med to vertikale sylindere inne i hverandre sentrisk plassert i berederen benyttes ved flere anlegg og synes å fungere tilfredsstillende. Kalkopløsning og eventuelt utblandingsvann tilføres i innerste sylinder. Hurtigomrøreren i denne sylindere forårsaker god innblanding. Sylindere reduserer mulighet for kortslutningsstrømmer og gir samtidig roligere strømningsforhold nær utløpsrennene.

Ett av anleggene har imidlertid erstattet dette systemet med kontinuerlig tilbakepumping av oppsamlet kalkslam fra bunnen av berederen og til innløpet. Med jevne mellomrom føres slam til avløp. Systemet hevdes å gi svært god utnyttelse av kalken.

Ett av anleggene har mulighet for tilførsel av en delvannstrøm til bunnen av berederne. En viss turbulens og oppadrettet strøm oppnås nederst i den pyramidisk utformede bunndelen. Bare de tyngste uoppløste kalkpartiklene har mulighet for å sedimentere. Med jevne mellomrom stoppes vanntilførselen og sedimenterbart materiale føres til avløp. En svært god kalkutnyttelse oppnås trolig ved dette systemet.

Kalkoppløsning uttas midt nede i kalkberederene fra ett av anleggene og tilbakeføres delvis til innløpet til berederen og "grovdoseres" delvis før fellingstrinnet. En etterjustering av surhetsgraden før felling med kalkoppløsning fra lagertank foretas i tillegg. Kravet til kalkoppløsningens partikkelinnhold for dosering før fellingstrinnet er vesentlig mindre enn ved dosering til renvann. Opplegget gir en redusert belastning både i utløpsdelen av berederen og i lagertanken og synes interessant. Doseringsutrustningen er mer komplisert, men jevn surhetsgrad oppnås likevel.

Kalkberederne krever en del tilsyn. Belegg på vegger, renner m.v. må jevnlig skrapes vekk. Adkomst for dette arbeidet er tilfredsstillende for de fleste beredere. Kalkkonsentrasjoner i berederen har selvsagt stor betydning for beleggdannelsen og bør holdes noe under oppløsligheten for kalk i vann.

Ett av anleggene har tre beredere som kan drives i parallell eller i serie eller i kombinasjon. Systemet har flere fordeler, men 3 beredere vurderes trolig for kostbart for de fleste anlegg. En overløpskasse med 3 V-overløp er montert mellom blandkammer og berederne for fordeling av kalkoppløsning til de tre berederene. Kalkoppløsningen fra blandkammeret er ca. 5 % og har m.a.o betydelig innhold av suspenderte partikler. For best mulig fordeling til de tre berederne kreves rolige strømningsforhold nær overløpene. Ved overmettet løsning unngås ikke slamdannelser i overløpet. Daglig rengjøring av overløpskassa er derfor nødvendig.

Lagertankene for kalkoppløsning gir få problemer ved de besøkte anlegg. De har enten skrå eller pyramidisk utformet bunn med slamuttak fra bunnen. Innløpet plasseres vanligvis i toppen av tankene og uttakene plasseres i flere dybder.

Ett anlegg erfarte tidligere for høy turbiditet i renvannet forårsaket av for høyt partikkelinnhold i kalkoppløsningen. Ved dette anlegget ble en ny tank installert og drevet parallelt med den eksisterende. Renvannets turbiditet gikk betydelig ned ved denne endring.

9.4. Doseringspumper/doseringsledninger

Bortsett fra ett anlegg benyttes monopumper for dosering av kalkoppløsning. Monopumper benyttes også for annen pumping av kalkoppløsning og slam. Pumpene har stor hydraulisk kapasitet som muliggjør lav konsentrasjon av kalkoppløsning. Pumpene synes å være driftssikre.

Ved ett anlegg benyttes en dobbelt membradoseringspumpe. Pumpen har liten hydraulisk kapasitet som nødvendiggjør høy konsentrasjon av kalkoppløsning. Dette resulterer i hyppig gjentetting av doseringspumpe og doseringsledning. For å redusere problemet gjennomspyles pumpen og doseringsledning automatisk hver time med renvann.

Ved anlegg hvor dosering skjer direkte fra blandtank til renvann erfares også noe hyppig gjentetting. Uoppløslige stoffer i kalken får ikke mulighet til avskilling før innpumping i doseringsledning.

Det er særlig i bend og innsnevring i doseringsledninger beleggdannelser vesentlig oppstår. Doseringsledningene bør derfor være fleksible uten skarpe bend eller innsnevring. De bør være kortest mulig og gjerne gjennomsiktig slik at begynnende beleggdannelser tidlig kan oppdages. Ledningen kan da slås på slik at belegget avskalles.

Lav kalkkonsentrasjon og høye vannhastigheter i doseringsledningen er selvsagt viktig for å unngå beleggdannelser og gjentetting av ledningene.

9.5. Driftsinnsats

Alle kalkanlegg krever en viss daglig driftsinnsats. Ved flere av anleggene regnes 30 minutter daglig å være nødvendig.

9.6. Forbruk av kalk

De besøkte anlegg har svært forskjellig forbruk av kalk. Ved anlegg D som benytter ulesket kalk til alkalisering er forbruket på 4,2 g pr. produsert vannmengde i m³. Ved de andre enkle vannbehandlingsanlegg (uten fullrensing) er forbruket i området 5,1-5,3 g/m³. De to fullrenseanlegg som tilsetter hydratkalk kun til renvannet har et forbruk på ca. 8,7 og 15,4 g/m³, mens de to fullrenseanlegg som i tillegg benytter hydratkalk i flokkuleringstrinnet har et forbruk på 46,6 og 51 g/m³.

Det understrekes at disse verdier er øyeblikksverdier og kan derfor variere betydelig over tid.

Tabell 1. Noen sentrale data fra de besøkte anlegg.

Anlegg	A	B	C	D	E	F	G
Hydraulisk belastning i m ³ /h	2000	1050	227	3200	1060	250	1300
Årlig kalkforbruk i kg	-		17600	-	60000	-	-
Kalkkons. i blandkammer i kg/m ³	11	75	-	-	4,1	1,1	1,67
Kalkkons. i bereder i g/m ³	-	1770	37500	670	-	-	1670
Kalkkons. i lagertank og dosering i g/m ³	-	1770	-	-	-	-	1670
Forbruk av kalk til fellings-trinnet i g/m ³	-	16,3	-	-	-	-	-
Forbruk av kalk til alk. i g/m ³	5	28,8	8,7	4,2	5,4	-	-
Tot. forbruk av kalk i g/m ³	5	45,1	8,7	4,2	5,4	51	15,4
Surhetsgrad i råvannet	6,2-6,4	6-7,2	6,7-7,2	6,0-6,2	6,3	4,9-5,2	6,1-6,2
Surhetsgrad i renavnet	7,0-7,4	8-8,5	ca. 8,0	8,0-8,5	7,1	8-8,5	8

VA rapporter utgitt av NIVA

- 1/85 **Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning**
Enkel litteraturstudie
O-84131-01 Lasse Vråle. Mars 1985
- 2/85 **Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger**
O-84131-02 Lasse Vråle. Mars 1985
- 3/85 **Treatment of leachate in aerated lagoons**
Lab-scale study
O-84022 Ragnar Storhaug. Juli 1985
- 4/85 **Fiskeoppdrett på Granerudstøa, Nesodden**
O-85233 Bjørn Braaten, Torbjørn Damhaug. Juni 1985
- 5/85 **Oppdrett av ferskvannskreps ved Mesna Bruk A/S**
Forprosjekt
O-85126 Sigurd Rognerud, Stellan Karlson
Torbjørn Damhaug, Gösta Kjellberg. August 1985
- 6/85 **Driftsassistanse - Vannrenseanlegg ved Steens Fornikling A/S**
O-84157 Øivind Tryland. August 1985
- 7/85 **Spillvarmebasert akvakulturanlegg i Tyssedal**
Forprosjekt
O-85226 Kjell Maroni, Erlend Waatevik. September 1985 (Sperrert)
- 8/85 **Driftsassistanse - Avløpsledning**
Høvik Lys A/S
O-85221 Øivind Tryland, Egil Iversen,
Åse K. Rogne. August 1985
- 9/85 **Teknologi og miljø i oppdrettsnæring**
O-84159/O-84160 Kjell Maroni. Januar 1985
- 10/85 **Rensing av blyholdig avløpsvann.**
Undersøkelser ved Sønnak Batterier A/S
O-85222 Egil Iversen, Øivind Tryland. September 1985
- 11/85 **Spillvarmebasert oppdrettsanlegg i tilknytning**
til Sauda Smelteverk A/S
O-84167 Kjell Maroni. April 1985 (Sperrert)
- 12/85 **Overføring av avløpsvann fra Bekkelaget rensedistrikt**
til Sentralrenseanlegg Vest, SRV.
Noen vurderinger av VA-tekniske konsekvenser
O-85147 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 14/85 **Vann- og avløpstekniske løsninger for Helleberg hytteområde**
Nordstul, Store-Ble, Notodden kommune
O-85292 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 15/85 **Fremdriftsrapport for Frogn Vannverk**
Perioden juni-oktober 1985
O-85211 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 17/85 **Landbasert fiskeoppdrettsanlegg i Grimstad**
O-85262/Kristoffer Næs, Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug,
Kjell Maroni, Bjørn Braaten. November 1985 (Sperrert)
- 1/86 **NIVANETT på mikrodatamaskin**
O-85207 Oddvar Lindholm. Januar 1986
- 2/86 **Utvikling av resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrettsanlegg**
O-81068 Eivind Lygren, Kjell Maroni. April 1986
- 3/86 **Avfall fra skip på norske strender**
O-85174 Tor Moxnes. Mars 1986
- 4/86 **Driftsundersøkelse av sølvvarefabrikkers renseanlegg**
O-82108 Egil Iversen, Februar 1986