

# Kalking av surt vann

## 9/90

---

Oppdragsgiver

**Franzefoss Bruk A/S**  
**NIVA**

---

Deltakende institusjon **NIVA**

---

Utprøving av  
kalsinert dolomitt for  
innsjøkalking



# 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.: 0-89259
Undernummer:
Løpenummer: 2424
Begrenset distribusjon: Sperres 3 uker

Rapportens tittel: Utprøving av kalsinert dolomitt for innsjøkalking.	Dato: Mai 1990
	Prosjektnummer: 0-89259
Forfatter (e): Atle Hindar	Faggruppe: Sur nedbør
	Geografisk område: Aust-Agder
	Antall sider (inkl. bilag): 27
Oppdragsgiver: Franzefoss Bruk A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):

## Ekstrakt:

Det er gjennomført fullskalakalking av to små tjern med kalsinert dolomitt. Hensikten var å undersøke om kalsinert dolomitt er egnet til kalking av innsjøer. Kalken inneholder en viss andel oksider, som kan gi høy pH i vann.

Lav kalkdose ga ifølge beregningene fullstendig oppløsning av kalken og en akseptabel vannkvalitet. En relativt høy dose ga uakseptabelt høy pH (omkring 10.0) etter kalking. Kalken er ikke uten videre egnet til bruk i innsjøer med kort oppholdstid, eller under andre forhold der kalkdosen må være høy.

4 emneord, norske:

1. Innsjøkalking
2. Kalsinert dolomitt
3. pH-økning
4. Kalkopløsning

4 emneord, engelske:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder:

For administrasjonen:

ISBN 82-577-1729-0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
SØRLANDSAVDELINGEN  
GRIMSTAD

O-89259

Utprøving av kalsinert dolomitt for innsjøkalking

Grimstad, mai 1990  
Saksbehandler: Atle Hindar

## FORORD

Franzefoss Bruk A/S ønsket å prøve ut sitt produkt kalsinert dolomitt for kalking av sure fiskevann og henvendte seg høsten 1988 til Norsk institutt for vannforskning (NIVA). NIVA foreslo på møte den 13.12.88 å gjennomføre korttidsstudier etter fullskalakalking. I prosjektforslag av juni 1989 ble dette konkretisert. Bedriften valgte selv å gjennomføre forsøk og prøvetakingsprogram. Prøvetaking fulgte bare delvis det opplegg som var foreslått.

I brev av 12.10.89 fra Franzefoss Bruk A/S ble NIVA bedt om å bearbeide og rapportere resultater fra forsøkskalking med kalsinert dolomitt.

Franzefoss Bruk A/S har stått for prøvetaking. ATIK-Vannlaboratorium i Grimstad har analysert vannprøvene. WEST·LAB A/S i Tananger har analysert kalkproduktet ved røtgendiffraksjon.

Grimstad, mai 1990

Atle Hindar

## INNHOLD

	SIDE:
1. SAMMENDRAG	4
2. INNLEDNING	5
3. MATERIALE OG METODER	7
3.1. Tjernene	7
3.2. Kalk og kalking	11
3.3. Vannkjemi	12
4. RESULTATER	13
4.1. Vannkjemi	13
4.2. Kalkoppløsning	18
5. DISKUSJON	20
5.1. Vannkjemi	20
5.2. Kalkoppløsning	21
6. REFERANSER	22
7. VEDLEGG	22
7.1. Primærdata	23
7.2. Kornfordelingskurve for kalsinert dolomitt	24
7.3. Analyse av kalsinert dolomitt (Rapport fra WEST·LAB A/S)	25

## 1. SAMMENDRAG

Det er gjennomført fullskalakalking med kalsinert dolomitt i to tjern i Lillesand kommune i Aust-Agder. Forsøkene ble gjennomført for å undersøke om denne kalktypen var egnet til kalking av vann og vassdrag. Både vannkjemiske forhold og kalkoppløsning skulle vurderes.

Kalsinert dolomitt inneholder ifølge foreløpige analyser:

11 % kalsiumoksid ( $\text{CaO}$ ) og

16 % magnesiumoksid ( $\text{MgO}$ ),

som løses relativt raskt opp. Bortsett fra omlag 2 % glimmer, består resten av produktet av:

64 % dolomitt ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) og

10 % kalsitt ( $\text{CaCO}_3$ ).

Dolomitt løses saktere opp enn vanlig kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) i vann.

Vannkvaliteten etter kalking viste at lave doser ga akseptable pH-verdier i tida etter kalking. Relativt høy kalkdose resulterte i uakseptabel høy pH, omkring 10.0. Resultatene viser at denne kalktypen ikke uten videre er egnet til kalking av innsjøer med kort oppholdstid. I slike vann må kalkdosen være høy for å gi god vannkvalitet i en viss periode. Det vil være mulig å kalke vannet oftere, men mere enn to ganger i året er ikke realistisk. Også all annen form for overdosering, f.eks. i rennende vann, vil kunne være skadelig for fisk og andre organismer i vann.

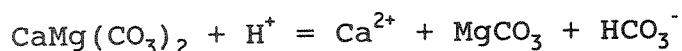
Kalsinert dolomitt med denne sammensetningen løses, ifølge beregningene, fullstendig opp ved bruk av lave kalkdoser (her 6 mg kalk/l). Ved den relativt høye dosen som ble brukt (42 mg kalk/l) var oppløsningen omkring 40 %. Oppløsningen er uventet høy, siden to tredeler av kalken består av dolomitt. Det anbefales derfor å utføre oppløsningsforsøk i kolonner om en ønsker å sammenlikne denne kalktypen med andre kalkmel.

## 2. INNLEDNING

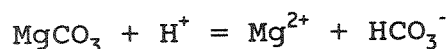
Kalking av vann og vassdrag skjer tradisjonelt med kalsiumkarbonat. Dolomitt, som inneholder kalsiummagnesium-karbonat, er også brukt. Avsyring med lut, brent eller lesket kalk har ikke vært anbefalt fordi stoffene er reaktive og kan gi for høy pH for fisk.

Kalsinert kalk er en blanding av karbonatholdige stoffer (kalsitt og dolomitt) og oksider. I riktige forhold kan en tenke seg rask oppløsning og samtidig en stabilisering av pH på et akseptabelt nivå.

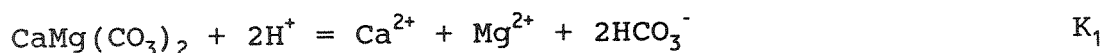
Dolomitt ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) har dårligere oppløsningsegenskaper i innsjøer enn kalsiumkarbonat av samme kornstørrelse (Sverdrup 1985). Det skyldes at oppløsningen foregår i to trinn, hvorav reaksjonen:



er rask og:



er sakte. Den totale reaksjonen:



er derfor hastighetsbestemt av en sakte kjemisk reaksjon. Det vil enkelt forklart si at det ikke hjelper med omrøring i en vannprøve med dolomittpartikler for å øke oppløsningen av partiklene. Om en sammenlikner med tilsvarende oppløsning av kalsiumkarbonat, finner en at reaksjonen:

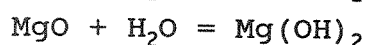
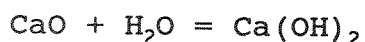


er hastighetsbegrenset av diffusjon av  $\text{H}^+$ -ioner fra partikkel-

overflaten og ut i vannet. Partikler som faller i vann har et relativt tynt sjikt med reaksjonsprodukter i det såkalte grensesjiktet rundt partiklene, slik at diffusjonen går raskt, men likevel saktere enn den kjemiske reaksjonen i dette tilfellet.

For partikler som synker i surt vann er det reaksjonen med hydrogenionet som er den viktigste drivende kraften. Reaksjonen med  $H_2O$  eller  $H_2O + CO_2$  er av mindre betydning.

Kalsinert dolomitt inneholder også kalsiumoksid ( $CaO$ ) og magnesiumoksid ( $MgO$ ). Disse stoffene er reaktive og det dannes  $Ca(OH)_2$  og  $Mg(OH)_2$  etter følgende likninger:



Hydroksidene løses i surt vann.  $Ca(OH)_2$  løses svært raskt.

Oppløsningen av kalsinert dolomitt skjer altså som resultat av flere reaksjoner, fra en sakte reaksjon (dolomitt) og til raske reaksjoner (kalsiumoksidet). Momentanoppløsningen av kalsinert dolomitt vil i stor grad være bestemt av reaksjonen mellom oksidene og det sure vannet.  $pK$ -verdier for oppløsningen av kalsitt og dolomitt er vist under:

	$pK_1$	$pK_2$	$pK_w$
	-----		
Kalsitt ( $CaCO_3$ )	-3.0	-6.7	-8.9
Dolomitt ( $CaMg(CO_3)_2$ )	-6.8	-9.3	-10.5

$pK_1$  er for reaksjonen med hydrogenionet,  $pK_2$  er for reaksjonen med  $CO_2$  og  $pK_w$  er for reaksjonen med vann.



## 3. MATERIALE OG METODER

## 3.1. Tjernene

Barlindtjenn og Svartholtjenn ligger mellom Kvåse og Isefjær i Lillesand kommune i Aust-Agder (figur 1). Franzefoss Bruk A/S har foretatt dybdemålinger av vannene. Resultatene av målingene er vedlagt. På grunnlag av målingene har NIVA beregnet volum og middeldyp for de to vannene. Arealene av nedbørfeltene er beregnet på grunnlag av økonomisk kart BM 005-5-3.

Barlindtjenn har et relativt lite nedbørfelt (figur 2) og en oppholdstid på 0.33 år. Svartholtjenn har et stort nedbørfelt (figur 3) og en oppholdstid på 0.08 år. Morfometriske data er vist i tabell 1.

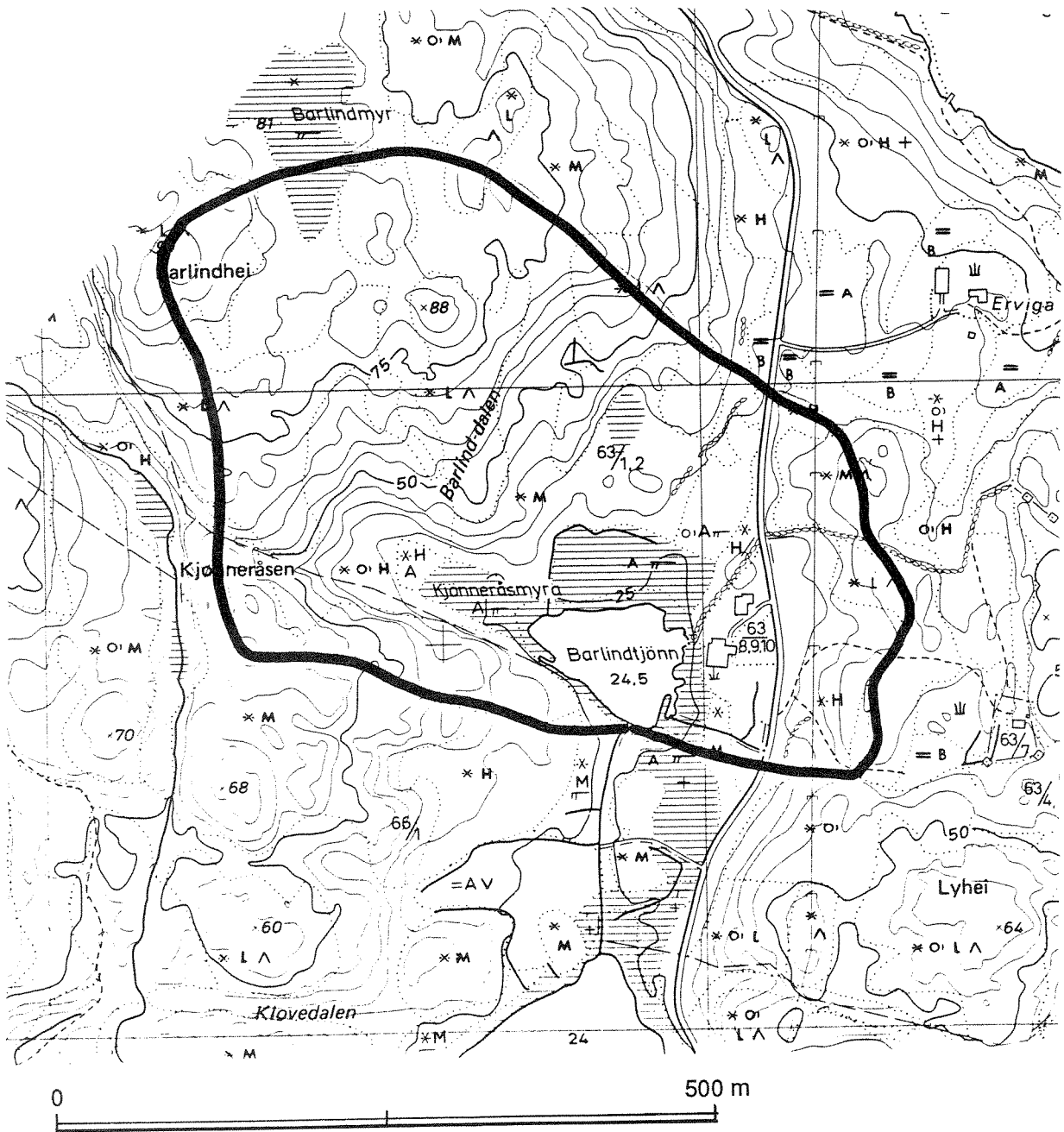
Tabell 1. Data for de to vannene.

		Svartholtjenn	Barlindtjenn
Overflateareal	(da)	8.6	7.3
Maks.dyp	(m)	10	9
Middeldyp	(m)	5.6	5.8
Volum	(m <sup>3</sup> )	48000	42500
Nedbørfelt	(da)	825	165
Spes.avre	(l/km <sup>2</sup> *s)		25
Årlig gjennomstr.	(m <sup>3</sup> )	643000	128000
Teor. opph.tid	(år)	0.075	0.33
Høyde over havet	(m)	25.5	24.5

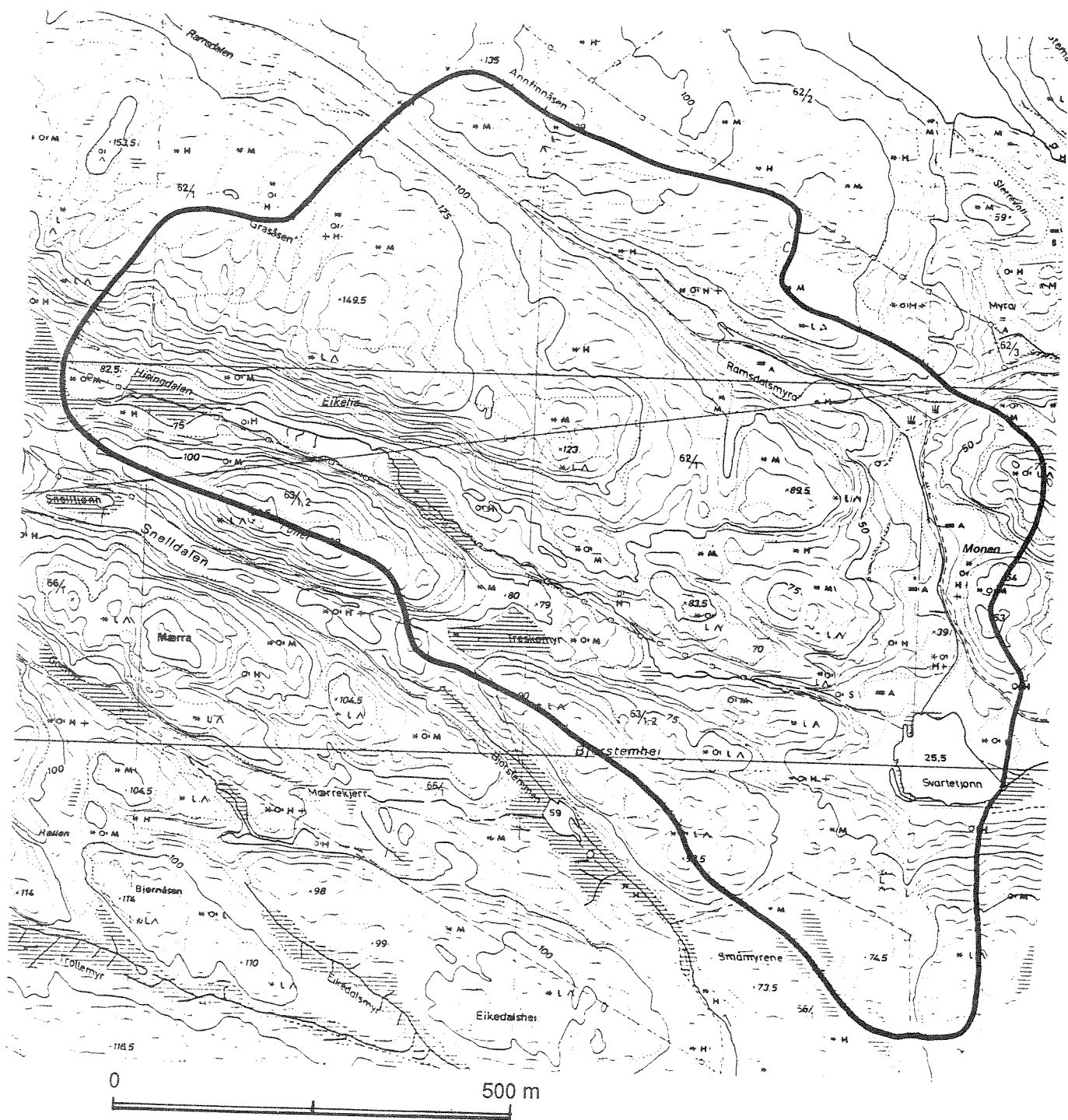
Begge tjernene ligger omkring den marine grense. Nedbørfeltene ligger nesten i sin helhet over denne grensen. Det vil si at det kan være betydelige forskjeller i vannkvalitet i tørre og flompregete perioder.



Figur 1. Barlindtjenn og Svartholtjenn ligger vest for Lillesand i Aust-Agder. Utdrag fra M711: 1511 2.



Figur 2. Nedbørfeltet til Barlindtjenn.



Figur 3. Nedbørfeltet til Svartholtjenn.

### 3.2. Kalk og kalking

Kalsinert dolomitt er ifølge Franzefoss Bruk støv fra magnesiumproduksjonen til Norsk Hydro. Kalken har, ifølge leverandør, følgende kjemiske sammensetning:

#### Vektprosent:

CaO	35-40
MgO	25-30
Silikater	2-3
CO <sub>2</sub>	30-40

Det vil si at det er 25-29 % Ca og 15-18 % Mg i kalken. 30-40 % CO<sub>2</sub>-innhold viser at 70-90 % av kalken består av dolomitt og kalsitt. Øvrig innhold er oksider av kalsium og magnesium (ca. 10-30 %) og silikater 2-3 %

Analyser fra WEST·LAB A/S viser at kalsinert dolomitt består av:

Dolomitt:	64 %
Kalsitt:	10 %
CaO:	11 %
MgO:	16 %
Glimmer:	2 %

Laboratorierapport fra WEST·LAB er vedlagt. Kalken er analysert ved hjelp av røntgendiffraksjon (XRD). Det er relativt stor usikkerhet knyttet til innholdet av oksidene, ca. +/- 20 % relativt. Det er fordi CaO løses i MgO og MgO løses i CaO, ifølge laboratoriet.

Kornfordelingen for kalsinert dolomitt er:

90 % av kornene < 0.045 mm

50 % av kornene < 0.013 mm

20 % av kornene < 0.005 mm

Kornfordelingskurve er vist i vedlegg bak i rapporten.

Kalkbehovet i de to vannene kan anslås til 10  $\mu\text{ekv/l}$  for sterk syre, 12 for Al, 5 for org. syrer og 40 for alkalitet, totalt 67  $\mu\text{ekv/l}$ . Det skulle bringe pH opp i omkring 6.4. Det tilsvarer 1.88 mg CaO/l eller 2.3 mg/l av kalsinert dolomitt, ifølge data som var tilgjengelige før prosjektet ble satt igang. En oppløsning på 50 % ble satt som retningsgivende og anbefalt kalkmengde ble da 4.6 mg/l. For et vannvolum på 42500  $\text{m}^3$  i Barlindtjenn tilsvarer det en kalkmengde på 200 kg. Franzefoss Bruk A/S brukte 260 kg.

Det ble anbefalt å tidoble denne dosen i Svartholtjenn for å undersøke resultat av relativt kraftig overdosering. Det ble dosert 2200 kg til et volum på 48000  $\text{m}^3$ .

I Barlindtjenn ble det kalket med 260 kg kalk. Det tilsvarer en middelkonsentrasjon på 6 mg kalk/l. I Svartholtjenn ble det spredt 2200 kg, som tilsvarer en middelkonsentrasjon på 46 mg kalk/l. Disse mengdene tilsvarer hhv. en moderat og en høy dose.

Barlindtjenn ble kalket den 08.07.89, mens Svarthøltjenn ble kalket fram til 16.07.89. Kalken ble spredt tørt i Barlindtjenn. I Svartholtjenn ble kalken først rørt ut i vann i en beholder og deretter spredt for hånd. Her ble det lagt vekt på å spre en relativt stor del av kalken over dypområdene.

### 3.3. Vannkjemi

Vannkjemiske analyser er utført etter standard metoder. Det ble ikke foretatt separering i felt. Turbiditet er ikke målt. Det finnes derfor ikke dokumentasjon på partikkelinnholdet i tjernene etter kalking.

## 4. RESULTATER

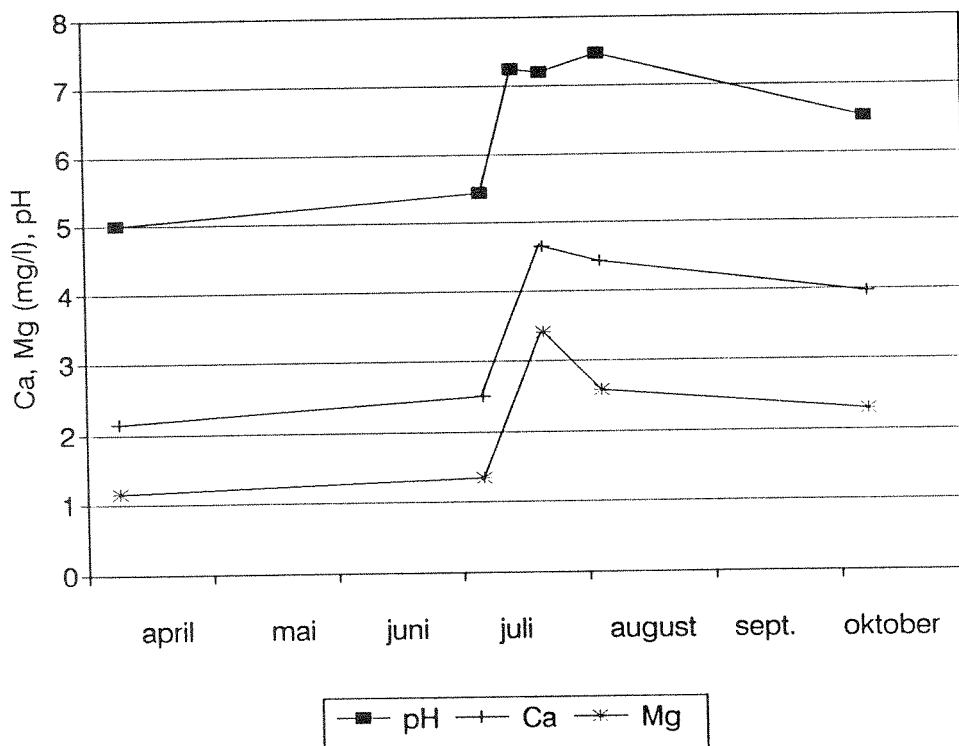
## 4.1. Vannkjemi

Alle data for vannkjemi er samlet i vedlegg bak i rapporten.

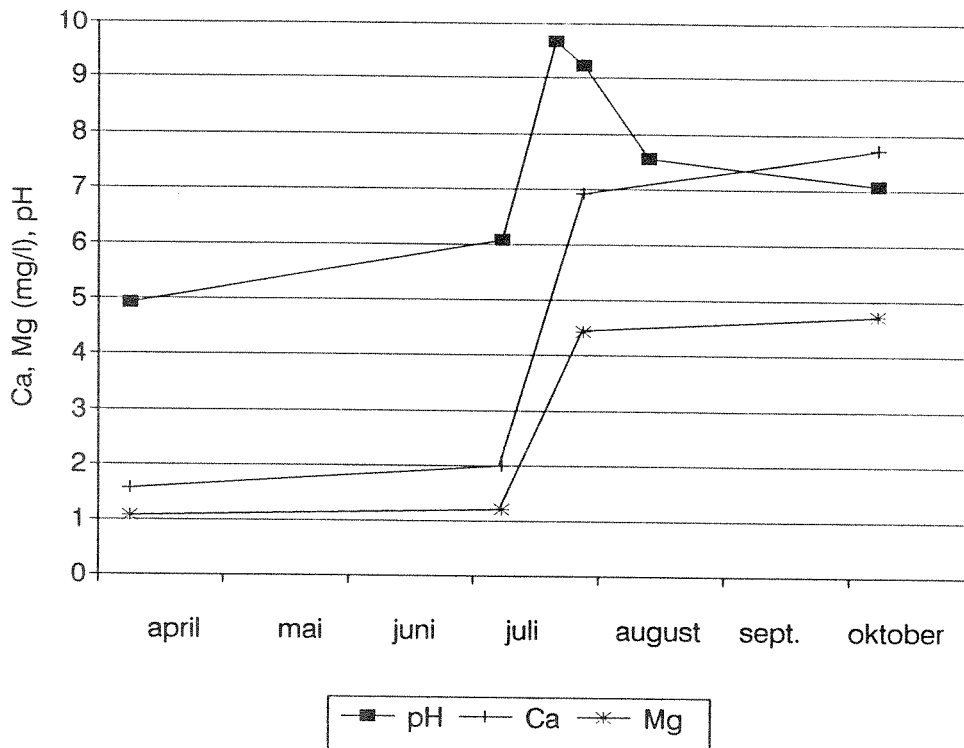
pH, Ca, Mg og alkalitet

pH for de to vannene var mellom 5 og 6 før kalking. I Svart-holtjenn var det en klar økning i både pH og kalsium ved bunnen før kalking. Det viser at det er kalsiumkilder i innsjøbassenget eller i umiddelbar nærhet av dette.

Utvikling i pH, kalsium og magnesium etter kalking er vist i figurene 4 og 5.



Figur 4. pH, kalsium og magnesium før og etter kalking av Barlindtjenn. Resultater fra en meters dyp er vist.



Figur 5. pH, kalsium og magnesium før og etter kalking av Svartholtjenn. Resultater fra en meters dyp er vist.

Omlag en uke etter avsluttet kalking var pH i Barlindtjenn 7.2 i det øvre vannlag. Kalken var ikke blandet inn i hele vannmassen, slik at pH fortsatt var omkring 5.5 på 8 meter. I Svartholtjenn var pH økt til 9.7-10.0 i sjiktet 0-5 meter en uke etter kalking.

To uker etter kalking ser det ut til at vannkjemien i de to vannene var omtrent den samme. pH i Svartholtjenn hadde avtatt noe, til 9.2-9.5. Mens det var en ubetydelig økning av kal-



siumkonsentrasjonen på bunnen av Barlindtjenn, var det en økning på over 3.5 mg Ca/l fra 5 til 8 meters dyp i Svartholtjenn. Alkaliteten var også vesentlig høyere ved bunnen. Magnesiumkonsentrasjonen var imidlertid omtrent den samme på 8 meter som på 5 meter.

En måned etter kalking av Barlindtjenn var det fortsatt skarp vertikal sjiktning i vannkjemi. Det var et relativt betydelig avtak i magnesiumkonsentrasjonen i øvre vannlag, mens både kalsiumkonsentrasjonen og alkaliteten var relativt uforandret fra forrige prøvetaking.

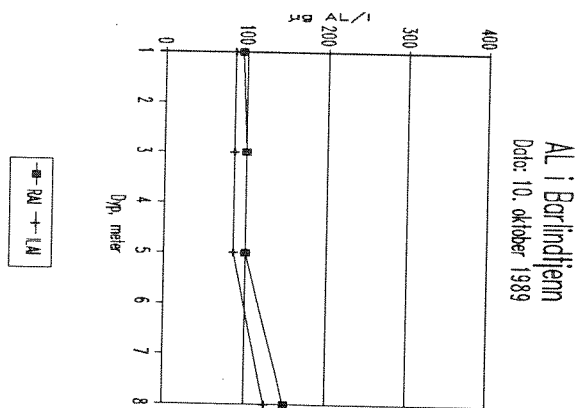
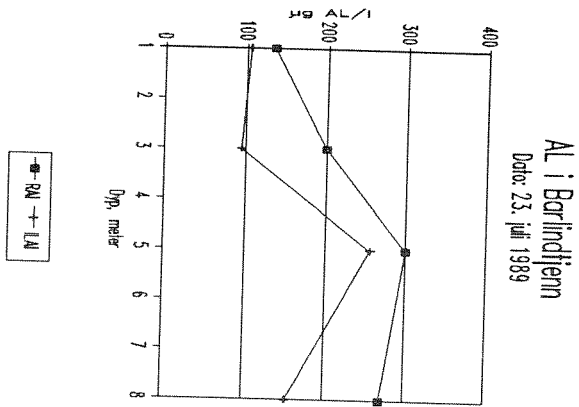
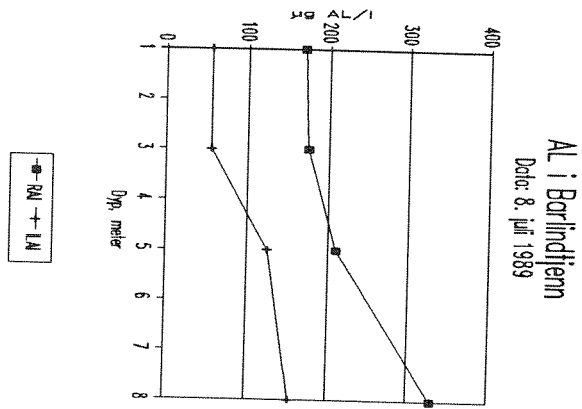
I Svartholtjenn var pH avtatt med nesten to hele enheter etter en måned og lå på pH 7.5.

Den 10.10.89, dvs. omkring tre måneder etter kalking, var det fullsirkulasjon i begge vann. Det var ingen vertikale kjemiske gradienter. I Barlingtjenn var pH 6.5, dvs. en enhet lavere enn i august. Kalsiumkonsentrasjonen var 4 mg Ca/l og magnesiumkonsentrasjonen var 2.3 mg Mg/l. Alkaliteten var 120  $\mu\text{ekv/l}$ .

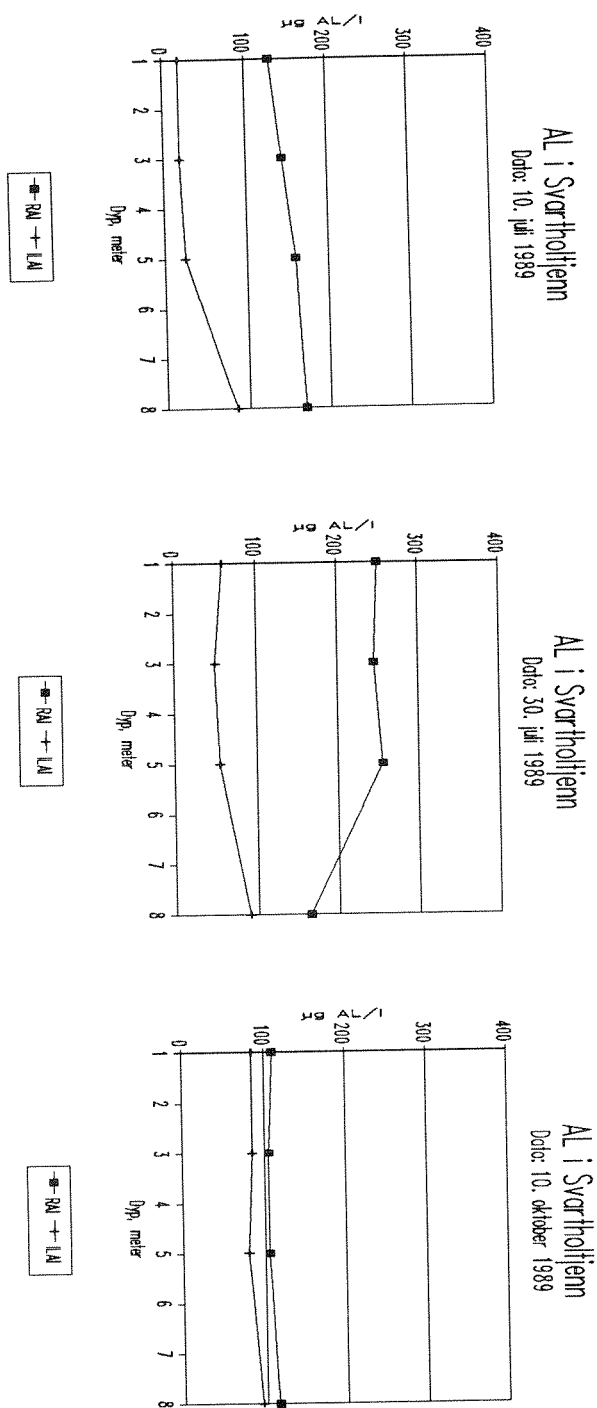
I Svartholtjenn var pH fortsatt over 7, mens kalsium- og magnesiumkonsentrasjonen var hhv. 7.7 og 4.7 mg/l. Til tross for at en del kalk på det tidspunktet var ført ut av vannene med avrenningen, var altså konsentrasjonene i sjiktet 0-5 meter høyere enn to måneder tidligere.

Aluminium
-----------

Aluminiumkonsentrasjonene var svært høye i begge vann i april 1989, omkring 0.5 mg Al/l. Det var ikke is på vannet i denne perioden. Prøvene antas derfor å være representative for hele vannmassen. Den labile fraksjonen var 370 og 465  $\mu\text{g Al/l}$  i hhv. Barlindtjenn og Svartholtjenn. Det er denne fraksjonen



Figur 6. Aluminiumkonsentrasjoner i Barlindtjenn før og etter kalking. Labilt aluminium er differansen mellom reaktivt og ikke-labilt aluminium og utgjøres av området mellom kurvene.



Figur 7. Aluminiumkonsentrasjoner i Svartholtjønn før og etter kalking. Labilt aluminium er differansen mellom reaktivt og ikke-labilt aluminium og utgjøres av området mellom kurvene.

som er antatt å være giftig for fisk.

Umiddelbart før kalking var aluminiumkonsentrasjonen redusert til 150-200  $\mu\text{g Al/l}$  i de to vannene (figur 6 og 7). Den labile fraksjonen var noe over 100  $\mu\text{g Al/l}$ .

Etter kalking avtok den labile fraksjonen i Barlindtjenn, mens den økte sterkt i Svartholtjenn. I Svartholtjenn økte også den totale aluminiumkonsentrasjonen.

Tre måneder etter kalking var den totale aluminiumkonsentrasjonen, representert ved reaktivt aluminium, redusert til omkring det halve i Barlindtjenn og med 50 % i Svartholtjenn. Den labile fraksjonen var nå helt nede i 10-20  $\mu\text{g Al/l}$  i begge vann (figur 6 og 7).

#### 4.2. Kalkoppløsning

Det ble brukt to helt forskjellige kalkdoser i Barlindtjenn og Svartholtjenn. Dette resulterte også i forskjellig oppløsning. Oppløsning er beregnet for de dager det er analysert kalsium og magnesium. Resultatene er gitt i tabell 2.

Den moderate dosen i Barlindtjenn har gitt omkring 100 % oppløsning av kalsinert dolomitt. Den høye oppløsningen (142 %) beregnet på bakgrunn av magnesiumkonsentrasjoner kan ikke forklares. Den tidobbelte dosen i Svartholtjenn har gitt vesentlig lavere oppløsning, omkring 40 %.

Tabell 2. Oppløsning av havbrent dolomitt beregnet på grunnlag av kalsium- og magnesiumkonsentrasjoner.

	Barlindtjenn		Svartholtjenn	
	Ca	Mg	Ca	Mg
Tid etter kalking				
To uker	102	142	41	41
Fire uker	97	88		
Tre måneder	98	97	47	47

Resultatet etter tre måneder er summen av følgende fire prosesser: 1) Momentanoppløsning, som skjer mens kalkpartiklene synker mot bunnen, 2) Langtidsoppløsning, som skjer fra sedimenterte kalkpartikler, 3) Ionebytting av kalsium og magnesium, som skjer mellom vann og sedimentoverflate og 4) Tap via utløpet.

Resultater for Barlindtjenn viser at det ikke har vært særlig tap via utløpet, siden beregnet oppløsning er den samme etter fire uker og tre måneder.

Resultater for Svartholtjenn viser at det har vært en økt oppløsning over tid, svarende til omkring 150 kg kalk.

## 5. DISKUSJON

### 5.1. Vannkjemi

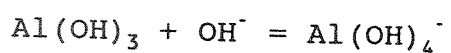
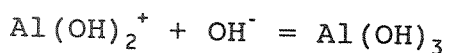
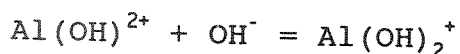
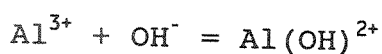
Resultatene for Barlindtjenn viser at ved moderate doser vil bruk av kalsinert dolomitt ikke gi uakseptabel høy pH. Vannkvaliteten etter kalking er som etter kalking med finmalt dolomitt.

Kalkingen av Svartholtjenn med 46 mg kalk/l ga pH-verdier opp til 10.0. Dette er ikke akseptabelt. Det antas at så høy pH kan gi skadevirkninger på de fiskearter som er vanlige i norske vann og vassdrag.

Ved kalking av norske innsjøer må det som regel overdoseres i forhold til innsjøenes eget avsyringsbehov. I Lille Finnetjenn i Gjerstad var kalkdosen 63 mg kalk/l og kalsiumkonsentrasjonen kom opp i 6-7 mg Ca/l (Hindar 1984). pH var 7-7.5 etter kalking. Denne dosen ble vurdert som rimelig i forhold til vannets oppholdstid (0.3 år) og kalkens oppløsning (27 % etter 10 dager). Kalkdosen i Pollen (Hovvatn) var 265 mg kalk/l (Wright 1982) og er vurdert som altfor stor (oppholdstid 0.5 år og beregnet varighet av kalkingen 5 år).

Kalkdosen i Svartholtjenn er ikke for høy for vann med rask gjennomstrømming. Kalsinert dolomitt er derfor uegnet for kalking i denne vanntypen. Også annen form for overdosering bør unngås.

Økningen i labilt aluminium skyldes at aluminium foreligger som aluminat ved høy pH. De reaksjoner som beskriver aluminiumskjemien i vann er:



Ved pH over 8 dominerer den siste likevekten. Ved så høye pH-verdier kan det også tenkes at aluminium på innsjøsedimentet løses opp. Det vil, som i dette tilfellet, resultere i høyere aluminiumkonsentrasjoner etter kalking enn før kalking, også om en ser på reaktiv eller total aluminium.

Siden konsentrasjonen av de toverdige kationer kalsium og magnesium er så høy, vil giftigheten av aluminium være betydelig redusert. Vi kjenner imidlertid lite til effektene av aluminat på fisk og andre organismer.

Vurdert på bakgrunn av den vannkjemi som er oppstått og de kalkdosene som er brukt kan det ikke uten videre anbefales å bruke kalsinert dolomitt til innsjøer med kort oppholdstid. I slike innsjøer må kalkdosen være relativt stor for å sikre god vannkvalitet i en viss periode (0.5-1.5 år). Doser av kalsinert dolomitt på 20-40 mg kalk/l bør unngås. Det er selvfølgelig mulig å kalke oftere for å unngå høyere doser, men mer enn to ganger årlig er det i de fleste tilfeller urealistisk å kalke.

## 5.2. Kalkopløsning

Kalsinert dolomitt ble løst meget raskt opp med den moderate dosen som ble brukt i Barlindtjenn. En momentanopløsning (opløsning før partiklene treffer innsjøbunnen) på omkring 100 % synes realistisk ifølge beregningene. Med den oppgitte kornfordeling og det relativt høye innholdet av dolomitt, er denne oppløsningen uventet høy. Hvis en ønsker å sammenlikne denne kalktypen med andre kalkmel, anbefales derfor å gjøre oppløsningsforsøk i forsøkskolonner.

Ved større doser (30-50 mg/l) må det regnes med en vesentlig redusert oppløsning. I denne undersøkelsen var oppløsningen omkring 40 % ved en dose på 42 mg/l. Men også da er oppløsningen god i forhold til andre kalktyper.

Den gode kalkoppløsningen kan gjøre kalsinert dolomitt attraktiv for kalking av innsjøer med lang oppholdstid. Det forutsetter imidlertid at tonnprisen ikke er urimelig høy.

## 6. REFERANSER

Hindar, A. 1984. pH-utvikling og kalkutnyttelse vedf kalking av tre småvann i Gjerstad, Aust-Agder. Kalkingsprosjektet, Rapport 14/84. 69 s.

Sverdrup, H.U. 1985. Cacite dissolution kinetics and lake neutralization. Doktoravhandling. Lund TH, 169 s.

Wright, R.F. 1982. Kalking av Hovvatn. Vannkvalitet før og etter kalking. Kalkingsprosjektet, Rapport 3/82. 63 s.

## 7. VEDLEGG



## 7.1. Primærdata

Data for vann kalket med dolomitt  
Vann: Berlindtjenn

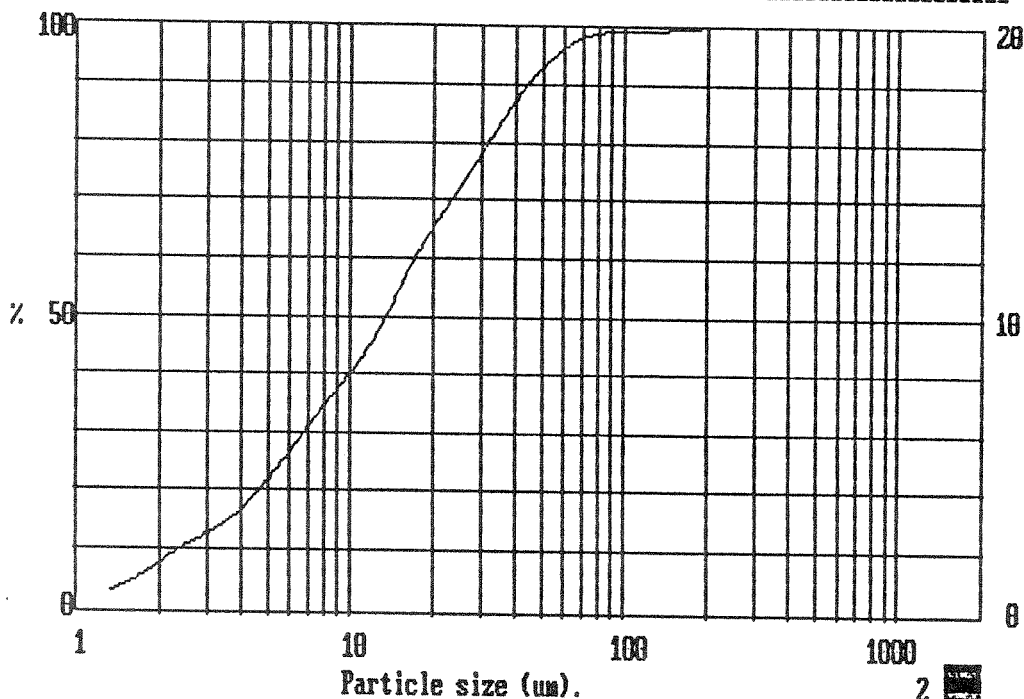
Dato	Dyp meter	Temp	pH	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Mg mg/l	ALK-E uekv/l	RA1 ug/l	ILAl ug/l	LA1 ug/l
04/10/89	1	6.0	5.00	29	2.15	1.15		480	110	370
07/08/89	1	22.0	5.44	19	2.50	1.34		170	55	115
07/08/89	3	21.0	5.24	16	2.30	1.31		175	55	120
07/08/89	5	13.5	5.32	22	2.22	1.28		210	125	165
07/08/89	8	8.7	5.27	22	2.24	1.29		330	155	175
07/16/89	1	21.3	7.25							
07/16/89	3	20.9	7.21							
07/16/89	5	14.5	6.56							
07/16/89	8	8.5	5.46							
07/23/89	1	21.6	7.20	15	4.65	3.40	187	135	105	30
07/23/89	3	20.4	7.18	16	4.67	3.38	193	200	95	105
07/23/89	5	14.6	6.49	34	2.88	1.67	38	300	255	45
07/23/89	8	8.6	5.63	29	3.21	1.74	71	270	155	115
08/06/89	1	19.7	7.47		4.42	2.58	182			
08/06/89	3	19.8	7.48		4.43	2.56	186			
08/06/89	5	11.8	5.87		3.08	1.65	56			
08/06/89	8	9.2	5.82		3.29	1.68	76			
10/10/89	1	11.0	6.52	50	3.96	2.29	121			
10/10/89	3	10.9	6.50	49	3.95	2.28	121	100	85	15
10/10/89	5	10.8	6.55	51	3.90	2.29	122	100	85	15
10/10/89	8	9.0	6.34	71	4.05	2.28	145	150	125	25

Data for vann kalket med dolomitt  
Vann: Svartholtjenn

Dato	Dyp meter	Temp	pH	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	Mg mg/l	ALK-E uekv/l	RA1 ug/l	ILAl ug/l	LA1 ug/l
04/10/89	1	6.0	4.92	12	1.58	1.07		540	75	465
07/10/89	1	22.0	6.08	6	2.01	1.21		130	20	110
07/10/89	3	21.8	5.42	4	1.79	1.10		145	20	125
07/10/89	5	21.4	5.43	3	1.84	1.10		160	25	135
07/10/89	8	13.6	7.05	11	4.20	1.43		170	85	85
07/23/89	1	21.6	9.67							
07/23/89	3	21.1	9.84							
07/23/89	5	20.3	10.0							
07/23/89	8	13.3	6.70							
07/30/89	1	20.9	9.22	14	6.92	4.42	493	250	60	190
07/30/89	3	20.8	9.28	13	6.92	4.42	497	245	50	195
07/30/89	5	20.4	9.51	15	7.06	4.54	504	255	55	200
07/30/89	8	13.7	6.62	51	10.7	4.73	836	165	90	75
08/15/89	1	20.1	7.57							
08/15/89	3	19.0	7.54							
08/15/89	5	18.7	7.51							
08/15/89	8	13.2	6.73							
10/10/89	1	11.8	7.09	38	7.73	4.72	545	110	85	25
10/10/89	3	11.6	7.14	36	7.68	4.73	536	105	85	20
10/10/89	5	11.6	7.18	38	7.74	4.73	551	105	80	25
10/10/89	8	11.5	7.15	37	7.75	4.77	553	115	95	20

## 7.2. Kornfordelingskurve for halvbrent dolomitt.

Malvern Instruments MASTER Particle Sizer M6.10 Date 09-12-88 Time 13-44



System number 5371 Diode jj100

Malvern Instruments MASTER Particle Sizer M6.10 Date 09-12-88 Time 13-46

Size : microns : under	% : in band:	Size : microns : under	% : in band:	Result source= Dolomitt Record No. = 4 Focal length = 100 mm. Experiment type pil Volume distribution Beam length = 14.3 mm. Obscuration = 0.1522 Volume Conc. = 0.0000 % Log. Diff. = 1.84 Model indp
188.0 : 100.0	0.0 :	17.7 : 61.3	5.8 :	D(v,0.5) = 13.4 um
162.0 : 100.0	0.1 :	15.3 : 55.5	6.3 :	D(v,0.9) = 43.5 um
140.0 : 99.9	0.1 :	13.2 : 49.3	5.2 :	D(v,0.1) = 2.4 um
121.0 : 99.7	0.1 :	11.4 : 44.0	4.3 :	D(4,3) = 17.9 um
104.0 : 99.6	0.1 :	9.8 : 39.7	3.7 :	D(3,2) = 7.1 um
89.9 : 99.5	0.4 :	8.5 : 35.9	3.8 :	Span = 3.1
77.5 : 99.1	1.1 :	7.3 : 32.1	4.1 :	Spec. surf. area 1.0445 sq.m./cc.
66.9 : 98.0	1.9 :	6.3 : 28.0	4.0 :	
57.7 : 96.1	2.8 :	5.4 : 24.0	3.6 :	
49.8 : 93.3	3.6 :	4.7 : 20.4	3.2 :	
42.9 : 89.6	4.3 :	4.1 : 17.2	2.5 :	
37.1 : 85.4	4.9 :	3.5 : 14.6	1.9 :	
32.0 : 80.5	5.0 :	3.0 : 12.8	1.6 :	
27.6 : 75.5	4.8 :	2.6 : 11.2	1.9 :	
23.8 : 70.8	4.6 :	2.2 : 9.3	2.2 :	
20.5 : 66.1	4.8 :	1.9 : 7.1	:	

System number 5371 Diode jj100

### 7.3. Analyse av kalsinert dolomitt. Laboratorierapport fra WEST-LAB A/S.

Laboratorirapport  
Side 1 av 1  
med 4 vedlegg

**WEST-LAB**

Tananger 7.5.90  
Rapport: 3105

#### Metode

Prinsippet bak røntgendiffraksjon (XRD) er at en fokusert røntgenstråle sendes inn mot prøven. Røntgenstråler har en bølgelengde omtrent lik avstanden mellom to atomer i et fast stoff. Når strålen treffer prøven oppstår det en diffraksjon p.g.a. at strålen slår inn mellom atomene. I prinsippet gir et hvert fast stoff et entydig diffraktogram. Kvalitative bestemmelser utføres ved sammenligning mot en standard-database. Vår data-base er utgitt og styrt av Joint Comity for Diffraction Data.

XRD er en meget god metode ved bestemmelse av mineraler, salter, korrosjonsprodukter etc.

De mottatte prøvene er ikke tørket eller ytterligere nedmalt, men homogenisert og analysert direkte.

Kvalitativ bestemmelse av mineralene i prøvene er utført ved hjelp av en standard data-base for XRD. Kvantitativ bestemmelse er gjort ved hjelp av en metode utviklet ved National Institute of Standards (tidligere NBS).

Som standarder er NBS nr. 88b Dolomitic limestone benyttet for dolomitt, mens det er benyttet Merck p.a. kjemikalier for kalsitt ( $\text{CaCO}_3$ ), CaO og MgO. Som intern standard er Si-metall benyttet.

#### Resultater

##### Kalsinert dolomitt

	Vekt %
Dolomitt	64
Kalsitt	10
CaO	11
MgO	16

Prøven inneholder også ca. 0,5 % aragonitt (meta-stabil modifikasjon av  $\text{CaCO}_3$ ), samt ca. 2 % glimmer. Det er ikke tatt hensyn til disse fasene ved kvantifisering.

Det relativt store aviket fra den foreløpige rapporten, særlig for CaO og MgO skyldes at de generelle faktorer som ble benyttet i den foreløpige kvantifiseringen ikke stemmer særlig godt ved vårt diffraktometer.

Det er tydlige indikasjoner på en viss løslighet av CaO i MgO og av MgO i CaO fra diffraktogrammet. Dette flytter litt på diffraksjonstoppene, og innfører en ikke-kontrollerbar usikkerhet i bestemmelsen. Dette gjør at den relative feilen er såvidt høy som +/- 20 %.

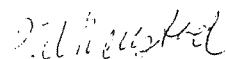
Diffraktogrammet for prøven er vedlagt. Dette er plottet sammen med en syntetisk blanding som inneholder: 69 % dolomitt, 10 % kalsitt, 15 % CaO og 8 % MgO.


Prøven av ren dolomitt og av brent kalk er også analysert.

Prøven av brent kalk gir ved direkte sammenligning med en ren CaO prøve ett innhold på 90-95 % CaO. Ved siden av finnes 2-3 %  $\text{Ca(OH)}_2$ , 2 %  $\text{CaCO}_3$  og noe ikke-krystallinsk materiale.

Prøven av ren dolomitt inneholder 95 % dolomitt og 5 % kalsitt. Den rene dolomitten er sammenlignet med komersiell hagekalk fra Franzefoss bruk. Direkte sammenligning med prøven av ren dolomitt gir hagekalken et innhold på 80-85 % dolomitt og 4-5 % kalsitt. Resten er ikke-krystallinsk materiale.

Analysert av

  
P. Navestad  
Avdelingsleder kjemi

  
J. O. Thorsplass  
Geolog