



Bergvesenet rapport nr 7279	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Grong Gruber AS	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato

Tittel
Kartlegging av svovelforbindelser i prosessvannet ved oppredningsverket til Grong gruber A/S

Forfatter
Husby Kjetil

Dato **År**
21.12 1992

Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)
Norsulfid Grong Gruber AS

Kommune
Røyrvik

Fylke
Nord-Trøndelag

Bergdistrikt

1: 50 000 kartblad
19241

1: 250 000 kartblad
Grong

Fagområde
Oppredning

Dokument type

Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt)
Jomafeltet
Jomaforekomsten

Råstoffgruppe
Malm/metall

Råstofftype
Cu, Zn

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Utgangspunktet for oppgaven var driftsproblemer i oppredningsverket. Gips i prosessen.

Tiosulfatmengdene ble målt i 4 serier.

Resultatene viser at avleiringene i bare liten grad skyldes gips og at årsak gjengroing er sammensatt av flere faktorer. Jernforbindelser eller partiklenes gitterstruktur kan muligens påvirke avleiringsmekanismen.

Ellers tydet tiosulfatmengden på at høyt nivå ga høyere utvinning av kobber og mindre sink i avgang

KARTLEGGING AV SVOVELFORBINDELSER
I PROSESSVANNET VED OPPREDNINGSVERKET
TIL GRONG GRUBER AS

HOVEDOPPGAVE I MINERALTEKNIKK

AV

KJETIL HUSBY



NTH

UNIVERSITETET I TRONDHEIM
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE

Fakultet for berg-, petroleums-
og metallurgifag
Institutt for geologi og
bergteknikk

HOVEDOPPGAVEN

1992

Fylles ut av faglærer:

Eksamenskandidat: Kjetil Husby

har fått utlevert hovedoppgavetekst den: 24.08.1992

Frist for levering av besvarelse er satt til: 24.12.1992

Oppgavens foreløpige tittel er: KARTLEGGING AV LØSELIGE SVOVELFORBINDELSER
I PROSESSVANNET VED GRONG GRUBERS OPPREDNINGSVERK

Utfyllende tekst: Se vedlegg

Jeg bekrefter kandidatens opplysninger om planen for hovedoppgaven og påtar meg å være faglærer for ham. Kandidaten har krav på minst en ukentlig konferanse med faglærer eller dennes stedfortreder.

Kandidaten skal utføre arbeidet selvstendig. Litteratur, tegninger eller andre kilder som er benyttet under arbeidet skal angis i besvarelsen. Forøvrig avgjør faglæreren hvilken støtte kandidaten kan få under sitt arbeide.

Ved arbeider som utføres ute i bedrifter, har kandidaten anledning til å søke opplysninger hos bedriftens personale. Hvis han/hun på denne måten mottar råd eller vink som er av betydning for løsning av oppgaven, må dette anføres i besvarelsen.

Besvarelsen som bl.a. skal inneholde en detaljert fremsstilling av arbeidets art, utførelse og resultater, skal leveres Avdelingskontoret i 2 - 10 - eksemplarer innen den fastsatte tidsfrist. Besvarelsen skal være innbundet og forsynt med oppgavens tittel på første side. Som side 2 innles en erklæring om at arbeidet er utført selvstendig og i samsvar med Eksamensreglementet.

I henhold til Eksamensreglementets paragraf 14 blir besvarelsen NTHs eiendom og kan av NTH benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Besvarelsen kan ikke benyttes til andre formål, f.eks. økonomiske, uten etter avtale mellom de interesserte parter. Oppgaven kan heller ikke offentliggjøres uten avdelingens samtykke.

Arbeidet oppbevares i de respektive institutters arkiv.

Sted, dato: Trondheim 14/12 92

Kjetil L. Sandvik
Faglærer



NTH
UNIVERSITETET I TRONDHEIM
Institutt for geologi
og bergteknikk

TEKST HOVEDOPPGAVE FOR KJETIL HUSBY

Tittel norsk:

**KARTLEGGING AV LØSELIGE SVOVELFORBINDELSER I PROSESSVANNET
VED GRONG GRUBERS OPPREDNINGSVERK**

Tittel engelsk:

**A SURVEY OF WATER SOLVABLE SULPHUR COMPOUNDS IN THE PROCESS
WATER OF THE GRONG GRUBER CONCENTRATOR**

Utfyllende tekst:

Grong gruber har betydelige driftsproblemer som skyldes gipsutfelning i prosessutstyr. Oppgaven vil derfor bestå i:

- A) Kartlegge sulfat-thiosulfatnivå i forskjellige vann- og pulpstrømmer. Møller - spesielt ommalingsmøllen og Cu-kretsen - er antatt viktig i dette bildet.
- B) Skaffe vannbalanser for de tilsvarende kretser. En kan forhåpentligvis bygge på massebalanser som allerede eksisterer. Spylevann kan være vesentlig i dette bildet.
- C) Resultater med forskjellige nivåer av friskvann må skaffes.
- D) I denne sammenheng kan tidsserier på visse målepunkter, f.eks. ved utløp av det avgrensede deponeringsområde, vann inn på primærmøllen etc., være av interesse.
- E) Hvis det er mulig bør effekten av friskvanntilsats i spesielle prosessavsnitt undersøkes. En er her interessert i utslag på gipsdannelse - thiosulfat og sulfatinnhold.

01.10.92/KLS

UTTAK AV HOVEDOPPGAVE OG EGENERKLÆRING
Leveres via faglærer og instituttkontor til avdelingskontoret

Fullt navn med blokkstift:	HUSBY, KJETIL
Linje/studieretning:	GEOLOGI OG BERGTEKNIKK
Postadresse under studiet (evt. stud.postnr.):	Innherreds v. 92 A STUD. POST: 87
Dato for utlevering:	24.08.92
Dato for innlevering:	24.12.92
Oppgavens foreløpige tittel:	Kartlegging av løselige suovelforbindelser i prosessuannet ved Grong Gruber
Faglærer:	Prof. Knut L. Sandvik
Veileder:	
Jeg har sendt søknad om å få utføre hovedoppgaven ved følgende bedrift/institutt utenfor Bergavdelingen:	Grong Gruber
Jeg har/får hel/halb vit.ass.stilling ved:	
Andre opplysninger:	

Jeg erklærer:

1. at jeg har satt meg inn i gjeldende reglement og administrative rutiner for hovedoppgavestudiet
2. at jeg har fullført alle krav for å påbegripe hovedoppgaven, dvs. bestått alle eksamener og fullført 20 ukers obligatorisk praksis, som er dokumentert.

Sted, dato: Trondheim 10-92

Kjetil Husby

Underskrift

FORORD

Undertegnede vil uttrykke takknemmelighet for den støtte som er gitt fra Grong Gruber, og NTH ved institutt for Geologi og Bergteknikk. Jeg vil takke for givende samtaler og bakgrunnsstoff, som har vært en nødvendighet for gjennomføringen av hovedoppgaven.

Trondheim 21.desember



Kjetil Husby

SAMMENDRAG

Utgangspunktet for oppgaven var driftsproblemer ved oppredningsverket til Grong Gruber. Etter almen oppfatning skyldtes disse problemene gips i prosessen. Dette var et vinterfenomen, der is på bassenget ga et lukket system. Tiosulfatmengdene bygdes dermed opp i bassenget, med påfølgende økning i sulfatmengdene. Gips ble så avleiret i prosessen, med driftsstans som resultat. Det var også mening å vurdere hvordan ferskvann påvirket de nevnte forhold, men dette ble ikke lagt inn i løpet av arbeidet med hovedoppgaven.

Med basis i denne problemstillingen ble tiosulfatmengdene målt i fire hovedserier. Det hadde også vært ønskelig å få analysert på sulfat, men dette var en vanskelig analyse. Hver prøverunde måtte i så tilfelle sendes til NIVA, og derfor ble det valgt å sløyfe disse inntil videre. I tillegg til tiosulfat, ble det analysert på kalsium, magnesium, sulfitt, sulfid og pH. For å kartlegge mengdene i prosessen var det nødvendig å sette opp en massebalanse, med vannmengder og vekt % fast. I den forbindelse ble det foretatt endel målinger på % fast i pulpen og pulpmengder.

Gjennom arbeidet viste det seg at tiosulfatinnholdet viste tegn til å synke, istedenfor å øke som først antatt. Det ble derfor besluttet å sende en prøverunde til NIVA for sulfatanalyse. Resultatene viste at det allerede i november var en viss mulighet for utfelling. Med forventet stigning i sulfatnivået utover vinteren, ville dermed gips med stor sikkerhet felles ut. Ut fra denne antakelsen var det usannsynlig at det skulle gå ca. fem måneder før problemene toppet seg. Avsetningsprøver ble derfor tatt med til NTH for analyse, for å bestemme sammensetningen. Disse analysene viste at det ikke var gips som ble avleiret i prosessen, men svovelkis, amfiboler, kobberkis, kloritt, talk og spor av gips og sinkblende.

Det kunne derfor slås fast at muligheten for utfelling ikke var bestemmende for hva som ble avleiret i prosessen. Overflateladningen til partiklene ble vurdert, men dette kunne ikke være hele forklaringen. Det ser ut til at problemet med

gjengroing er sammensatt av flere faktorer. Det er mulige at jernforbindelser eller partiklenes gitterstruktur påvirker avleiringsmekanismen.

I tillegg til avleiringene, ble tiosulfat- og kalsiumkonsentrasjonene vurdert mot driftsresultatene. Resultatet av disse undersøkelsene viste at høyt tiosulfatnivå så ut til å gi høyere utvinning av kobber, mindre sink i kobberkonsentratet og mindre sink i avgangen. Høye kalsiummengder (mye kalk), hadde sammenheng med utvinning av kobber. Det ble ikke funnet noen direkte sammenheng mellom tiosulfatmengdene og negative driftsresultat. Tiosulfatens innvirkning på bly og sølv, sølv følger ofte bly, ble ikke sjekket.

Problemen til Grong Gruber er størst på ettervinteren, og det er da disse undersøkelsene burde vært gjort. Resultatene gav likevel et bilde av forholdene.

INNHOLD

1. INNLEDNING	1
2. LITTERATURDEL	2
2.1 Dannelse av tiosulfat	2
2.2 Tiosulfatens innvirkning på en prosess	5
2.3 Kalsiumforbindelser og løselighet	6
2.4 Overflateegenskaper	10
3. OPPREDNING VED GRONG GRUBER	16
3.1 Beskrivelse av prosessen	16
3.2 Pilotforsøk	17
4. UNDERSØKELSE SARBEID	19
4.1 Analyseobjektene	19
4.2 Sammensetningen på avsetningsprøvene	19
4.3 Prøvetaking	20
4.4 Analysemetode på tiosulfat, sulfitt og sulfid	22
4.4.1 Resultatene på tiosulfat	25
4.4.2 Resultatene på sulfitt og sulfid	25
4.5 Analysemetode på kalsium og magnesium	29
4.5.1 Resultater på kalsium og magnesium	29
4.6 PH og temperaturmålinger	32
4.7 Mengdemålinger i prosessen	34
5. BEREKNINGER	38
5.1 Mengder av tiosulfat	38
5.2 Mengder av kalsium	40
5.3 Korrelasjon av tiosulfat og kalsium mot driftsresultatene ? ...	42
5.4 Sulfatmengder	47
6. DISKUSJON	50
7. KONKLUSJON	53
REFERANSER	54
BILAG (29 stk.)	

1. INNLEDNING

Utgangspunktet for oppgaven var å kartlegge svovelforbindelser i prosessvannet ved oppredningsverket til Grong Gruber. Det var antatt at svovelforbindelsene hadde sammenheng med gjengroing. Dernest skulle svovelforbindelsenes innvirkning på driftsresultatet vurderes. Et annet moment var vurdering av ferskvanntilsats. Ferskvanntilsats vil sannsynligvis påvirke både avleiring og driftsresultat. Ferskvann ble ikke lagt inn i løpet av arbeidet med hovedoppgaven, og det ble derfor ikke anledning til å vurdere dette.

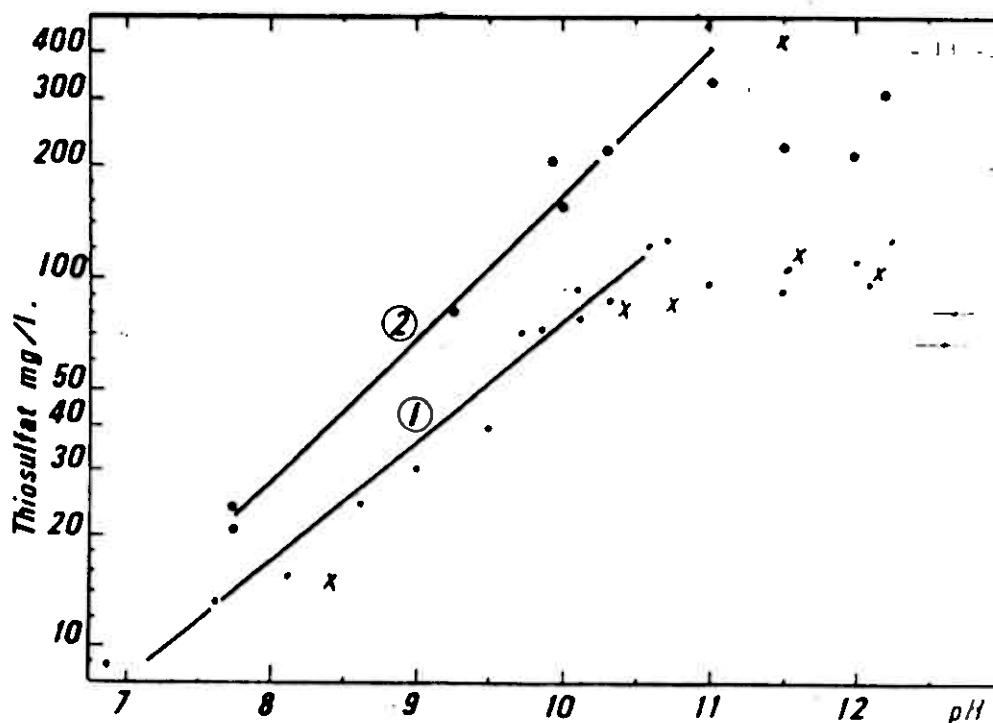
Første del av oppgaven er et litteraturstudie der generelle forhold omkring ovennevnte problemer blir beskrevet. Dette er ment som en introduksjon til de undersøkelser som ble foretatt i denne oppgaven. Litteraturstudie beskriver tiosulfat, blant annet hvordan det blir dannet og brutt ned. I tillegg vil mulighetene for utfelling bli vurdert, samt overflateegenskapene til endel aktuelle forbindelser.

2. LITTERATURDEL

2.1 Dannelse av tiosulfat

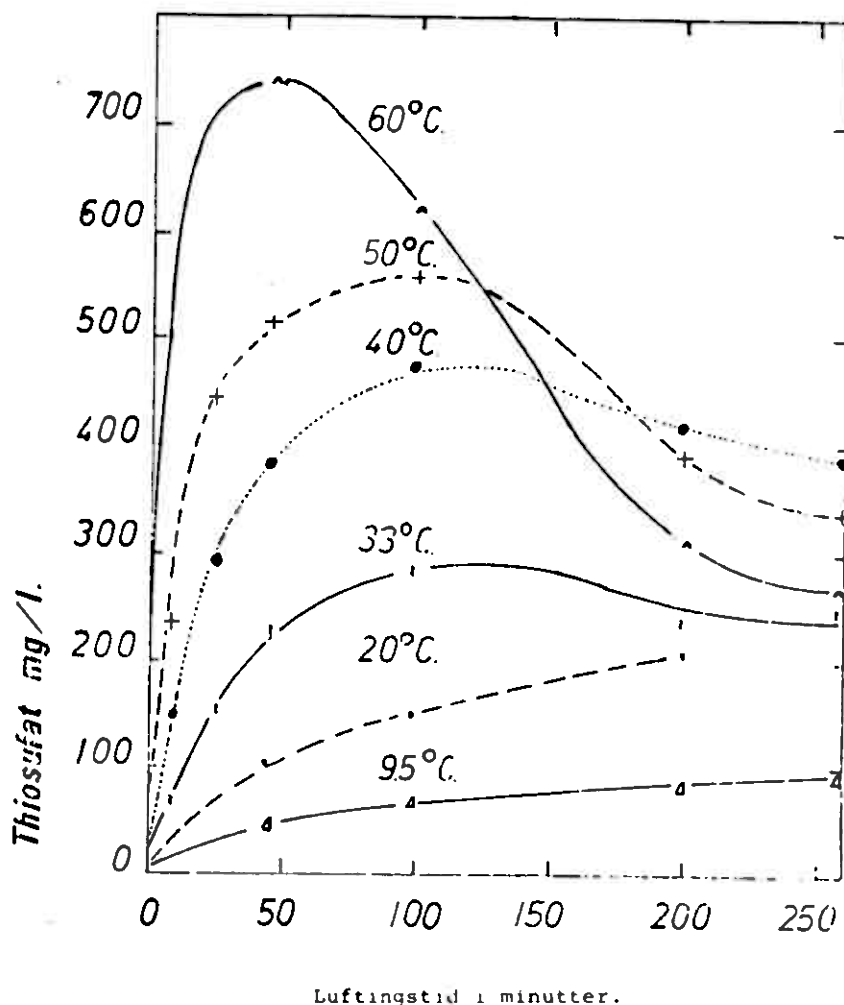
Tiosulfat, $S_2O_3^{2-}$, er en metastabil svovelforbindelse, som oksyderes av luft og medfører en sterk surgjøring. Denne forbindelsen kan ikke felles med kalk som er det naturlige botemiddel mot surgjøring. Nedbrytingen skjer over tid, og skal tiosulfatmengdene i utslippet reduseres utover naturlig oksydasjon, vil det bli tidkrevende og kostbart.

Dannelse av tiosulfat er avhengig av en rekke faktorer, som påvirker dannelseshastighet og mengde. Den viktigste faktoren er pH, da dannelse av tiosulfat krever et basisk miljø. I følge Sandvik (79), øker innholdet av tiosulfat logaritmisk opp til pH 10,5, men over denne verdien er resultatene mer usikre. Dette kan skyldes at utilstrekkelig lufttilgang begrenser tiosulfatproduksjonen. Dannelse av tiosulfat som funksjon av pH er vist i figur 1.



Figur 1: Dannelse av tiosulfat som funksjon av pH, der kurve 1 er base tilsatt som NaOH og kurve 2 som $Ca(OH)_2$ (Sandvik, 79).

Temperaturen, tilgjengelig overflateareal og luft, er faktorer som påvirker dannelsen av tiosulfat. Ved økende temperatur vil dannelsen av tiosulfat være raskere, og den umiddelbare mengden vil være høyere, men det brytes ned igjen. Temperaturens innvirkning på dannelsen av tiosulfat er vist i figur 2.

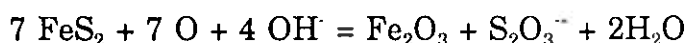


Figur 2: Temperaturens innvirkning på dannelsen av tiosulfat (Sandvik,79).

Temperaturens innvirkning synes å være begrenset, da den endelige mengde tiosulfat tydeligvis er avhengig av andre forhold (Sandvik,79). Høy temperatur vil gi en raskere dannelsen av tiosulfat, og det er mulig at den store mengden medfører en metning og påfølgende utfelling før oksydering reduserer mengden. Grensen er antakeligvis gitt ut fra pH, og ifølge Sandvik (79) ligger endelig tiosulfatinnhold sannsynligvis på ca. 250 mg/l.

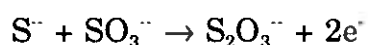
Overflatearealet ser ut til å påvirke mengden tiosulfat i vesentlig grad, da tiosulfat øker omtrent proporsjonalt med overflatearealet (Sandvik,79). Overflatearealet er et resultat av økt nedmaling, som ofte fordrer lengre oppholdstid, og totalt fremmer dette tiosulfatproduksjonen. Det er slått fast at dannelsen av tiosulfat øker med økende oppholdstid (Jfr. målinger foretatt ved pilotforsøk).

Forsøk har vist at en ikke har med endelige likevekter å gjøre, og den logaritmiske sammenhengen mellom pH og tiosulfatdannelse indikerer en reaksjonsmekanisme hvor hydroksylionene er viktige (Sandvik,79). Mulig reaksjon er:

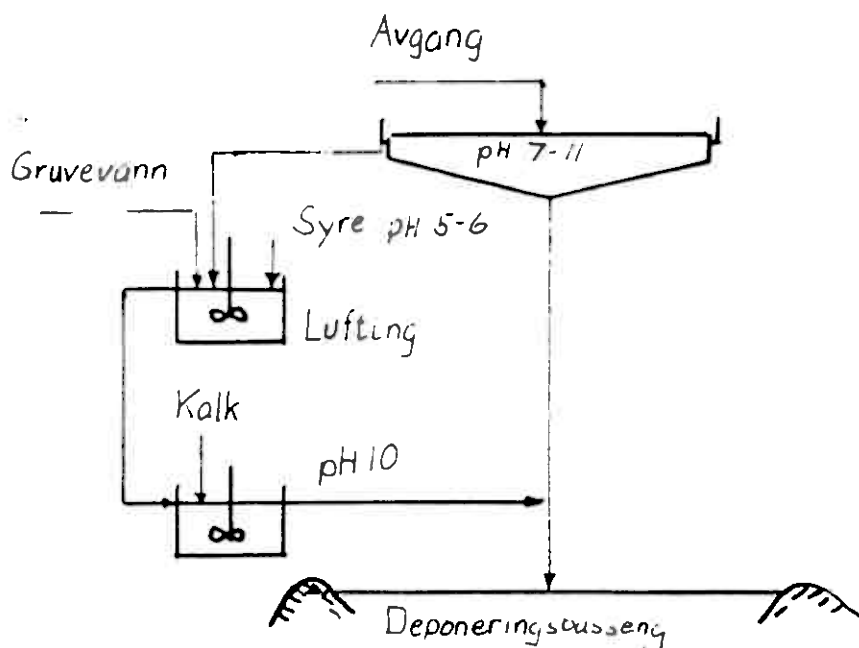


Luftmengdens innvirkning er gitt direkte ved at oksygen er med i reaksjonslikningen for dannelse av tiosulfat. Økende luftmengde gir derfor en økende produksjon av tiosulfat.

I tillegg reagerer sulfitt med sulfid og danner tiosulfat etter reaksjonen:



Müller (77), har foreslått en metode som fjerner tiosulfaten, men metoden vil være omfattende. Müller bruker bakterier for å oksydere tiosulfaten, og det ble utført forsøk der avgangsvann med 136 mg/l med tiosulfat ble tilsatt ubehandlet gruvevann (med bakterier), ved pH 2, og luftet. Resultatene viser at det under optimale betingelser tar ca. 6 timer å fjerne det meste av tiosulfaten. Noen problemer med denne metoden er at bakteriene krever CO₂ og oksygen, og ifølge Müller (77), krever svovelbakterier 14 l luft for å oksydere 100 mg tiosulfat. Forslag til behandling av tiosulfatholdig avgang, er vist i figur 3.



Figur 3: Flytskjema for behandling av tiosulfatholdig avgang (Sandvik,79).

I forbindelse med deponering av avgang fra sulfidverk, er det et faktum at de betingelsene som gir størst og hurtigst nedbryting av tiosulfat, medfører maksimal oksydasjon og metaller i løsning (Sandvik,79). Behandlingen vil derfor bli kostbar, da en må fortykke avgangen og oksydere klarvannet separat.

2.2 Tiosulfatens innvirkning på en prosess

Tiosulfat kan påvirke en prosess på flere måter, og en egenskap er tiosulfatens trykkende evne på blyglans (Sandvik,79). Sølvet følger gjerne blyglans, slik at det lett kan havne i avgangen eller i feil konsentrat. Hvor mye som forsvinner er vanskelig å si, da det er avhengig av hvor store tiosulfatmengder det er. Med en høy sølvgehalt i påsetningen, forsvinner det sannsynligvis anseelige verdier.

En annen faktor kan være gipsdannelse, der tiosulfat/sulfat reagerer med kalsium og metter pulpen. Dannelse av gips skjer i hovedtrekk om vinteren når isen ligger på dammen og konsentrasjonene av tiosulfat/sulfat får anledning til å bygge seg

opp. Det er derfor nærliggende å knytte gipsdannelsen til store mengder tiosulfat, med påfølgende sulfatdannelse, der det antas at løselighetsproduktet mellom sulfat og kalsium er overskredet. Som tidligere nevnt blir tiosulfat oksydert av luft, spesielt i nærvær av svovelbakterier. Oksydering av tiosulfat til sulfat skjer etter følgende reaksjon:



En mulig positiv egenskap kan være en trykkende effekt tiosulfaten har på sink, under spesielle forhold (Sandvik, 79). Årsaken ligger i at toverdige kobberioner som skal aktivere sinken, deltar i andre redoksreaksjoner, blant annet med tiosulfat. Er det lite tiosulfat i prosessen og mye frigjort toverdig kobber fra malmen, kan sinken bli aktivert for tidlig. Det kan føre til at sinken flottes sammen med kobberet. En viss mengde tiosulfat vil derfor indirekte holde igjen sinken ved flotasjon av kobber. I sinkkretsen vil det derimot være lite ønskelig med trykking av sinken slik at en her kan oppnå å få en negativ effekt. Hvor mye tiosulfaten har å si for flotasjonsresultatet er svært usikkert, men det er tvilsomt at det påvirker resultatet ved opptreden i moderate mengder.

Surgjoring av nedenforliggende vassdrag kan være et problem ved store mengder tiosulfat. Hvor store mengder en får i et vassdrag er vanskelig å si på forhånd, da både muligheten for dannelse av tiosulfat i prosessen og nedbryting i avgangssystemet, er av betydning. Ved Grong Gruber er det store mengder kalkstein, og denne er antakeligvis viktig fordi den reduserer surgjoringen.

2.3 Kalsiumforbindelser og løselighet

Det er tatt for gitt at groingen i oppredningsverket ved Grong Gruber har vært gips. For å sjekke mulighetene for utfelling av gips og andre forbindelser må løselighetsproduktene vurderes. Andre forbindelser kan være kalkspat, og derfor må karbonatmengdene i løsningen vurderes.

Det er dermed to forskjellige kalsiumforbindelser som må sjekkes: Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ og Kalkspat CaCO_3 . Løselighetsproduktet, K_{sp} , for disse to forbindelsene er:

$$K_{sp}(\text{CaSO}_4) = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$K_{sp}(\text{CaCO}_3) = 3,9 \cdot 10^{-9}$$

Det vil si at løseligheten for hver av disse er:

$$\text{Løselighet CaSO}_4 = 5,0 \cdot 10^{-3}$$

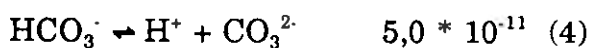
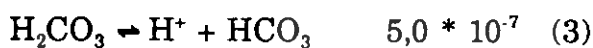
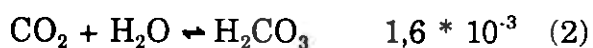
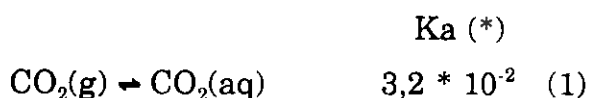
$$\text{Løselighet CaCO}_3 = 6,2 \cdot 10^{-5}$$

Umiddelbart ser en at løseligheten av gips er mye høyere enn for kalkspat. Det skulle i første omgang indikere at kalkspat felles ut først, hvis løsningen er mettet. Med tanke på at malmen er rik på kalkspat er det ikke så usannsynlig at en får en utfelling av kalkspat.

For å få et bedre bilde av hvilken utfelling som er mest sannsynlig, må en se på hvor store mengder en må ha, og hvilke mengder en har av sulfat og karbonat.

Løseligheten av gips var $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,68 \text{ g/l}$ eller 680 mg/l . Det vil si at sulfatmengden må være 480 mg/l , og kalsiummengden 200 mg/l . For å mette løsningen med kalkspat må karbonatinnholdet ved likevekt være $4,3 \text{ mg/l}$ og $2,8 \text{ mg/l}$ med kalsium.

Ser en bort i fra de mengdene av kalkspat som er i malmen, kan en sette opp en karbonatbalanse, der CO_2 blir løst i vannet og danner forskjellige karbonater. Viktige likninger i en slik balanse er gitt nedenfor:



* K_a er likevektskonstanten

Karbondioksyd reagerer med vann og gir sur reaksjon på vannet. CO_2 finnes både som løst CO_2 og som karbonsyre H_2CO_3 . Løseligheten av CO_2 i vann varierer med CO_2 - trykket og temperaturen. CO_2 vil ha større løselighet i kaldt enn i varmt vann, og det samme er tilfelle for CaCO_3 . I tabell 1 er det vist hvordan løseligheten av kalkspat varierer med temperaturen:

Temp°C	5	10	15	20	25	40
Løsl.*10 ⁻⁵	9,0	8,4	7,7	7,2	6,8	5,6

Tabell 1: Hvordan løseligheten av CaCO_3 varierer med temperaturen (Fiksdal,82).

Trykket av CO_2 er i normalatmosfæren $10^{-3,5}$ ved 25°C. Under forutsetning av at dette trykket er riktig ved de rådene forhold ved Grong Gruber, er det mulig å beregne innholdet av forskjellige karbonatforbindelser i løsningen ved en gitt pH. Fremgangsmåten til beregningene er hentet fra Fiksdal (82). Der benyttes likning 2 og 3, samt den forutsetning at konsentrasjonen av H_2CO_3 og $\text{CO}_2(\text{aq})$ er like. For å bestemme $[\text{H}^+]$ benyttes pH, der $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$.

$$[\text{H}^+] = 1,0 \cdot 10^{-11}$$

V.h.a. likning 2 og 3, likevektskonstantene, $[H^+]$ og $[H_2CO_3]$ finner en konsentrasjonene av karbonatene HCO_3^- og CO_3^{2-} .

$$[HCO_3^-] = 0,5 \text{ mol/l} = 30,4 \text{ g/l}$$

$$[CO_3^{2-}] = 2,5 \text{ mol/l} = 150 \text{ g/l}$$

Disse tallene er sannsynligvis ikke helt korrekte fordi de tar utgangspunkt i likevekt mellom forbindelsene, men de gir en pekepinn om at det er store mengder karbonat, selv om en ser bort ifra det som er i malmen. Men dette er mengden pr. liter og det er uvisst hvor mange liter det sirkulerer i prosessen. Derfor gir ikke denne beregningen svar på hvor mye som blir dannet, men potensialet pr. liter pulp ved likevekt.

Ved å snu litt på det kan en se på den mengden luft som blir tilført, ut fra hvor mye $CO_2(g)$ som går over $CO_2(aq)$, og dermed anslå karbonatinnholdet.

$$1 \text{ m}^3 \text{ luft} = 1000 \text{ l luft}$$

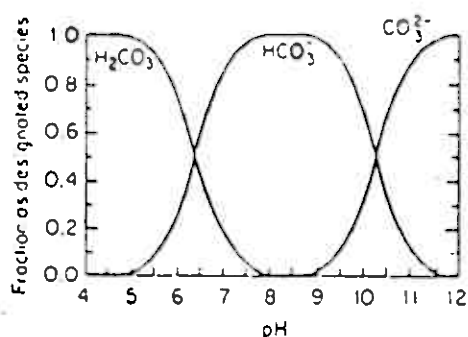
$$\text{Luft inneholder ca. } 2 \% CO_2 \Rightarrow 20 \text{ l luft}$$

$$1 \text{ mol} = 22,4 \text{ l luft} \Rightarrow 20 \text{ l} = 0,89 \text{ mol}$$

V.h.a. likevektskonstanten og likning (1), finner en ut hvor mye som går over i vannfasen:

$$[CO_2](aq) = K * [CO_2](g) = 0,0281$$

I henhold til figur 4 skal all $CO_2(aq)$ ved pH 11 gå over til HCO_3^- og CO_3^{2-} . Fordelingen mellom disse karbonatforbindelsene skal i følge den samme figuren være ca. 1 : 6. Det vil si at for hvert mol CO_2 i vannet, dannes det 1/6 mol HCO_3^- og 5/6 mol CO_3^{2-} .



Figur 4: Forholdet mellom karbonatforbindelsene ved varierende pH (Rueslåttén,91).

0,0281 mol $\text{CO}_2(\text{aq})$ gir 0,0047 mol HCO_3^- og 0,024 mol CO_3^{2-}

0,024 mol CO_3^{2-} = 0,024 * 60 (molevekt)g = 1,4 g/l

Det dannes ut fra denne metoden 1,4 g CO_3^{2-} pr.m³ luft under forutsetning av at den CO_2 som blir tilført rekker å reagere.

Totalt kan det antas at det er tilstrekkelige mengder av både kalsium og karbonat til at kalkspaten felles ut. Gipsutfelling er avhengig av sulfatinnholdet, men sulfatkonsentrasjonene kan ikke beregnes så de blir behandlet senere. Kalsiumkonsentrasjonene antas å være høye nok på grunn av kalktilsatsen og kalkspat i malmen.

2.4 Overflateegenskaper

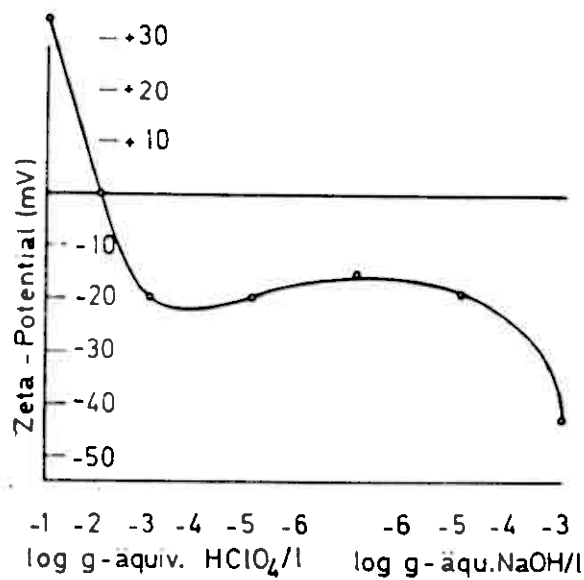
Utfelling alene kan ikke forklare hva som avleires. I pulpen vil det sannsynligvis være flere forbindelser som i utgangspunktet kan avleires. Det ser ut til å være andre forhold i tillegg som avgjør hva som fester seg i rør og flotasjonskar. Overflateegenskapene til partiklene kan være en viktig faktor, og derfor vil forskjellige forbindelser bli vurdert.

Partikler i løsning vil ofte få en ladning når de kommer i vann, og som regel er denne negativ. Denne partikkelen vil da påvirke vannfasen rundt slik at denne får en annen sammensetning og orientering enn vannfasen forøvrig. Området rundt partikler hvor vannet er forstyrret på denne måten, kalles det elektriske dobbeltlag. Det elektriske dobbeltlag strekker seg fra partikkeloverflaten til den uberørte vannfasen. Partiklene vil være mest negativ på overflaten, og etter som positive ioner fra vannfasen blir absorbert vil den negative ladningen bli redusert utover. De innerste ionene er sterkest bundet og benevnes Sternlaget. Sonen fra Sternlaget til den uberørte vannfasen kalles Zeta-potensialet. Det kan være positivt eller negativt alt etter hvilke ioner som er adsorbert i Sternlaget.

Zeta-potensialet er av interesse når en skal forklare elektrostatisk adsorpsjon. De materialene som er i rør og flotasjonskar, det være seg gummi, jern, plast etc., har alle spesielle egenskaper og overflatespenning. Et tenkt tilfelle har en hvis et rør har positiv overflatespenning og partikler i suspensjon er negativt ladet. Da kan partiklene feste seg på røret og overflaten blir negativ. Straks røret har fått et belegg av det negative partiklene, kan positivt ladete partikler tiltrekkes og gjøre det positivt. I mellom disse partiklene kan et fint stoff, med enten positiv eller negativ ladning, legge seg og kitte alle partiklene sammen til en hard masse. Dette kan foregå til røret er grodd igjen.

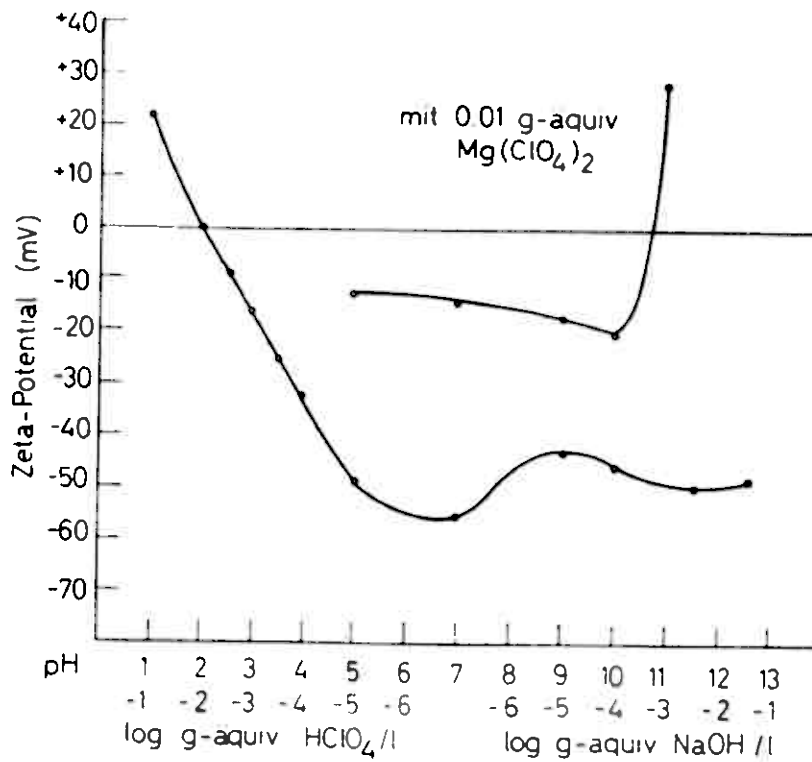
For å se på hvilke muligheter det er for ovennevnte teori, er zeta-potensialet for disse forbindelsene gjennomgått: Svovelkis, talk, kobberkis, sinkblende, amfiboltyper, kloritt, gips og kalkspat.

Svovelkis har ved pH 11 et negativt potensiale på ca. -40 mv (millivolt). Zeta potensialet for svovelkis er vist i figur 5.



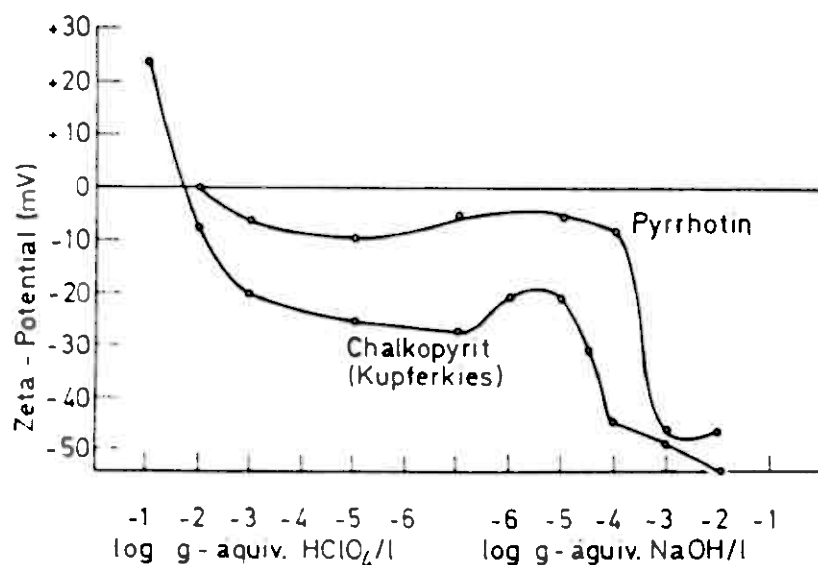
Figur 5: Zeta-potensialet til svovelkis (Ney,73).

Talk følger et noe annet forløp ved varierende pH og er litt mer negativ enn svovelkis. Potensialet til talk er vist i figur 6.

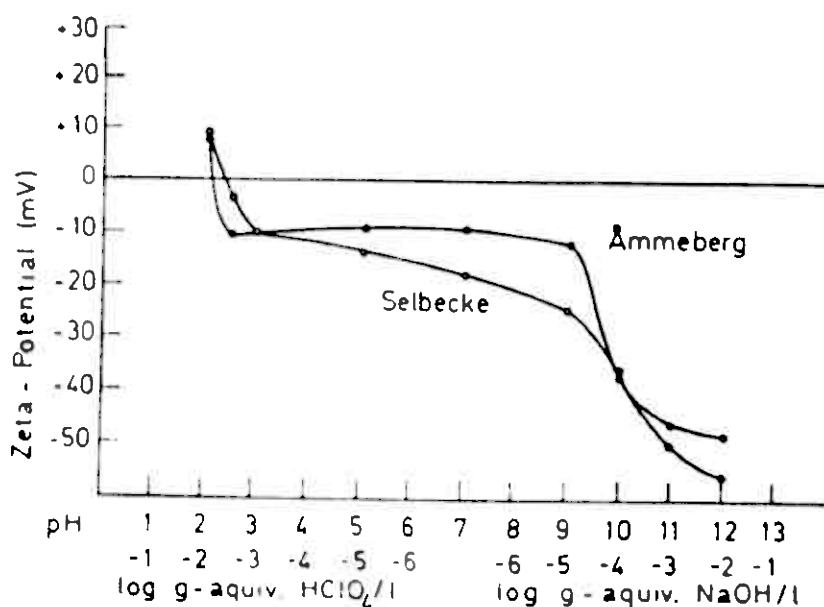


Figur 6: Zeta-potensialet til talk (Ney,73).

Kobberkis og sinkblende er det mye av i malmen. Det er derfor interessant å sammenligne zeta-potensialet til disse med de øvrige. Kobberkis har et meget sterkt negativt potensiale og er sammen med sinkblende de med sterkeste potensialet, og er vist i figur 7 og 8.

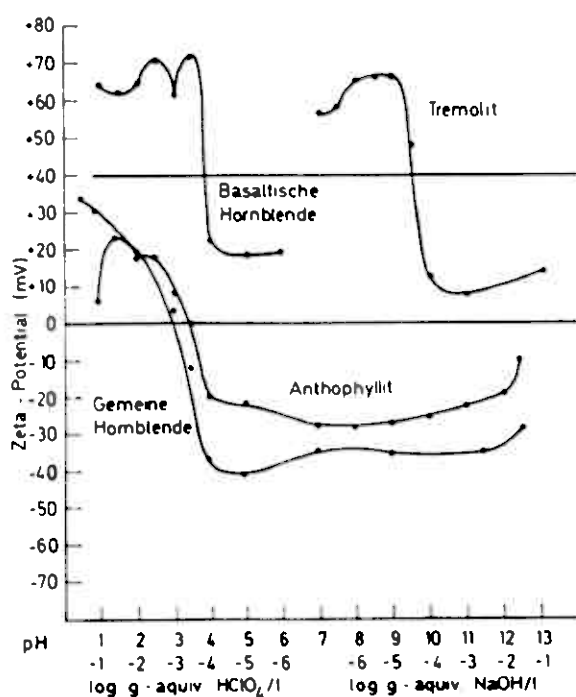


Figur 7: Zeta-potensialet til kobberkis (Ney,73).

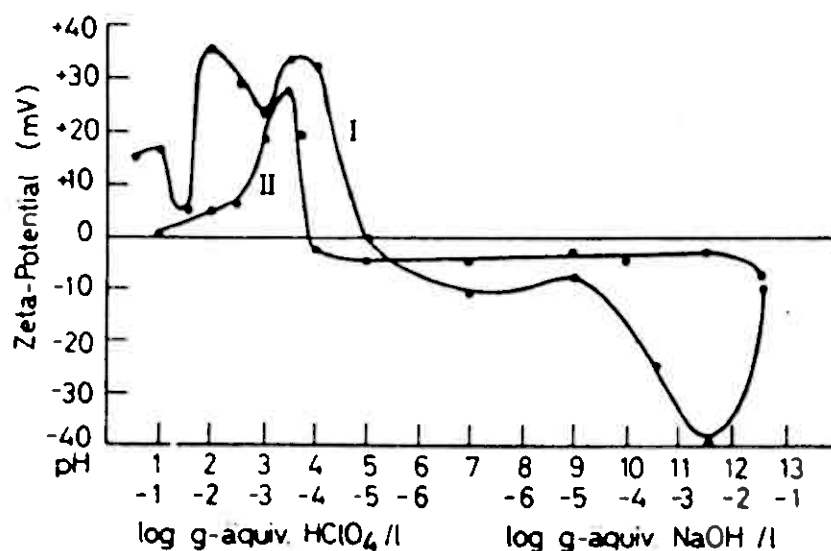


Figur 8: Zeta-potensialet til sinkblende (Ney,73)

Det er amfibol og kloritt i malmen, og disse kan også avsettes i prosessen. Forskjellige typer amfiboler er vist i figur 9 og kloritt i figur 10, på neste side.

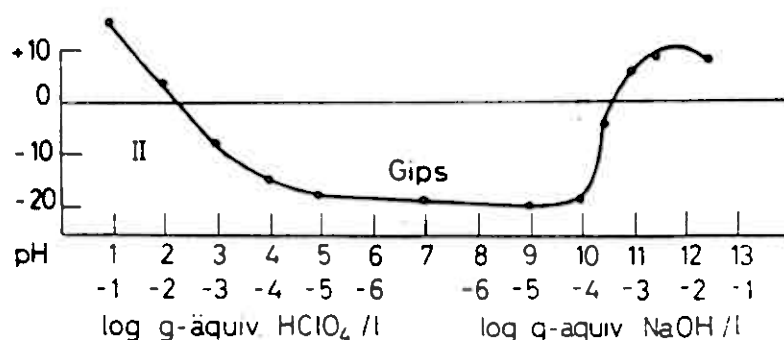


Figur 9: Zeta-potensialet til forskjellige typer amfiboler (Ney,73).



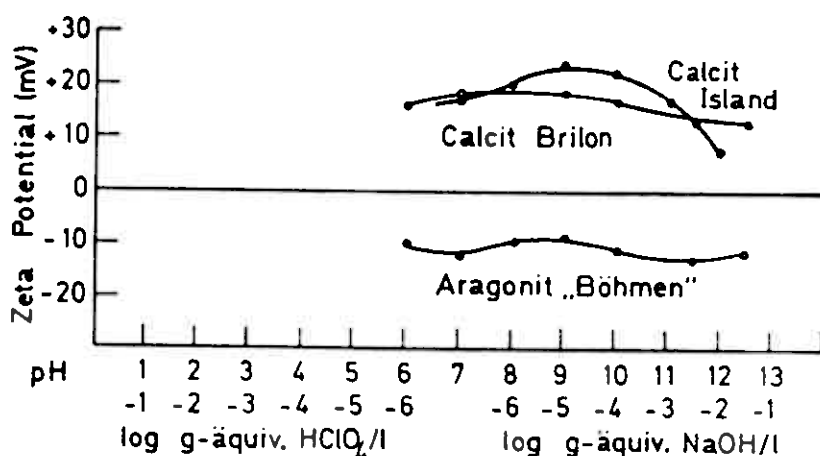
Figur 10: Zeta-potensialet til kloritt, kurve I (Ney,73).

Gips, $\text{CaSO}_4 \cdot (2\text{H}_2\text{O})$, har et spesielt forløp på kurven for zeta-potensialet med varierende pH. Fra pH ca. 3 er potensialet negativt, men ved pH mellom 10 og 11 blir potensialet positivt. Zeta-potensialet til gips er gitt i figur 11.



Figur 11: Zeta-potensialet til gips (Ney,73).

Kalkspat, CaCO_3 , er mer ubestemmelig, men er i de fleste tilfeller svakt positivt. Aragonitt er en karbonatbergart med et annet krystallsystem og har høyere spesifikk vekt i forhold til kalkspat. Zeta-potensialet er gitt i figur 12.



Figur 12: Zeta-potensialet til kalkstein (Ney,73).

Dette er en svært forenklet fremstilling av hvordan zeta-potensialet er hos forskjellige partikler. Zeta-potensialet forandrer seg kontinuerlig etter som forskjellige ioner tiltrekkes, og det er umulig å bestemme potensialet for de forskjellige partiklene i denne løsningen. Grafene viser zeta-potensialet målt i destillert vann og vi får det ideelle forholdet mellom dem.

3. OPPREDNING VED GRONG GRUBER

3.1 Beskrivelse av prosessen

I grove trekk består prosessen av to møllekretser, en kobberkrets, en sinkkrets (bilag 1).

Primærmøllekretsen består av en autogenmølle og en syklon. Møllen er 4m * 4m, og har en gjennomsetning på ca. 131 tonn/h. Utløpet av møllen går i sin helhet inn på primærsyklonen der underløpet går direkte tilbake til møllen og overløpet går til en Unit-celle. En brøkdel av påsetningen på Unit-cellen, dvs. konsentratet, går inn på kobberkretsen og hovedmengden går til sekundærmøllekretsen.

Sekundærmøllekretsen består av en kulemølle og to sykloner. Møllen er 4m * 2,5m og har en kapasitet på ca. 80 tonn/h. Underløpet fra begge syklonene går inn på kulemøllen og overløpene utgjør pågangen på kobberkretsen. Pågangen på syklon 4108 er avgangen fra rensecellene i kobberkretsen og konsentratet fra siste hovedcelle i kobberkretsen. Pågangen på syklon 4106 er en blanding av utløpet fra kulemøllen, avgangen fra Unit-cellen og konsentratet fra varmflotasjonen.

Kobberkretsen består av en lang rekke med flotasjonsceller, der den kobberrike delen av pulpen ender opp som konsentrat og resten går til sinkkretsen og sekundærmøllekretsen.

Sinkkretsen har i tillegg til de vanlige flotasjonscellene, varmflotasjon der sinken anrikes i avgangen. Det vil si en omvendt flotasjon der konsentratet er kobberholdig og blir sendt tilbake til sekundærmøllekretsen. Ved høye sinkgehalter går konsentratet fra 4360 direkte til fortykkeren, utenom varmflotasjonen.

Til tørking av konsentratene benyttes et Larox-filter og et vakumfilter. Larox-filteret tørker kobberkonsentratet, så dette har en fuktighet på ca. 8 %, og

vakumfilteret tørker sinkkonsentratet til et fuktighetsinnhold på ca. 9 %.

Avgangen går ut i Hurdingsdammen som er et deponi, avgrenset av en rekke moloer og en luke. Luken sørger for at høyere vannstand utenfor dammen ikke medfører at vann strømmer inn i deponiet. Oppholdstiden for avgangsvannet i Hurdingsdammen er teoretisk sett antatt å være noen år. Dette er antakeligvis noe overdrevet, da utskiftingen mellom avgangsledningen og inntaket vil skje mye raskere. Dette fordi en antakeligvis vil få en kortslutning når isen ligger på vannet, i motsetning til når vind og regn rører om og blander vannet. Hvordan avløpsvannet fra gruva virker inn på systemet er usikkert, men i følge Dr. Müller (2) vil bakterier i gruvevannet påskynde oksyderingen av tiosulfat, slik at mengdene blir redusert.

3.2 Resultater fra pilotforsøk

I forbindelse med satelittdrift på en malm i Gjersvik, ble det utført flotasjonsforsøk av en blanding av Gjersvikmalmen og Jomamalm. I løpet av disse forsøkene ble det tatt 7 prøver, som skulle analyseres på tiosulfat. Disse prøvene er forsøkt tatt på samme måte og plass som ved oppredningsverket ved Grong Gruber. Et utkast til flytskjema der prøvepunktene er merket av er vist i bilag 2. Resultatet av analysen er vist i tabell 2.

Samtlige av resultatene ved pilotforsøket er lavere enn ved oppredningsverket. Årsaken er sannsynligvis bruk av ferskvann, og det faktum at oppholdstiden er vesentlig lavere i pilotforsøket. Den største forskjellen ved resultatene er tiosulfatinnholdet omkring møllen. Ved primærmøllen i oppredningsverket er tiosulfatinnholdet vesentlig høyere, og det bekrefter antakelsene om oppholdstidens innvirkning på dannelsen av tiosulfat. Nedmalingsgraden kan også spille inn her, men den er også delvis et resultat av oppholdstiden.

	$S_2O_3^{--}$
1. Overløp syklon	62,1 (490,2)
2. Utløp mølle	65,9 (479,2)
4. Avgang	246,4 (342,6)
7. Pågang kobberkretsen	222,0 (511,7)
8. Avgang kobberkretsen	265,1 (519,3)
9. Zn-kons	16,2 (561,5)
11. Cu-kons	295,6 (65,7)

Tabell 2: Tiosulfatinnhold i pilotforsøket, med målinger fra de tilsvarende plassene i oppredningsverket den 10. november i parentes.

Det er forskjell på konsentratene ved pilotforsøket og oppredningsverket, men det skyldes i stor grad oppredningsmessige forskjeller som varmflotasjon, som manglet i pilotforsøket. Det er verd å merke seg den relativt store økningen i tiosulfatinnhold fra overløp syklon til pågang kobberkretsen. Pulpen går gjennom to tanker og det dannes tydeligvis mye tiosulfat her. Sannsynligvis er det god tilgang på luft i tankene, og derav økningen. Hvordan reagenstilsatsen påvirker tiosulfatdannelsen er usikkert.

Sannsynligheten for å finne ut om tiosulfatinnholdet har påvirket pilotforsøket, er vanskelig å si ut fra bare en prøverunde.

Kalkforbruket i pilotforsøket var ca. 1 kg/tonn, og dette er det halve av forbruket ved oppredningverket til Grong Gruber. Det skulle tyde på at forbruket er for høyt i oppredningsverket selv om surgjøringen er sterkere på grunn av tiosulfat og andre surgjørende komponenter. Kalkforbruket og tilsatspunktene kan vurderes, for å se om mengdene kan reduseres.

4. UNDERSØKELSE SARBEID

4.1 Analyseobjektene

Tiosulfat var den primære komponenten det ble analysert på i prøvene, og i tillegg ble prøvene analysert på sulfid, sulfitt, kalsium, magnesium og pH. På de to første prøveseriene ble vektprosent fast målt. I tillegg ble en full prøverunde, 11/11, samt 2 ekstra avgangs- og drifsvannsprøver, sendt til NIVA for analyse på totalsulfat. Prøver av avsetningene ble tatt med til NTH for analyse.

4.2 Sammensetningen på avsetningsprøvene

Avsetningene i prosessen ved Grong Gruber var antatt å være utfelt gips. For å finne den nøyaktige sammensetningen, ble tre prøver tatt med til analyse ved Institutt for Geologi og Bergteknikk. Ved analysene benyttes et røntgen apparat, XRD, som registrerer alle krystallinske komponenter i en prøve. Det er vanskelig å identifisere organisk materiale, og den registrerer ikke amorfe eller ikke-krystallinske forbindelser.

De tre prøvene var tatt fra: En flotasjonscelle i november (Prøve A), rensking av et tett rør i desember (Prøve B) og rensking i april (Prøve C). Ut fra disse prøvene kan en med sikkerhet slå fast hva som felles ut eller flokkuleres på forskjellige tider av året.

Prøven A viste seg å inneholde svovelkis, talk og kobberkis. Utskrift fra analysen er vist i bilag 3. Det er ikke utført noen nøyaktig mengdeberegning av de forskjellige komponentene, men mengdene er antydnet ut fra utskriften på hver prøve. Mengdeforholdet i prøve A var ca. 80 % svovelkis, 10-15 % kobberkis og 5-10 % talk. Bortsett fra disse 3 komponentene var det små mengder av en ikke-identifisert forbindelse. Denne forbindelsen kan være et eller annet organisk materiale, men det er usikkert.

Prøve B inneholdt svovelkis, amfiboler, kloritt og små mengder av gips. Det ble funnet to typer amfiboler, magnesiumhornblende og tremolitt. De er vanskelig å skille, så mengdeforholdet blir usikkert. I denne prøven var det antydning til gips, men det var i veldig små mengder. Prøven inneholdt 45-55 % svovelkis, 30-40 % amfibol, 5-10 % kloritt og mindre enn 3 % gips. Utskrift fra denne analysen er også vist i bilag 3.

Prøve C som var tatt ved rensking i april, inneholdt samme typer amfiboler og kloritt som prøve B. Her var det 90-95 % amfiboler og 5-10 % kloritt. Denne prøven var vasket før den ble analysert, og det antas derfor at mye svovelkis og kloritt er borte. Mengdeforholdet mellom komponentene blir av den grunn misvisende. Utskrift fra analysen er vist i bilag 4.

Det er nå analysert på tre forskjellige prøver tatt på forskjellige plasser i verket til forskjellige tider på året. Det kan slås fast at den gipsen som var antatt å være årsaken til groingen, ikke er gips, men i hovedsak svovelkis og amfibol. Det er endel kloritt, talk og kobberkis i noen av prøvene, men små mengder gips. Det er også funnet antydninger til sinkblende og noen andre elementer, men disse er uten betydning. Gips er derimot ikke noen hovedkomponent i noen av prøvene.

4.3 Prøvetaking

I alt er det prøvetatt på 21 forskjellige plasser i verket og i avgangsdammen tilsammen. 18 prøvepunkter i verket og 3 i dammen, som er merket av på flytskjema (bilag 1), og gjengitt i tabell 3. Noen prøvepunkt er kommet til i ettertids, og derfor er nummereringen noe usystematisk.

Prøvepunktene er valgt ut fra ønsket om å få mest mulig opplysninger om hva som går inn og ut av de forskjellige delkretsene i prosessen. Det er tatt noen få prøver inne i kretsene for å sjekke kritiske punkter og for å se hvilken innflytelse kalktilsats har på tiosulfatnivået, evt. utfellinger av gips.

1	Overløp P.syklon	12	Avgang 4263
2	Utløp P.mølle	13	Pågang 4250
3	Driftsvann	14	Kons 4250 (*)
4	Avgang 4304	15	Avgang 4260
5	Underløp ret.syklon	16	Underløp S.syklon
6	Utløp S.mølle	17	Underløp P.mølle
7	Pågang 4263	18	Deponi/v luka
8	Avgang 4250	19	Deponi/på midten
9	Avgang 4353	20	Deponi/v avg.ledn.
10	Kons 4352	--.	Avgang 4202 (*)
11	Kons 4264		

Tabell 3: Oversikt over prøvepunktene. (* Prøvepunktene er prøvetatt bare ved de to siste prøverundene.)

Hvert prøvepunkt ble prøvetatt to ganger med ca. en times mellomrom, og en full prøvetakingsrunde tok omtrent en time. Deretter sto prøvene til det meste av godset var sedimentert, og en prøve av vannet ble tatt ut. Prøvene ble da så snart som mulig analysert på tiosulfat, sulfitt og sulfid, fordi disse forandrer seg kontinuerlig. Noen av prøvene ble filtrert og tørket, for å finne vekt % fast til masseberegningene.

Utstyret som ble benyttet til prøvetakingen i prosessen var en spalte festet til et håndtak og en liten bøtte under spalten. Dette utstyret gir et representativt resultat, der det er mulig å føre spalten gjennom pulpstrømmen. På de plasser i prosessen der dette ikke var mulig, ble bøtten eller bare en kopp brukt til prøvetakingen, og resultatet vil da være forbundet med større usikkerhet. Det vil bli tatt hensyn til dette ved tolking av resultatene.

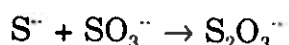
Ved prøvetaking i bassenget ble det bare benyttet flasker som ble fylt med vann. Prøvetakingspunktene var alle i overflaten på bassenget mellom avgangsledningen og utløpet. Det ble ikke tatt hensyn til om luken i enden av bassenget var åpen

eller lukket. Det vil si om det kom vann inn i bassenget eller om det var avrenning. En skulle tro at dette ville påvirke resultatene, men det ble ikke påvist. Det kan også settes spørsmålstegn ved overflatevannet, hvor representativt det er for tilstanden i deponiet. Sterk vind, regnvann og temperaturforskjeller vil gi forskjellige resultater. Det ble tatt flere prøver under varierende værforhold og totalt skulle det gi et brukbart bilde av tilstanden i deponiet.

Det ble foretatt fire fulle prøverunder à 16 stk. fra verket, og fire stikkprøver til verifisering av verdiene før isen la seg på avgangsdammen. I tillegg ble det ved den siste prøverunden tatt to ekstra prøver i verket for å bedre totalbildet av forholdene. Det ble tatt to prøverunder à tre prøver i dammen.

4.4 Analysemetode på tiosulfat, sulfitt og sulfid

Tiosulfat er en forbindelse som oksyderer raskt, og det var derfor viktig å analysere prøvene umiddelbart. Sulfitt og sulfid ble ikke analysert ved den siste prøverunden, da de ser ut til å spille en underordnet rolle i prosessen. Sulfid og sulfitt reagerer med hverandre og danner tiosulfat etter reaksjonen:

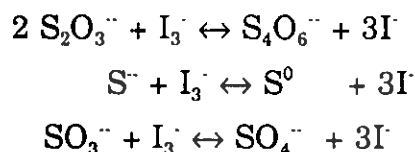


Denne likningen er forsøvet langt til høyre, og det begrenser mengdene av sulfitt og sulfid i pulpen.

Analysemetode Tiosulfat, Sulfitt og Sulfid

Analysemetoden er hentet fra Mc Coy. Tiosulfat, sulfitt og sulfid bestemmes her jodometrisk. Det blir lagt stor vekt på å surgjøre prøvene, fordi jod er et sterkt oksydasjonsmiddel, og i et basisk miljø vil jod oksydere tiosulfat til sulfat istedenfor tetrationsat. Dette medfører et for høyt jodforbruk, og et tilsvarende for

høyt beregnet tiosulfatinnhold. I surt miljø vil tiosulfat, sulfitt og sulfid reagerer med jod ifølge disse reaksjonene:



Reagenser:

Jod og tiosulfat Titrisol 0.01 N

Glyserin

Stivelsesoppløsning

Eddik 20 %

Formaldehyd 35 % løsning

Sinksulfat 200 g ZnSO_4 i 1000 ml vann

Natriumkarbonat 100 g NaCO_3 i 1000 ml vann

Sinkkarbonatfelling fremstilles ved å blande 20 ml av hver av de foregående løsningene.

Fremgangsmåte:

Tiosulfat:

- 125 ml av prøven overføres til en 250 ml volumetrisk flaske tilsatt 10 ml glyserin.
- 20 ml frisk sinkkarbonatløsning settes til flasken og det fortynnes til 250 ml. Mer enn 200 ml løsning filtreres gjennom sortbånd filter.
- 100 ml løsning overføres til 250 ml erlenmeyerkolbe og tilsettes 5 ml formaldehyd-løsning.
- Prøven surgjøres med 10 ml eddiksyre og titreres til stivelsens endepunkt med jodløsning.

$$\text{ml jod} * 0.01 = A$$

Tiosulfat + Sulfitt:

- Tilsett et målt overskudd av jodløsning (må være større enn mengden forbrukt tidligere), til en 250 ml erlenmeyerkolbe som inneholder ca. 50 ml vann og 10 ml HAc.
- 100 ml filtrert løsning fra tiosulfatanalysen settes til jodløsningen.
- Tilbaketitrering til stivelsens omslagspunkt med tiosulfatløsningen.
 $(\text{ml jod} - \text{ml S}_2\text{O}_3^{2-}) * 0,01 = B$

Tiosulfat + Sulfitt + Sulfid:

- Tilsett et målt overskudd av jodløsning til en 250 ml erlenmeyerkolbe som inneholder ca. 50 ml vann og 10 ml eddik.
- Pipetter ut 50 ml original prøve og la den tilflyte jodløsningen.
- Tilbaketitrer til stivelsens omslagspunkt med tiosulfatløsningen.
 $(\text{ml jod} - \text{ml S}_2\text{O}_3^{2-}) * 0,01 = C$

Utgangspunkt av konsentrasjoner mg/l:

$$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = A * 2242,4$$

$$\text{SO}_3^{2-} = (B-A) * 800,8$$

$$\text{S}^{2-} = (C-B) * 320,6$$

Ved analysene ble sulfittjoner kompleksbundet med formaldehyd, og sulfidjoner felt med sinkkarbonat. Tilbaketitrering ble benyttet fordi sulfitt kan drives av som gass hvis oksydasjonen ikke skjer raskt nok. Feilmarginen er størst ved analysering og beregning av sulfitt og sulfid, fordi mengdeberegningen slår mye sterkere ut når den inkluderer flere parametre.

4.4.1 Resultatene på tiosulfat

Det ble tatt 4 fulle prøverunder som ble analysert på tiosulfat. I tillegg ble det tatt 4 prøver den 7.oktober, for å sjekke de verdiene som hadde variert mest ved de tre første seriene. I desember ble kalkpåsetningen lagt om fra før sekundærmølla til etter, og ved den anledning ble tiosulfat målt for å se om dette ga endringer i mengdene. Resultatene av tiosulfatanalysene er vist i tabell 4 på neste side.

En oversikt over hvordan tiosulfaten varierer med tiden på de seks prøvedatoene, er vist i bilag 5. Det er endel variasjoner på konsentrasjonene, men disse kan like gjerne skyldes variasjoner i malmen, som andre forhold. Sammenhengen mellom konsentrasjonene av tiosulfat og diverse driftsparametre vil bli gjennomgått senere.

4.4.2 Resultatene på sulfitt og sulfid

Det ble analysert på sulfitt og sulfid ved de tre første prøverundene. Resultatene, som er gitt i tabell 5 og 6, varierer endel og det er høye verdier innimellom, men disse er først og fremst knyttet til varmflotasjonen der det gjennomgående er høye verdier. Ellers utgjør sulfitt-innholdet fra 5 - 10 % av tiosulfat-innholdet, og sulfidmengden er som regel så liten at den går under feilmarginene ved analysene. Analysene på sulfitt og sulfid ble utelatt ved prøverunden den 10.november, da de antakeligvis betyr lite. Konsentrasjonene over tid er vist i bilag 6 og 7.

TIOSULFATINNHALDET I PROSESSEN VED GRONG GRUBER

Provetakingspunkt:

1. Overløp primærsyklon
2. Utløp primærmølle
3. Driftsvann
4. Avgang 4304
5. Underløp 4108
6. Utløp sekundærmølle
7. Pågang 4263
8. Avgang 4250
9. Avgang 4353 (Varmflotasjonen)
10. Kons 4352 (Varmflotasjonen)
11. Kons 4264 (Cu-kons)
12. Avgang 4263
13. Pågang 4250 (Avgang 4205)
14. Kons 4250
15. Avg 4260
16. Underløp 4106 (Retur)
17. Underløp primærsyklon
18. Vannprøve fra utløpet dammen
19. Mellom utløpet og avgangsledn.
20. Nærme avgangsledn.
14. Kons 4250
- ** Avg 4202

	24.08	09.09	22.09	07.10	10.11	09.12
PROVE						
1.	390,2	262,4	403,6	-	490,2	-
2.	377,8	280,3	381,2	-	479,2	331,7
3.	13,5	13,5	16,4	-	16,8	7,2
4.	436,1	390,2	439,5	-	342,6	287,7
5.	364,4	343,1	244,4	-	145,1	191,7
6.	862,2	657,0	573,5	721,6	580,6	394,7
7.	636,8	444,0	497,2	-	511,7	347,1
8.	662,6	592,0	587,5	-	519,3	381,8
9.	691,8	549,4	666,0	-	561,5	-
10.	648,1	598,7	901,4	1015,8	668,9	-
11.	353,2	316,2	91,9	113,8	65,7	-
12.	567,2	455,2	383,5	-	446,0	312,1
13.	632,4	571,8	444,0	-	490,4	-
15.	409,2	372,2	242,2	-	178,3	-
16.	685,1	488,3	387,9	491,1	516,4	332,7
17.	402,5	287,0	338,6	-	461,5	-
18.	12,3	11,2	-	-	-	-
19.	11,4	11,2	-	-	-	-
20.	12,5	13,5	-	-	-	-
14.	-	-	-	-	570,2	-
**.	-	-	-	-	462,2	-

TABELL 4: Tiosulfatkonsentrasjoner i mg/l.

SULFITT-INNHOLDET I PROSSESSEN VED GRONG GRUBE

Provetakingspunkt:

1. Overløp primærsyklon
2. Utløp primærmølle
3. Driftsvann
4. Avgang 4304
5. Underløp 4108
6. Utløp sekundærmølle
7. Pågang 4263
8. Avgang 4250
9. Avgang 4353 (Varmflotasjonen)
10. Kons 4352 (Varmflotasjonen)
11. Kons 4264 (Cu-kons)
12. Avgang 4263
13. Pågang 4250 (Avgang 4205)
14. Kons 4250
15. Avg 4260
16. Underløp 4106 (Retur)
17. Underløp primærsyklon
18. Vannprøve fra utløpet dammen
19. Mellom utløpet og avgangsledn.
20. Nærme avgangsledn.

PROVE	24.08	09.09	22.09	07.10
1.	10,3	17,6	19,2	-
2.	8,2	20,8	23,2	-
3.	4,8	7,2	12,6	-
4.	25,1	44,0	49,6	-
5.	14,5	15,2	29,6	-
6.	18,7	33,6	46,4	27,4
7.	19,5	39,2	31,2	-
8.	32,5	55,3	59,3	-
9.	227,7	103,7	88,1	-
10.	372,5	558,2	125,7	79,3
11.	17,7	27,2	12,8	11,2
12.	27,5	63,3	30,4	-
13.	30,1	46,4	46,4	-
15.	16,7	24,0	33,6	-
16.	16,5	33,6	17,6	36,8
17.	18,1	32,0	12,8	-
18.	17,1	7,2	-	-
19.	20,2	4,8	-	-
20.	21,9	5,6	-	-

TABELL 5: Sulfittkonsentrasjoner i mg/l.

SULFID-INNHOLDET I PROESSEN VED GRONG GRUBER

Provetakingspunkt:

1. Overløp primærsyklon
2. Utløp primærmolle
3. Driftsvann
4. Avgang 4304
5. Underløp 4108
6. Utløp sekundærmolle
7. Pågang 4263
8. Avgang 4250
9. Avgang 4353 (Varmflotasjonen)
10. Kons 4352 (Varmflotasjonen)
11. Kons 4264 (Cu-kons)
12. Avgang 4263
13. Pågang 4250 (Avgang 4205)
14. Kons 4250
15. Avg 4260
16. Underløp 4106 (Retur)
17. Underløp primærsyklon
18. Vannprøve fra utløpet dammen
19. Mellom utløpet og avgangsledn.
20. Nærme avgangsledn.

	24.08	09.09	22.09	07.10
PROVE				
1.	30,8	2,6	7,4	-
2.	35,6	2,2	8,3	-
3.	25,0	0,0	0,0	-
4.	68,5	11,9	21,2	-
5.	80,6	3,8	3,5	-
6.	49,3	9,3	9,3	18,9
7.	47,4	1,9	11,5	-
8.	46,5	13,8	18,0	-
9.	174,7	15,5	125,0	-
10.	187,6	26,9	92,0	65,7
11.	43,5	14,7	3,2	0,6
12.	75,6	13,5	23,7	-
13.	49,6	11,9	31,4	-
15.	79,3	0,3	7,7	-
16.	66,1	6,4	27,9	7,7
17.	27,9	2,6	23,4	-
18.	4,8	2,9	-	-
19.	3,7	2,2	-	-
20.	3,2	4,2	-	-

TABELL 6: Sulfidkonsentrasjoner i mg/l.

4.5 Analysemetode på kalsium og magnesium

Kalsiuminnholdet i prøvene ble analysert ved hjelp av en atomabsorpsjonsmaskin. Prøvene ble først fortynnet slik at konsentrasjonen kom ned på et nivå maskinen kunne akseptere. Intervallet hvor maskinen har den største nøyaktigheten ligger mellom 1 og 20 ppm. En prøve som inneholder 500 mg/l må derfor fortynnes ned til under 20 ppm, og det var fortynningen som ble brukt i alle analysene.

Mens kalsiumanalysene måtte foretas på fortynnede prøver, kunne magnesium kjøres direkte. Denne analysemetoden er nøyaktig ved riktig bruk av maskinen og nøyaktig fortynning.

4.5.1 Resultater på kalsium og magnesium

Alle prøver er blitt analysert på kalsium og magnesium, og resultatene er vist i tabell 7 og 8. I bilag 8 og 9 er det vist hvordan kalsium og magnesium varierer over tid ved de forskjellige prøvepunktene.

Kalsium er det viktigste kationen i systemet og kan bidra til utfelling av både gips og kalkspat. Konsentrasjonene av kalsium varierer fra ca. 50 mg/l i driftsvannet, til nesten 600 mg/l i varmflotasjonen. Variasjonene av kalsium er vist i bilag 8, og i motsetning til tiosulfat er det mer markert endring i konsentrasjonene av kalsium. Kalsiuminnholdet har en markert stigning i primærmøllekretsen, der mengdene har steget fra 200 mg/l den 24.august, til nesten 300 mg/l den 10.november. Driftsvannet inn viser en svak økning, mens det ellers er en reduksjon i konsentrasjonene.

Mengdene av magnesium var svært små, og konsentrasjonen oversteg ikke 6 mg/l. Selv om det er små mengder, kan magnesium påvirke prosessen på grunn av sin positive ladning ved at det bidrar til flokkulering av partikler med negativt zeta-potensiale.

KALSIUMINNHALDET I PROSESSEN VED GRONG GRUBER

Provetakingspunkt:

1. Overløp primærsyklon
2. Utløp primærmølle
3. Driftsvann
4. Avgang 4304
5. Underløp 4108
6. Utløp sekundærmølle
7. Pågang 4263
8. Avgang 4250
9. Avgang 4353 (Varmflotasjonen)
10. Kons 4352 (Varmflotasjonen)
11. Kons 4264 (Cu-kons)
12. Avgang 4263
13. Pågang 4250 (Avgang 4205)
14. Kons 4250
15. Avg 4260
16. Underløp 4106 (Retur)
17. Underløp primærsyklon
18. Vannprobe fra utløpet dammen
19. Mellom utløpet og avgangsledn.
20. Nærme avgangsledn.
14. Kons 4250
- ** Avg 4202

	24.08	09.09	22.09	07.10	10.11	09.12
PROVE						
1.	213,3	230,0	262,5	-	278,3	-
2.	210,8	256,5	258,0	-	294,0	257,5
3.	53,8	51,8	55,8	-	59,5	64,0
4.	322,0	368,0	382,0	-	258,5	268,8
5.	242,0	208,3	185,3	-	130,5	141,8
6.	395,0	368,5	344,5	378,8	299,3	209,3
7.	310,0	295,8	307,0	-	292,8	211,5
8.	362,0	338,8	344,0	-	292,0	228,3
9.	190,8	578,5	250,8	-	88,8	-
10.	138,3	490,0	222,3	104,8	80,0	-
11.	270,8	201,0	165,3	149,5	103,3	-
12.	297,3	277,5	295,0	-	251,0	187,5
13.	340,3	329,0	320,0	-	274,0	-
15.	271,8	220,3	208,0	-	143,3	-
16.	315,3	305,3	296,8	292,8	294,0	208,3
17.	213,0	236,8	274,5	-	288,0	-
18.	49,5	49,5	-	-	-	-
19.	49,8	49,5	-	-	-	-
20.	50,3	49,3	-	-	-	-
14.	-	-	-	-	237,5	-
**.	-	-	-	-	284,8	-

TABELL 7: Kalsiumkonsentrasjoner i mg/l.

MAGNESIUMINNHALDET I PROSESSEN VED GRONG GRUB

Provetakingspunkt:

1. Overløp primærsyklon
2. Utløp primærmølle
3. Driftsvann
4. Avgang 4304
5. Underløp 4108
6. Utløp sekundærmølle
7. Pågang 4263
8. Avgang 4250
9. Avgang 4353 (Varmflotasjonen)
10. Kons 4352 (Varmflotasjonen)
11. Kons 4264 (Cu-kons)
12. Avgang 4263
13. Pågang 4250 (Avgang 4205)
14. Kons 4250
15. Avg 4260
16. Underløp 4106 (Retur)
17. Underløp primærsyklon
18. Vannprøve fra utløpet dammen
19. Mellom utløpet og avgangsledn.
20. Nærme avgangsledn.
- ** . Avg 4202

PROVE	24.08	09.09	22.09	07.10	10.11
1.	0,04	0,02	0,73	-	1,26
2.	0,04	0,03	0,42	-	1,01
3.	1,12	1,11	0,14	-	1,39
4.	0,02	0,03	0,03	-	0,74
5.	3,03	1,66	2,11	-	2,80
6.	0,28	0,05	0,13	0,18	0,07
7.	0,14	0,05	0,13	-	0,33
8.	0,33	0,37	0,15	-	1,47
9.	4,88	4,92	5,08	-	5,34
10.	4,78	4,95	5,51	5,55	5,41
11.	3,23	1,73	3,90	2,98	3,34
12.	0,15	0,09	0,03	-	1,00
13.	0,85	0,57	0,25	-	2,20
14.	-	-	-	-	3,14
15.	2,99	1,69	2,79	-	2,87
16.	0,32	0,13	0,06	0,11	0,45
17.	0,05	0,02	1,97	-	1,40
18.	1,05	-	-	-	-
19.	1,06	-	-	-	-
20.	1,06	-	-	-	-
**.	-	-	-	-	2,47

TABELL 8: Magnesiumkonsentrasjoner i mg/l.

4.6 PH og temperaturmålinger

Tiosulfatinnholdet varierer, ifølge teorien, med pH og det ble derfor målt pH for alle prøverundene unntatt 24.august. PH målingene, som er vist i tabell 10, varierer endel på forskjellige plasser i verket. Foruten varmflotasjonen og driftsvannet har disse forholdsvis lav pH ved flere av målingen: Kobberkonsentratet (prøvenr.11), avgangen til rensecellene i kobberkretsen (15), nest siste hovedcelle i kobberkretsen (13) og delvis underløpet retursyklonen (5). Disse har en pH som varierer mellom 7,3 - 11,6. I bilag 10 er det vist hvordan pH varierer på de forskjellige prøvedatoene.

Selv om det er en viss sammenheng mellom pH og tiosulfatmengdene ved de forskjellige prøvepunktene, er det ikke ut fra disse resultatene noen entydig sammenheng. Det er mange forhold som spiller inn og forholdene varierer mye, men det kan ikke trekkes en direkte linje mellom pH og tiosulfatmengdene.

I forbindelse med analysene som ble foretatt i desember, ble også temperaturen målt på forskjellige plasser i verket, og disse målingene er sammenfattet i tabell 9.

	Temp. °C
Driftsvannet (3)	5
Utløp primærmølle (2)	18
Pågang Unit-cellen (-)	17
Utløp sekundærmølle (6)	20
Begynnelse kobberkrets (12)	16
Avgang kobberkrets (8)	17
Avgang renseceller (15)	15
Sinkavgang (4)	15

Tabell 9: Temperaturvariasjoner gjennom verket.

PH-MÅLINGER I PROSESSEN VED GRONG GRUBER

Prøvetakingspunkt:

1. Overløp primærsyklon
2. Utløp primærmolle
3. Driftsvann
4. Avgang 4304
5. Underløp 4108
6. Utløp sekundærmolle
7. Pågang 4263
8. Avgang 4250
9. Avgang 4353 (Varmflotasjonen)
10. Kons 4352 (Varmflotasjonen)
11. Kons 4264 (Cu-kons)
12. Avgang 4263
13. Pågang 4250 (Avgang 4205)
14. Kons 4250
15. Avg 4260
16. Underløp 4106 (Retur)
17. Underløp primærsyklon
18. Vannprobe fra utløpet dammen
19. Mellom utløpet og avgangsledn.
20. Nærme avgangsledn.
- ** Avg 4202

	24.08	09.09	22.09	07.10	10.11	09.12
PROVE						
1.	-	11,6	11,5	-	9,8	-
2.	-	11,8	11,5	-	10,1	11,5
3.	-	8,0	7,1	-	7,5	7,0
4.	-	11,8	11,7	-	10,1	11,7
5.	-	11,6	9,2	-	8,8	10,0
6.	-	11,5	11,6	11,3	11,5	10,1
7.	-	11,5	11,6	-	10,8	11,2
8.	-	10,3	11,1	-	9,6	10,6
9.	-	3,1	5,4	-	6,2	-
10.	-	3,5	5,3	6,7	6,2	-
11.	-	7,3	8,8	9,2	8,7	-
12.	-	11,3	11,4	-	9,9	10,0
13.	-	9,9	10,9	-	9,3	-
14.	-	-	-	-	9,2	-
15.	-	8,3	9,2	-	8,6	-
16.	-	11,4	11,4	11,4	10,4	11,1
17.	-	11,7	11,5	-	9,8	-
18.	-	7,7	-	-	-	-
19.	-	7,7	-	-	-	-
20.	-	7,7	-	-	-	-
**.	-	-	-	-	9,6	-

TABELL 10: PH målinger gjennom prøvetiden.

Det produseres endel varme i møllene og temperaturen i vannet øker fra 5°C i driftsvannet til 20°C i utløpet på kulemølla. Slike temperaturvariasjoner vil sannsynligvis påvirke hva som i første omgang felles ut, og dernest hva som avleires i prosessen. Det er dog vanskelig å si hvordan temperaturen virker inn da denne bare ble målt en gang.

4.7 Mengdemålinger i prosessen

Mengdeberegningene i prosessen er av praktiske grunner delt inn i fire delprosesser: Autogenmøllekretsen, kulemøllekretsen, kobberkretsen og sinkkretsen. Det er satt opp likevekter innen hver delprosess for å se de forandringer som skjer innen hver delprosess.

Det ble utført en massebalanse i prosessen i juni 92, og denne er lagt til grunn for mengdeberegningene av tiosulfat og kalsium. Disse beregningene baserer seg på det som er i vannfasen i pulpen, og krever derfor at vannbalansene er noenlunde riktige. Små variasjoner i vekt % fast, vil gi store utslag på vannbalansene, og teoretisk sett skulle hver prøverunde hatt sin egen vannbalanse. Det var ikke mulig å gjennomføre en slik balanse for hver prøvedato, men ved å bruke dataene fra massebalansen foretatt i juni og korrigere for vekt % fast, vil resultatene bli tilstrekkelig pålitelige. Det er i den forbindelse gjort endel målinger og beregninger på vekt % fast.

Tonnasjeberegninger ble utført for kobberkretsen 18.juni, og sinkkretsen 30.juni, med en pågang på ca. 73 tonn/h begge dagene. 18.juni hadde malmen en kobbergehalt på 1,00 og sinkgehalt på 2,25, mens det 30.juni var 0,83 % kobber og 0,73 % sink i pågangen. Disse bestemte gehaltene, og pågangen gir en bestemt godsflyt i prosessen. Med andre gehalter og pågangsmengder vil godsmengdene i prosessen variere. Fordi kobbergehalten er høyere den første dagen, vil det denne dagen være større mengder i kobberkretsen enn den andre dagen. Prøverundene er gjort under forskjellige forhold, der både pågangsmengden og gehaltene varierer

fra prøverunde til prøverunde. For å få en liten forståelse av hvordan forholdene kan variere, er det i tabell 11 gitt inngangsparametrene for de dagene prøvene ble tatt:

	Påg. (kg/h)	% Cu	%Zn
18.06	73	1,00	2,25
30.06	73	0,83	2,73
12.08	76	1,08	1,87
24.08	72	1,17	2,25
09.09	69	1,55	1,88
22.09	63	1,00	2,00
07.10	68	0,97	1,88
10.11	72	0,93	1,26

Tabell 11: Pågang og gehalter de dagene prøvene ble tatt.

Pågangen varierer fra 63 tonn/h til 76 tonn/h. Gehaltene varierer for kobber fra 0,83 til 1,42 % og for sink fra 1,31 til 2,73 %. Det er til tider store variasjoner i pågangsgehaltene, men ved flere målinger skal det være mulig å komme frem til en massebalanse som er tilfredsstillende.

Ved en forberedende prøverunde i august og den første prøverunden i september, ble vekt % fast beregnet. Ved prøverunde 10.november ble det også foretatt endel stikkprøver på vekt % fast, for å se om resultatene varierte mye, spesielt på kritiske punkter. De punktene dette gjaldt var inn og ut av delkretsene, da det var dårlig overensstemmelse mellom gods- og vannmengde inn og ut. Tabell 12 viser hvordan vekt % fast varierer for de aktuelle prøvedatoene:

	18.06	30.06	12.08	24.08	10.11
Utl. P.mølle(2)	-	72,7	67,0	67,7	66,7
ØL P.syklon (1)	46,8	55,9	51,5	56,7	57,3
UL P.syklon(17)	-	85,5	-	77,4	74,5*
Avgang 4202(--)	-	-	-	-	57,2*
Kons 4352 (10)	-	34,6	55,3	62,1	-
Avg 4260 (15)	41,9	-	-	54,6	28,8
Kons 4250 (14)	37,1	-	-	-	-
Påg 4263 (7)	-	-	49,0	51,3	48,7*
Avg kretsen (8)	41,3	44,9	26,3	42,6	40,2*
Cu-kons (11)	41,9	39,1	40,6	43,2	-
Zn-kons (9)	12,9	33,6	27,5	26,7	-
Avgangen (4)	30,2	34,1	33,9	33,5	31,5*

Tabell 12: Målinger av vekt % fast over tid. (* To målinger foretatt på samme dag, middelerdi).

Endel av målingene er jevne, men det er store variasjoner innimellom. Det skyldes, bortsett fra variasjoner i prosessen, at prøvetakingen kan bli for dårlig der det er vanskelig å prøveta. Det vil medføre endel variasjoner på resultatet. Dette gjelder blant annet Cu-kons (11), Kons 4352 (10), Pågang 4263 (7), Underløp P.Syklon (17), Avg 4260 (15) og Avg Cu-kretsen (8). Ved prøvepunkt (10) og (11) er det små pulpmengder og variasjoner ved disse punktene utgjør lite. Ved de andre kan variasjoner gi store utslag.

Massebalansen som er foretatt i juni av bedriften selv, beskriver tonnasje, prosent fast, vannmengder, kobber- og sinkinnhold, i kretsen. Vannmengdene er beregnet ut fra vekt % fast, og variasjoner på tonnasje gir store utslag på mengder vann. Tonnasjene ved prøvepunkt (14) og (15), var de eneste som ikke så ut til å stemme, og pulpmengden fra disse to ble målt.

For denne målingen ble det benyttet et instrument som måler strømningshastigheten gjennom rør. Dette instrumentet bestod av en måleenhet og et element som sendte ut signaler. Elementet ble festet til røret som på forhånd var påført smøremiddel for å oppnå best mulig kontakt. Apparatet ble tilkoblet en strømkilde og det var da bare å lese av hastigheten på pulpstrømmen direkte. Skalaen var delt inn i 0 -10 m/s, og det ble lest av 1,1 m/s. Arealet av røret innvendig var 100 mm og prosent fast på dette punktet var 41,8. Egenvekten på malmen er antatt å være ca. 4 g/cm³.

Mengden som da strømmer igjennom røret er da 31,1 m³/h. Vekten av malmen blir da gitt ved:

$$\text{Vekt malm} = \text{Totalvekt(pulp)} * \% \text{ fast} / 100$$

Antall kubikk malm blir da 4,75-tilnærmet 19 tonn.

Dette var en lavere tonnasje enn tidligere antatt, men den stemte nå godt med resten av tonnasjeberegningene. Vannbalansen er mer usikker, men ved bruk av gjennomsnittsverdier for vekt % fast, så antas det at denne også er tilfredsstillende. I bilag 11 er tonnasje, vekt % fast og vannmengder på forskjellige steder i prosessen vist.

5. BEREGNINGER

5.1 Mengder av tiosulfat

Mengdene av tiosulfat varierer noe mellom de tre første prøverundene, og det skyldes sannsynligvis de meget variable forholdene i prosessen. Gehalten av kobber og sink i pågangen og type malm vil i vesentlig grad bestemme mengden av sirkulerende last, og dermed påvirke de forhold som fører til dannelse av tiosulfat. Manglende kommunikasjon mellom oppredningen og gruva om hvilke malmtyper som kommer inn til verket til enhver tid, forsterker de uoversiktelige forholdene omkring dannelsen av tiosulfat.

Mengdene av tiosulfat er beregnet ut fra vannmengdene og analysene som gir tiosulfat i mg/l. Prosessen er delt opp i delkretser, der mengdene inn og ut er sammenlignet i hver delprosess. Mengdeberegningene, samt vannmengder, prosent fast og tonnasje er vist i bilag 11. I tabell 13 viser den mengden som er dannet i kg/h for hver delprosess:

	$\text{S}_2\text{O}_3^{--}$ 24.08	$\text{S}_2\text{O}_3^{--}$ 09.09	$\text{S}_2\text{O}_3^{--}$ 22.09	$\text{S}_2\text{O}_3^{--}$ 10.11
P.M.krets.	21,2	14,3	21,8	26,6
S.M.krets.	21,5	11,8	13,4	14,3
Cu-krets.	28,1	37,3	26,3	15,2
Zn-krets.	-2,4	-2,3	6,3	-1,6

Tabell 13: Dannelse av tiosulfat i kg/h i hver delprosess.

Ut fra primærmøllen ble tiosulfatmengden beregnet til mellom 18,4 kg/h og 31,4 kg/h. Denne mengden går inn på primærsyklonen der ca. 6 - 9 kg/h går tilbake til primærmøllen, mens resten går inn på Unit-cellen. I Unit-cellen blir det dannet

mellom 0,5 - 1,0 kg/h, hvis det ikke forsvinner tiosulfat som avleiring mellom primærsyklonen og Unit-cellen.

Inn på sekundærmøllekretsen ligger den totale mengde tiosulfat fra 30,5 - 39,1 kg/h. Dette er innbefattet det som kommer i retur fra kobberkretsen og sinkkretsen, samt avgangen fra Unit-cellen. Ut fra sekundærmøllekretsen er mengden tiosulfat steget til 42,3 - 60,6 kg/h. Det er en økning på mellom 11,8 - 21,5 kg/h. Denne økningen må sees i sammenheng med de mengdene som ble dannet i primærmøllekretsen og at det i tillegg er en større sirkulerende last i sekundærmøllekretsen.

Pågangen på kobberkretsen kommer nesten i sin helhet fra sekundærmøllekretsen, samt konsentratet fra Unit-cellen som går direkte inn på rensekretsen. Den totale mengden inn på kobberkretsen ligger mellom 42,5 - 61,0 kg/h. Ut fra kobberkretsen er mengden økt til mellom 64,4 - 89,1 kg/h. Dette er en økning på ca. 20 kg/h for alle tre prøveseriene. Mellom 6,0 - 10,0 kg/h går tilbake til sekundærmøllekretsen og i pulp-konsentratet til avvanning, og resten er pågang sinkkretsen.

Sinkkretsen har en pågang på mellom 55,7 og 71,1 kg/h. Ut fra kretsen er mengden blitt redusert på tre av prøveseriene og uendret på den fjerde. Prøveserien tatt 24/8 er redusert med 2,4 kg/h, prøveserien 9/9 med 2,3 kg/h, prøveserien 10/11 med 1,6 kg/h. Prøveserien 22/9 har økt med 6,3 kg/h. Tre av prøveseriene indikerer at ca. 2 kg/h er lagt igjen i sinkkretsen og det er nærliggende å anta at dette er oksydert til sulfat på grunn av det sure miljøet ved varmflotasjonen.

Prosessvannet som er brukt i dette tidsrommet har hatt et tiosulfatinnhold på ca. 14 mg/l, og det utgjør en total tilførsel av tiosulfat på i underkant av 3 kg/h, når vanntilsatsen er ca. 200 m³/h. Avgangen har hatt et tiosulfatinnhold på 50,7 - 65,0 kg/h.

Totalt er det vanskelig å si hvor mye tiosulfat som er dannet, fordi tiosulfat oksyderes kontinuerlig og den mengden som er beregnet vil være et minimum. Mengdeberegningene er gjort for å få en forståelse av hvor den største mengden av tiosulfat dannes, og om dette har en sammenheng med kalktilsatsen. Inntil nå er det ikke funnet kritiske verdier på tiosulfatinnholdet.

5.2 Mengder av kalsium

Samme type mengdeberegninger som ble gjort for tiosulfat er også foretatt for kalsium. En tilleggsfaktor for kalsiumberegningen er at kalk settes til i hele prosessen.

Kalkforbruket varierer gjennom året som vist i bilag 12, og en ser at kalkforbruket gjennom prøvetida har gått nedover. Kalsiummengdene er gitt ut fra pågang og forbruk, og kalken består av 54,1 % kalsium. Ut fra pågang og kalkforbruk viser det seg at tilsatt kalsiummengde blir følgende: 24.august - 97 kg/h, 9.september - 82 kg/h, 22.september - 68 kg/h og 10.november - 74 kg/h. Fordelingen av tilsatt kalk er ca. 30 % i autogenmøllen, 10 % i kulemøllen, 25 % i kobberkretsen og 35 % i sinkkretsen. I bilag 13 er analyserte kalsiummengder vist. I tabell 14 er kalktilsats og analysert mengde i kg/h vist for hver delkrets.

	24 08		09 09		22 09		10 11	
	Tils	Anal	Tils	Anal	Tils	Anal	Tils	Anal
PM-krets	29,1	11,6	24,6	12,5	20,4	14,3	22,2	15,1
SM-krets	9,7	6,7	8,2	6,1	6,8	5,9	7,4	6,0
Cu-krets	24,3	20,9	20,5	17,7	17,0	16,6	18,5	9,7
Zn-krets	34,0	10,4	28,7	21,5	23,4	21,5	25,9	8,0
Totalt	97,0	49,6	82,0	57,8	68,0	58,3	74,0	38,8

Tabell 14: Tilsatt kalsiummengder, analyserte verdier og totalmengder (kg/h).

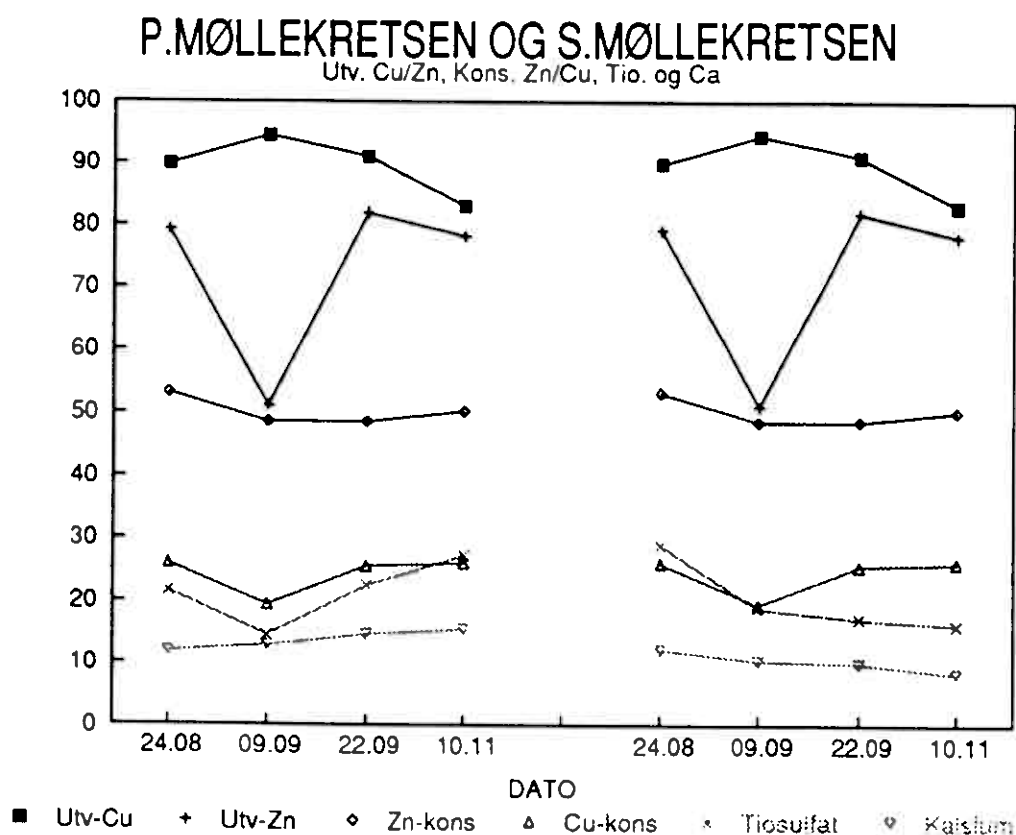
Ut fra tabell 14 mangler det fra ca. 6 - 18 kg/h i primærmøllekretsen, mens det i sekundærmøllekretsen er liten forskjell på den mengde som er tilsatt og analysert. I kobberkretsen mangler det fra bare 3 kg/h til nesten 9 kg/h, mens det i sinkkretsen mangler oppimot 24 kg/h.

Hvor store kalkmengder som er satt til i de forskjellige delkretsene, er grove tall, og det antas at kalsiumberegningene i sekundærmøllekretsen og kobberkretsen tilnærmet stemmer med det som er tilsatt. Det er derimot tydelig at det skjer noe med kalsiummengdene i primærmøllekretsen og sinkkretsen, og det er mulig at dette har en sammenheng med mengdene av tiosulfat på de tilsvarende plassene.

Totalt mangler det opptil 48 kg ren kalsium pr. time. Mye av dette er sannsynligvis blitt med i avgangen som fast stoff, men endel er avsatt i prosessen også. Hvor mye er vanskelig å si, fordi kalkspat i malmen umuliggjør analysene på faststoffet.

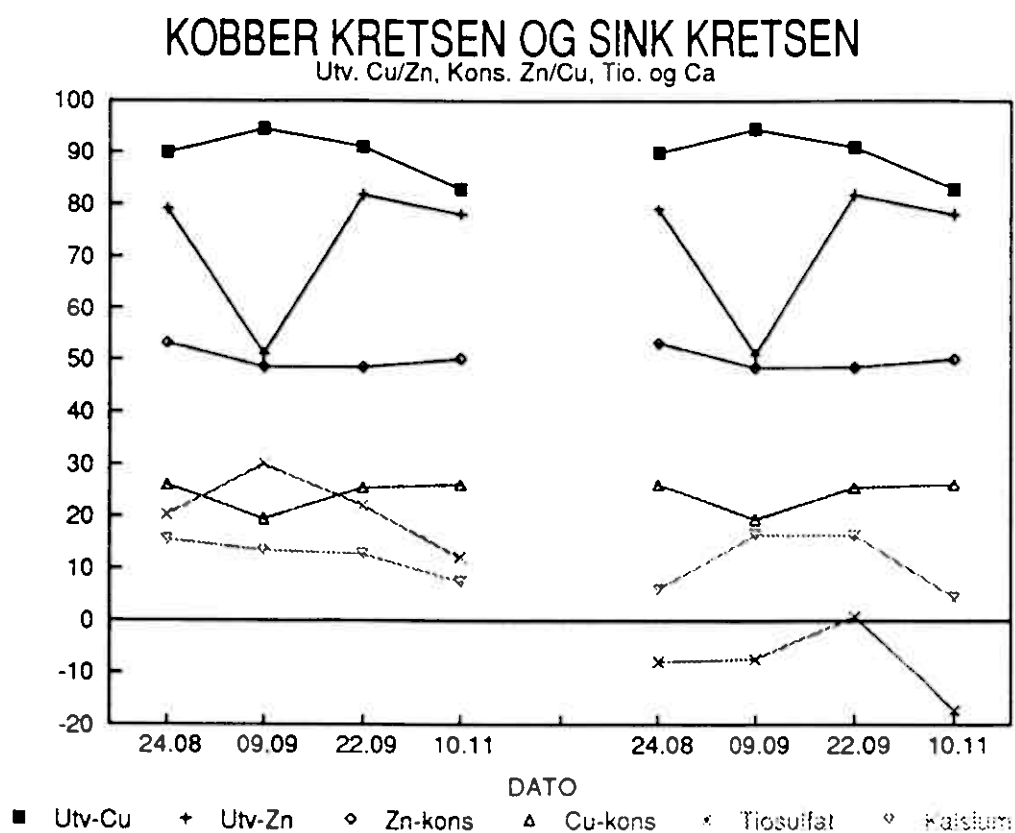
5.3 Korrelasjon av tiosulfat og kalsium mot driftsresultatene ?

Det er i forbindelse med tiosulfat og kalsium, en del av oppgaven å se om forandringer i totalmengdene har noen innvirkning på utvinning og konsentratene eller om pågangen påvirker mengdene av tiosulfat. I figur 13 er tiosulfat plottet mot pågang, utvinning av kobber og sink, konsentratene av kobber og sink.



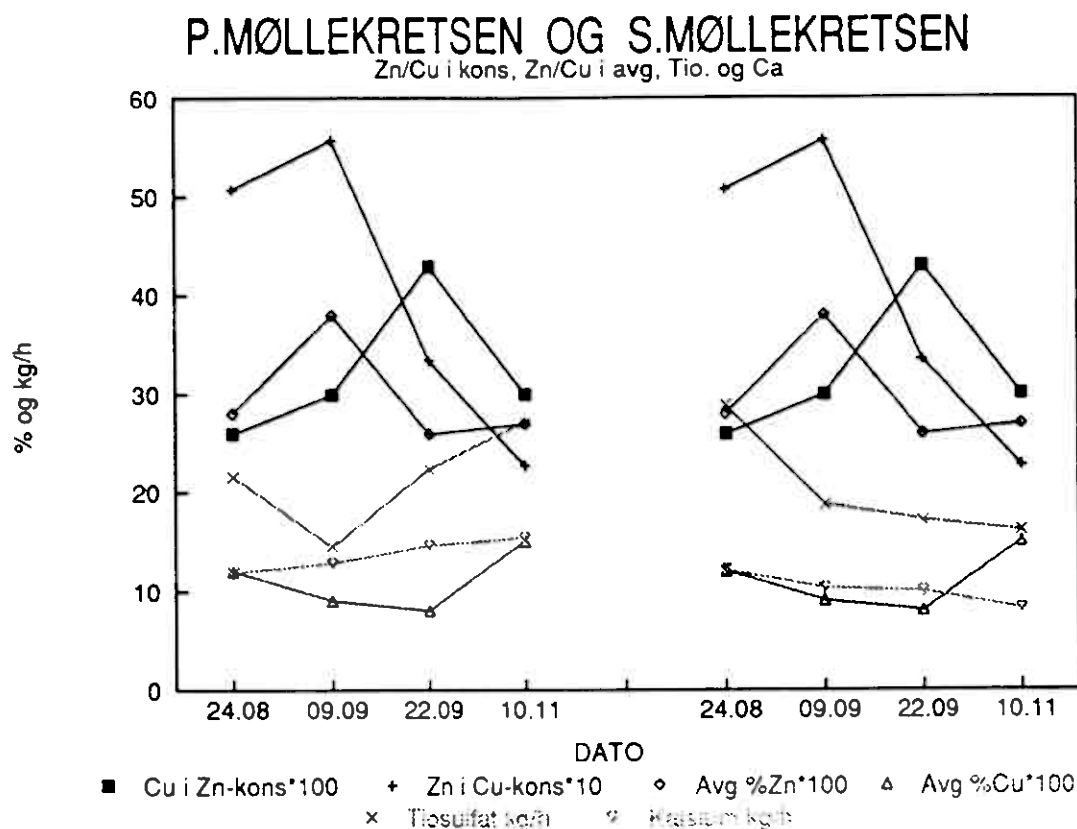
Figur 13: Totalmengden av tiosulfat kalsium i primærmøllekretsen og sekundærmøllekretsen plottet mot utvinning av kobber og sink (%), og konsentratene til både kobber og sink (%).

I primærmøllekretsen ser det ikke ut til å være noen direkte sammenheng mellom mengdene av tiosulfat og utvinning eller konsentratene til hverken sink eller kobber. Kalsium og tiosulfat har samme tendens i kurvene, men det ser heller ikke ut til at kalsiummengdene kan koples opp mot hverken utvinning eller konsentratene.



Figur 14: Totalmengden av tiosulfat og kalsium i kobberkretsen og sinkkretsen plottet mot utvinning av kobber og sink (%), og konsentratene til både kobber og sink (%).

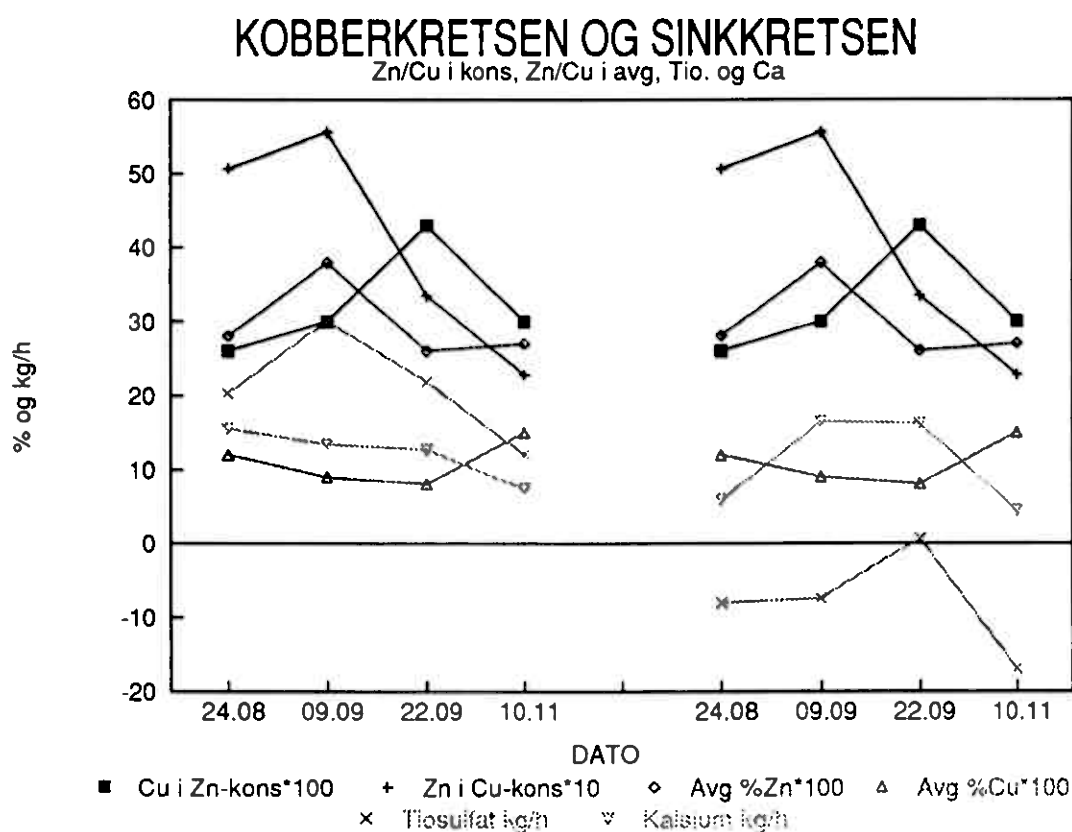
I kobberkretsen og sinkkretsen, som er vist i figur 14, kan tiosulfatmengdene muligens sees i sammenheng med kobberkonsentratet og utvinning av kobber. Forløpet på tiosulfatkurven er det samme som kurven for utvinning av kobber, og det motsatte som for kobberkonsentratet. Dette kan indikere at høye tiosulfatverdier gir en høyere utvinning, men et fattigere konsentrat. I sinkkretsen kan det ikke trekkes noen sammenheng mellom de forskjellige kurvene.



Figur 15: Totalmengdene av tiosulfat og kalsium i primær- og sekundærmøllekretsen plottet mot mengdene av Cu/Zn i konsentratene og avgangen.

I figur 15 er tiosulfat og kalsium i primær- og sekundærmøllekretsene plottet mot mengdene av kobber i sinkkonsentratet, sink i kobberkonsentratet, og % kobber og % sink i avgangen. Ingen av kurvene til tiosulfat eller kalsium kan sees i sammenheng med metall i feil konsentratene eller metall i avgangen. I figur 16 derimot der driftsparameteren er sammenlignet i kobber- og sinkkretsen, følger kurven til tiosulfat kurven til sink i kobberkonsentratet i kobberkretsen. Ved økende mengde tiosulfat får en økende mengde sink i kobberkonsentratet. Dette stemmer dårlig med teorien der tiosulfat skal trykke sinken. Ellers er det liten sammenheng i kobberkretsen. I sinkkretsen har kurven til tiosulfat og kurven til kobber i sinkkonsentratet samme forløp, noe som betyr at mye tiosulfat gir mer Cu i sinkkonsentratet. Kalsium har motsatt forløp som kurven for %Cu i

avgangen. Det vil si at mer kalsium gir mindre kobber i avgangen. Denne sammenhengen er logisk fordi flotasjon av kobber krever basisk miljø, og basen som settes til består av mye kalsium. Det kan derfor se ut som at kobberutvinningen blir bedre ved høyere pH, noe som også kan sees i figur 14, der synkende mengde av kalsium resulterer i lavere kobberutvinning.



Figur 16: Totalmengdene av tiosulfat og kalsium i kobber- og sinkkretsen plottet mot mengdene av Cu/Zn i konsentratene og avgangen.

Totalt kan det sies at høye mengder tiosulfat er lite gunstig for driftsresultatene. Utfra betraktningene ovenfor kan disse sammenhengene antas:

- Mer tiosulfat ⇒ Høyere utvinning av kobber
- Mer tiosulfat ⇒ Lavere kobberkonsentrat
- Mer tiosulfat ⇒ Mer sink i kobberkonsentratet
- Mer tiosulfat ⇒ Mer kobber i sinkkonsentratet

Mer kalsium $\Rightarrow$ Mindre kobber i avgangen

Betraktningene ovenfor er relativt grove, og i det etterfølgende vil konsentrasjonene av tiosulfat og kalsium på hvert enkelt prøvepunkt bli sammenlignet med driftsresultatene. Dette vil også vise hvor i verket det er sammenheng mellom diverse parametre.

I bilagene 14 til 29, er det laget grafer av prøvepunktene 1 til 17 som viser tiosulfat- og kalsiumkonsentrasjonene plottet mot de samme driftsparametre som tidligere.

I den øverste figuren på hvert bilag er konsentrasjonene plottet mot: Avgang %Cu, avgang %Zn, Cu i sinkkonsentratet og Zn i kobberkonsentratet. I den nederste figuren er konsentrasjonene plottet mot: Cu-utvinning, Zn-utvinning, Cu-konsentratet og Zn-konsentratet. På hver av figurene er pH for de aktuelle prøvedatoene påført, og det må påpekes at pH ikke er målt ved den første prøvedatoen 24.august.

Tiosulfat og kalsium plottet mot %Zn i avgang, %Cu i avgang, Cu i Zn-konsentratet og Zn i Cu-konsentratet:

I de aller fleste tilfellene ser det ut til at tiosulfatkurvene og kurvene for sink i kobberkonsentratet har motsatt forløp. Det er bare enkelte plasser at dette ikke er tilfelle, men da kan feilmargin og andre forhold påvirke mengdene. I motsetning til tidligere betraktninger antas det derfor at tiosulfatmengdene påvirker sinkinnholdet i kobberkonsentratet.

I avgangen er det en sammenheng mellom tiosulfat og %Zn i avgangen, der økende mengde tiosulfat gir mindre sink i avgangen. Ellers er det ingen entydig sammenheng ved resten av prøvepunktene.

Det ser ikke ut til å være noen sammenheng mellom kalsium og de nevnte driftsresultatene.

Tiosulfat og kalsium plottet mot utvinning av Cu og Zn, samt konsentratene til Cu og Zn:

Det kan være en sammenheng mellom kobberkonsentratet og tiosulfat, der økende mengde tiosulfat gir et bedre konsentrat. Kurvene har det samme forløpet rundt autogenmølla og begynnelsen av kobberkretsen, men ellers varierer det endel.

De andre driftsparameterene ser ut til å være upåvirket av tiosulfatmengdene. Det er noen kurver som stemmer overens ved enkelte prøvepunkt, men det er for lite til å si noe konkret.

Kalsiummengdene er uavhengig av disse driftsparameterene og det kan ikke spores noen definitiv sammenheng. Det er likevel en antydning til at mengdene av kalsium følger utvinning av kobber, spesielt omkring kobberkretsen. Trenden er at minkende mengder kalsium gir lavere utvinning.

5.4 Sulfatmengder

For å sjekke mulighetene for gipsutfelling, utfelling av $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ble en full prøverunde, 11/11-92, og 4 ekstra prøver, sendt til NIVA for analyse på sulfatinnholdet. Ut fra løselighetsproduktet ble løseligheten til gips beregnet til $5,0 \cdot 10^{-3}$ eller 680 mg/l ved 25°C. Det vil si at ved likevekt og mettet løsning er det 480 mg SO_4 /l og 200 mg Ca/l. Ved kalsiumanalysene ble mengdene av Ca/l beregnet til over 200 mg/l på endel steder i verket. Et høyere kalsiuminnhold enn 200 mg/l vil medføre at sulfatmengdene kan være lavere før en får utfelling. I tabell 12 er sulfatmengdene og kalsiummengdene for prøverunden 11.november vist. Disse verdiene kan være noe for høye, da prøvene antakeligvis har oksydert fra de ble analysert på tiosulfat, til NIVA fikk analysert dem på sulfat. Prøvene ble sendt til NIVA på små flasker som var rimelig tette, og på grunn av at verdiene bare skal gi en indikasjon på sulfatinnholdet, er det valgt å se bort fra oksyderingen.

P.pkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ca	278	294	60	259	131	299	293	292	89
SO ₄	300	290	130	370	190	320	310	350	1300
P.pkt	10	11	12	13	14	15	16	17	4202
Ca	80	103	251	274	338	143	294	288	285
SO ₄	1100	200	270	340	310	220	350	370	430

Tabell 15: Mengder av sulfat og kalsium i mg/l fra prøverunden 10/11-92.

Kalkspat er mer løselig i kaldt vann, og løseligheten av gips er også antakeligvis noe større i kaldt enn i varmt vann. Det antas derfor at løsningen tåler mer gips før den blir mettet når vannet er kaldt. I tabell 16 nedenfor er produktet av kalsium og svovel sammenfattet:

P.pkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L*10 ⁻⁵	1,9	1,9	0,2	2,1	0,6	2,1	2,0	2,3	2,6
P.pkt	10	11	12	13	14	15	16	17	4202
L*10 ⁻⁵	2,0	0,5	1,5	2,1	2,3	0,7	2,3	2,4	2,7

Tabell 16: L, er produktet av [Ca] og [SO₄]. Ved metning er $L = [Ca] * [SO_4] = 2,5 * 10^{-5}$, ved 25°C.

Ut fra tabell 16 ser en at løselighetsproduktet er overskredet på to plasser, ved avgang varmflotasjonen (9) og avgang Unit-Cellen (4202). Fra overløp primærsyklonen (1) og til avgangen på Unit-cellen (4202) er det skjedd en økning i kalsium- og svovelinnholdet slik at løselighetsproduktet er blitt overskredet. Det taes forbehold om hvor stor økningen i løselighet er for gips i kaldere vann.

Vannet som går i underløp primærsyklonen (17), er nærmere metning enn vannet i overløpet (1). Kalsiuminnholdet er ifølge tabell 15, størst ut fra mølla (2) og minst i overløpet primærsyklonen (1). På sulfatinnholdet ser en at det er minst ut

fra mølla (2), øker i overløpet primærsyklonen (1) og er desidert størst i underløpet syklonen (17). Det skulle indikere at det dannes sulfat i pumpesumpen etter primærmølla.

Ved å sammenligne disse tallene med sulfatanalyser foretatt av NIVA(92) i april/mai, kan en få en formening om hvor mye verdiene stiger utover vinteren. Driftsvannet inn har nå sulfatverdier på 130 mg/l og målinger foretatt i april 92 har verdier på 148 mg/l og i mai 160 mg/l. Avgangen har nå 370 mg SO_4/l , og i april og mai er verdiene henholdsvis 370 og 400 mg/l. Konsentrasjonene fra NIVA(92) på kalsium og sulfat, samt egne målinger er sammenfattet i tabell 17.

	16/12- 91	6/1- 92	6/4- 92	5/5- 92	3/6- 92	10/11- 92
Ca inn	54	54	80	67	49	60
Ca ut	267	297	345	345	205	259
SO_4 inn	115	120	148	160	230	130
SO_4 ut	300	370	370	400	900	370

Tabell 17: Oversikt over kalsium- og sulfatkonsentrasjonene på driftsvannet og avgangen gjennom året (i mg/l).

Tabellen viser at konsentrasjonene i november 92 ligger mellom verdiene for januar og april i fjor. Tar en utgangspunkt i forrige vinter, er det forventet en stigning i alle verdier frem mot mai. Konsentrasjonen av sulfat er høyere i november 92 enn i desember 91, og det skyldes sannsynligvis at isen la seg 1 og en halv måned tidligere i år enn i fjor.

6. DISKUSJON

Det ble antatt at avleiringene ved oppredningsverket var gips. Nå viser det seg at ingen av de tre avsetningsprøvene som ble analysert inneholdt gips. Derimot store mengder svovelkis og amfibol, noe kloritt, talk og kobberkis, og spor av gips og sinkblende. Prøvene inneholdt ikke kalkspat, selv om muligheten for utfelling var tilstede. Det er tilstrekkelig med kalsium og sulfat til at gips kan felles ut deler av året, ut fra analyser foretatt av NIVA. Selv om gips felles ut, avleires den ikke i nevneverdig grad. Problemene i oppredningsverket ved Grong Gruber skyldes ikke gips, men svovelkis og amfiboler.

Spørsmålene er hvorfor enkelte forbindelser avleires i større grad enn andre, og hvorfor dette i størst grad skjer på etterm vinteren. Svaret på det første kan være overflateegenskapene til partiklene. Felles for partiklene som er avleiret, er at de alle har et negativt potensiale ifølge teorien. Det er en tendens til at partiklene med størst negativt potensiale avleires mest. Både svovelkis og amfibolene har et sterkt negativt zeta-potensial. Sinkblende som er mer negativ, skulle i så fall feste seg først, men det er ikke tilfelle. Styrken til zeta-potensialet er målt i destillert vann, så det er vanskelig å si noe om det reelle potensialet til partiklene i denne bestemte pulpen. Det ser ut til at det er andre egenskaper i tillegg som bestemmer hvilke partikler som avleires. Et forhold som kan vurderes videre, er hvordan reagensene påvirker de forskjellige partiklene.

Det fører til det andre spørsmålet: Hvorfor avleires disse partiklene i større grad på senvinteren, enn resten av året. For å svare på dette må en se på hvilke forhold på vinteren/senvinteren som er spesielle for denne tiden. Først og fremst er bassenget lukket med is, det vil si minimal utskifting av vannet. Dernest er temperaturen på driftsvannet inn på verket lavere i denne årstiden. Når bassenget er lukket, vil konsentrasjonene av sulfat og reagenser bygge seg opp til vannet er blitt mettet, eller til en får utskifting igjen. Det ble antatt at økende tiosulfatmengder var årsaken til problemene, men dette ser ikke ut til å være tilfelle. Tvert imot er det en tendens til at tiosulfatinholdet er blitt redusert

utover høsten, og ved en ekstramåling i desember var verdiene sterkt redusert. Den siste målingen i desember ble gjort etter bare et døgns drift og før det hadde verket stått et halvt døgn. Dette kan ha påvirket resultatet fordi vannet i bassenget da har fått muligheten til å blande seg og tiosulfat har oksydert slik at konsentrasjonene er blitt redusert. Men tiosulfatinnholdet i bassenget og verket har aldri vært så lav som det var i desember, så driftsstans et halvt døgn kan ikke være hele forklaringen. Det ser derfor ut til at tiosulfatverdiene blir redusert mot vinteren, og det stemmer dårlig med teorien. Derimot stiger sulfatverdiene, ifølge NIVA (92), og når høyest konsentrasjon i april/mai. Til tross for forventet høye sulfatverdier, er det vanskelig å se noen sammenheng med avleiringene. Temperaturen forandrer seg ikke utover senvinteren, så det er tvilsomt om denne spiller en vesentlig rolle. En medvirkende faktor kan den likevel være.

Forhold som ikke er vurdert er: Krystallgitterene til de forskjellige forbindelsene og jernforbindelser. Krystallgitterene kan være avgjørende for hvilke partikler som passer sammen. Sinkblende kan passe dårlig sammen med andre. Toverdig jern vil fungere som lim mellom partiklene, men jernet kan ikke relateres direkte til vinteren. Disse forholdene kan det være lønnsomt å se videre på.

Et annet formål med oppgaven var å se på hvordan tiosulfat og kalsiummengdene påvirket driftsresultatene. Først ble forandringer i totalmengdene av tiosulfat og kalsium sammenlignet med driftsresultatene ved de forskjellige datoene. Her ble det konkludert med at en økning av tiosulfatinnholdet, ga høyere kobberutvinning, lavere kobberkonsentrat, mer sink i kobberkonsentratet og mer kobber i sinkkonsentratet. Dette er ikke i samsvar med teorien der tiosulfat er ment å trykke sinken, slik at det bedrer driftsresultatene.

Kalsiummengdene varierte med kobber i avgangen, og det bekrefter bare at resultatene ved flotasjonen er avhengig av hvor basisk miljøet er.

For å bekrefte tiosulfatens påvirkning på driftsresultatene, ble konsentrasjonene på hvert enkelt prøvepunkt vurdert. Resultatet her var delvis forskjellig fra

tidligere. Høyt tiosulfatinnhold ga lavt innhold av sink i kobberkonsentratet og muligens et høyere kobberkonsentrat. Dette stemmer bedre med teorien. Denne sammenligningen vil være mer nøyaktig enn den første, som er mer sårbar for nøyaktigheten av mengdeberegningene.

Vurdering av kalsiumkonsentrasjonene opp mot driftsresultatet, bekreftet at høyere mengder kalsium gir økt utvinning.

Det antas at tiosulfatmengdene påvirker: Utvinningen av kobber, sink i kobberkonsentratet og sink i avgangen. Kalsium ser ut til å ha direkte sammenheng med utvinningen av kobber.

Det er mange forhold som styrer driftsresultatene, og disse behøver ikke skyldes tiosulfatinnholdet. Sammenligningen gir likevel en indikasjon på hvordan tiosulfat kan påvirke driftsresultatene.

7. KONKLUSJON

Avleiringene ved oppredningsverket til Grong Gruber, var ikke gips. Derimot var det store mengder svovelkis og amfiboler (hornblende og tremolitt). I tillegg er det endel kobberkis, kloritt og talk, og spor av gips og sinkblende.

Overflateladningen til de forskjellige forbindelsene er sannsynligvis av en viss betydning, men det må være flere forhold, som styrer mengde og type avleiring. Felles for avleiringene var et tildels sterkt negativt zeta-potensiale ved pH 11, bortsett fra tremolitt og gips. Dette kunne vært en mulig forklaring, men sinkblende, som hadde et av de sterkest negative potensialet, var bare tilstede som sporelement.

Annet forhold som kan påvirke avleiringen, er forskjellige typer krystallstruktur og hvordan disse passer sammen. Sinkblende kan ha spesielle egenskaper som gjør at det ikke fester seg. Toverdig jern kan være en del av avleiringsmekanismen. Dette blir bare antakelser, men toverdigg jern og krystallstruktur er forhold som det kan jobbes videre med. Fordi avleiringene er et vinterproblem, må temperaturens innvirkning kartlegges bedre.

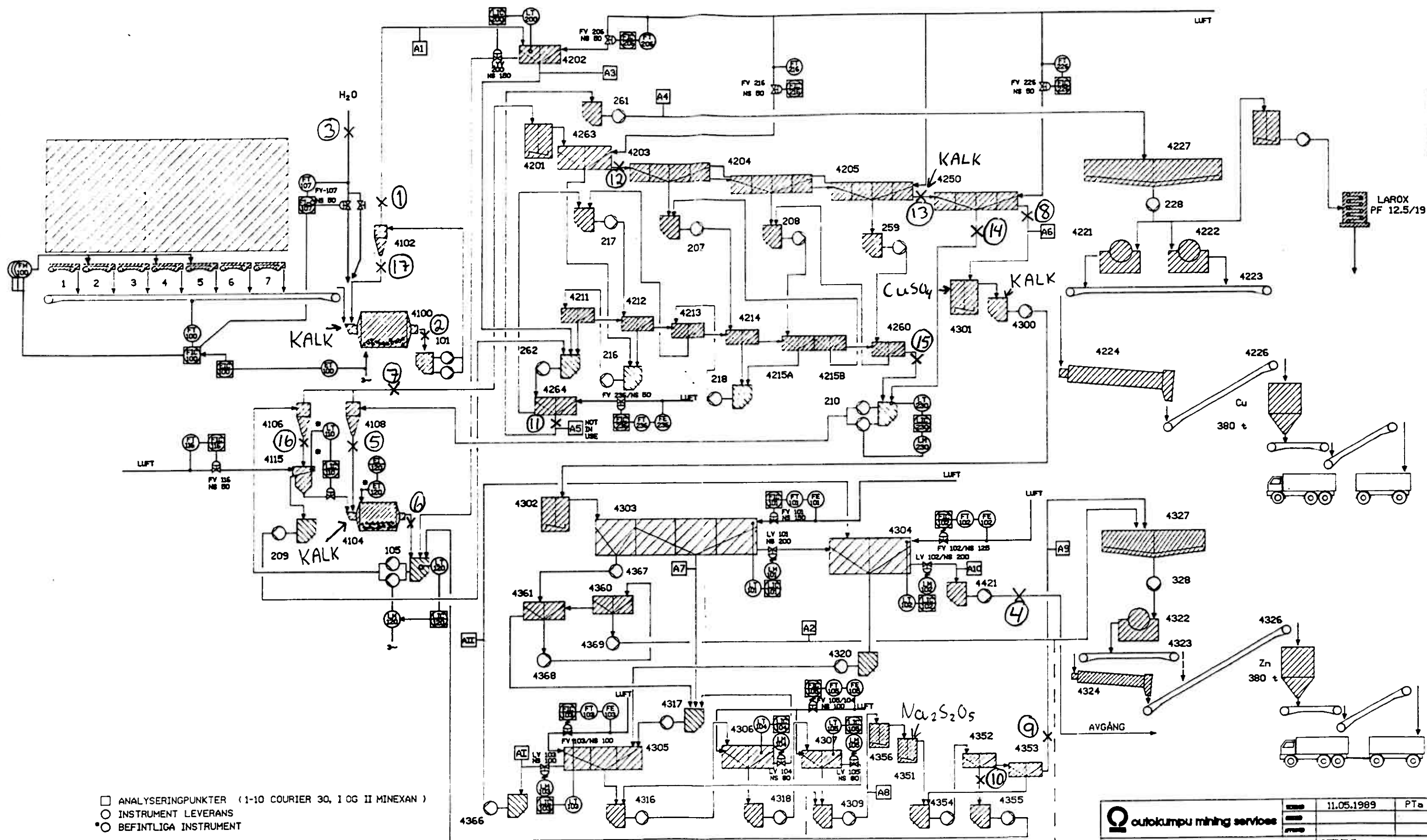
Økte tiosulfatkonsentrasjoner ser ut til å påvirke: Utvinning av kobber, sink i kobberkonsentratet og sink i avgangen. Økte kalsiummengder påvirker utvinning av kobber, og stemmer med at kobberflotasjonen må foregå i basisk miljø.

REFERANSER

1. Digre, M., 1992. Utkast til flytskjema for pilotforsøk ved NTH (bilag 2).
2. Fiksdal, Liv, 1982: Kompendium i Vannkjemi, Norges Tekniske Høyskole, Institutt for Vasteknikk. 242 s.
3. Mc Coy, James. Chemical analysis of industrial wastes, pp 134-137.
4. Müller, 1977. Bakteriell von Flotationsabwässern. G.D.M.B Symposium "100 Jahre ertses Flotationpatent". 25 Marz 1977 Bad Harzburg.
5. Ney, P., 1973: "Zeta Potentiale und Flotierbarkeit von Mineralen", Springer-Verlag, Wien, New York. 214 s.
6. NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning), 92. "Analyseresultat, Driftsvann" for Grong Gruber, 1992.
7. Rueslåtten, Håkon, 1991. Utdrag fra Kompendium: "Interaksjoner, Mineraler - Vann." 38 s.
8. Sandvik, K.L., 1979: Prosjekt "Resirkulering av avgangsvann", Delrapport II, "Data fra sulfidflotasjon", Teknisk Rapport Nr. 33/2, Bergverkenes Landssammenslutnings Industrigruppe. 39 s.

BILAGSLISTE

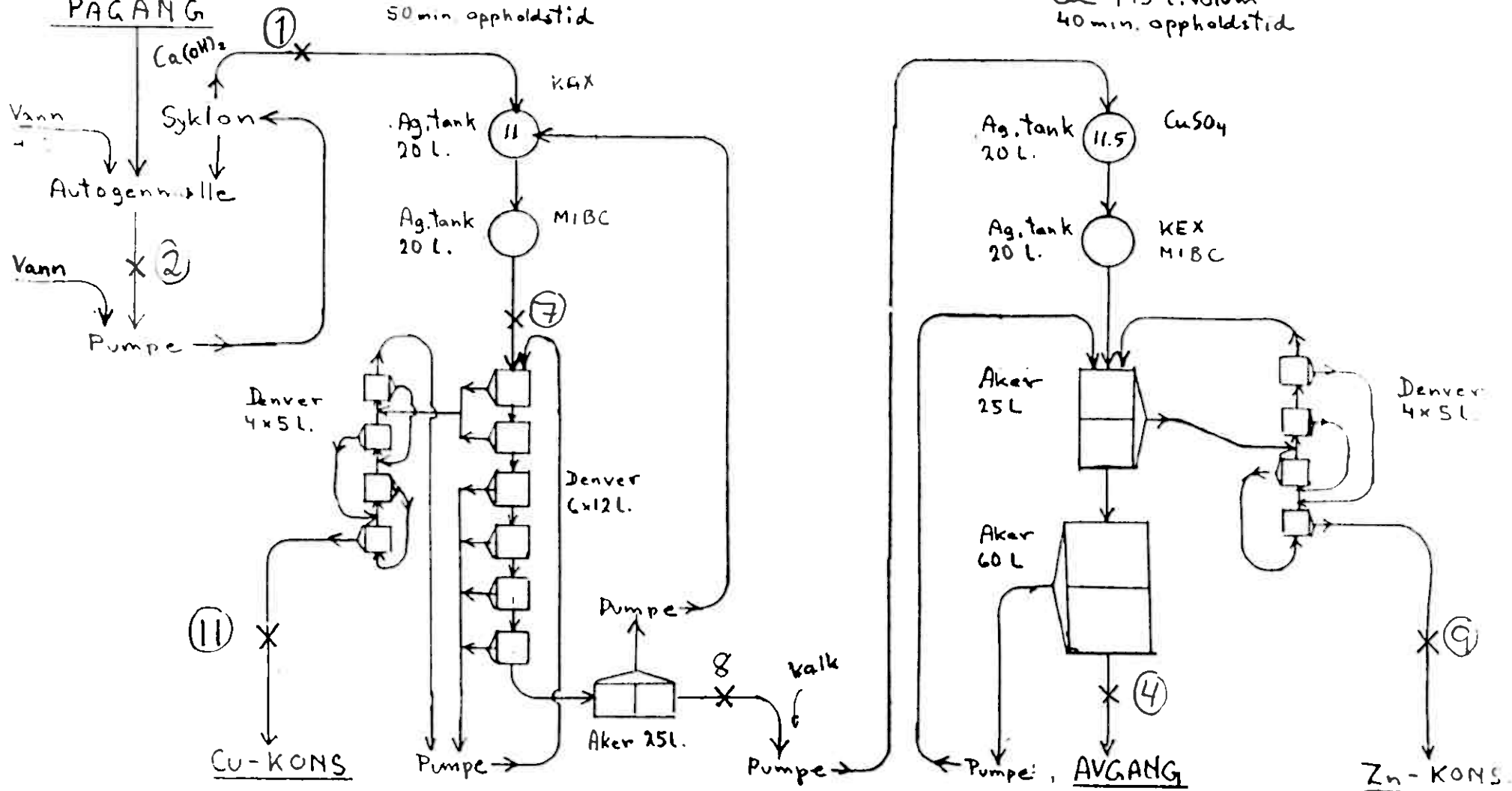
1. Flytskjema, oppredningsverket til Grong Gruber 1992
2. Flytskjema, pilotforsøk
3. Avsetningsanalyser, prøve A og B
4. Avsetningsanalyser, prøve C
5. Tiosulfatkonsentrasjoner over tid
6. Sulfitkonsentrasjoner over tid
7. Sulfidkonsentrasjoner over tid
8. Kalsiumkonsentrasjoner over tid
9. Magnesiumkonsentrasjoner over tid
10. PH-målinger over tid
11. Tiosulfatmengder (Massebalanse)
12. Kalkforbruk 1992
13. Kalsiummengder (Massebalanse)
14. Vannanalyser, NIVA 1992
- 15.-30: Prøvepunkt 1-17 (ikke 14), med tiosulfat og kalsium plottet mot driftsresultat



ca 100 kg/h
200 l/h
PAGANG

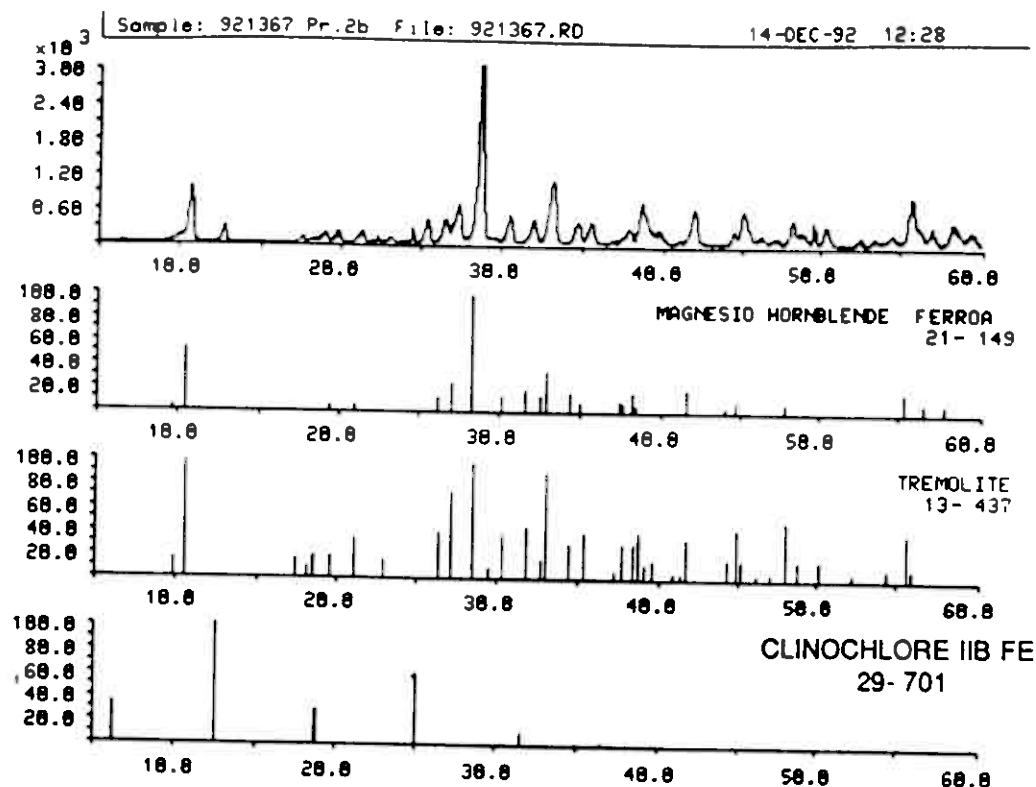
Cu-krets
ca 180 l. volum
50 min oppholdstid

Zn-knets
ca 145 l. volum
40 min. oppholdstid

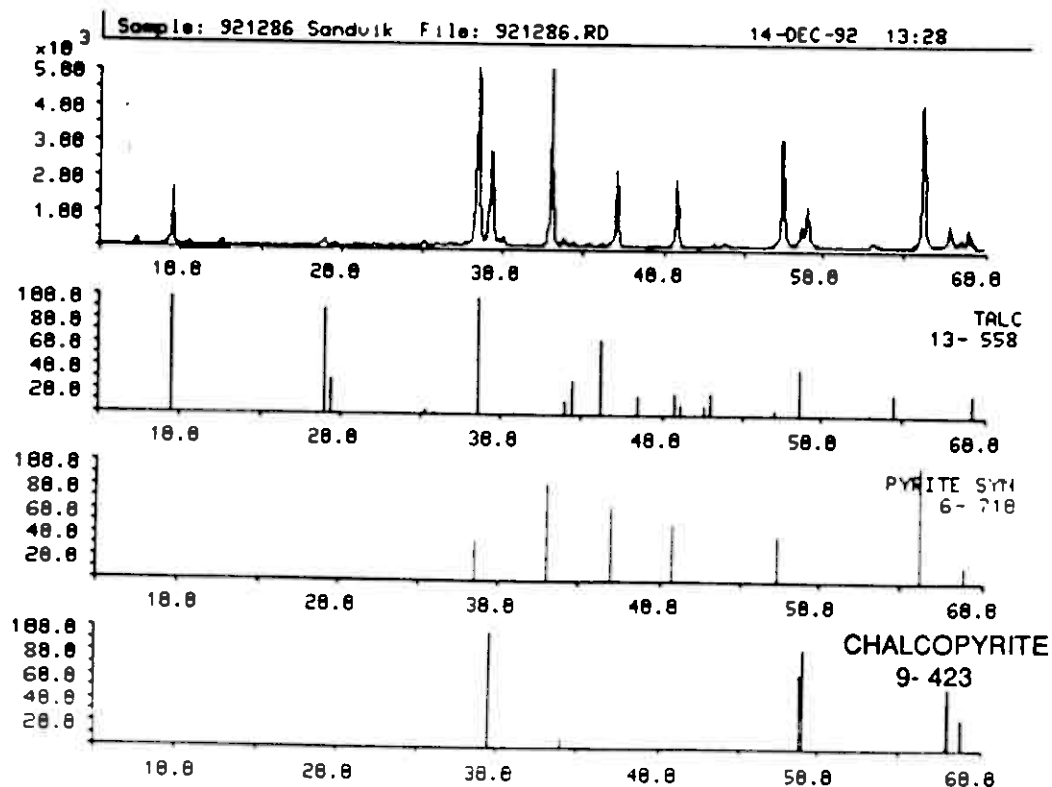


PRØVE B

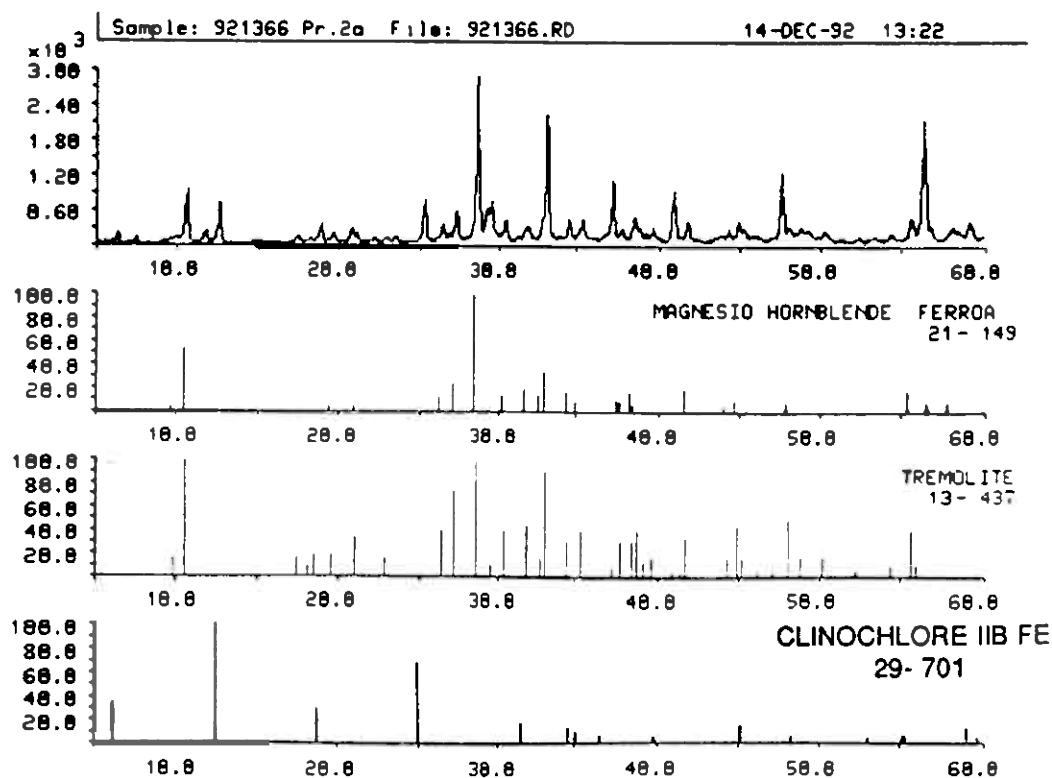
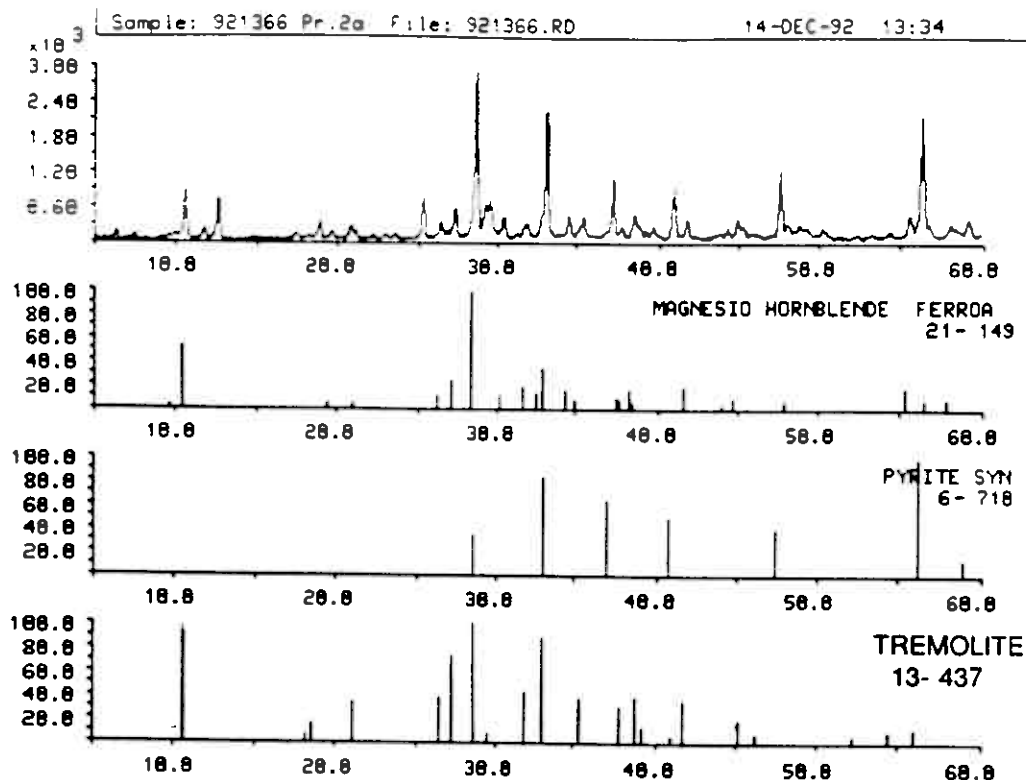
BILAG 3



PRØVE A

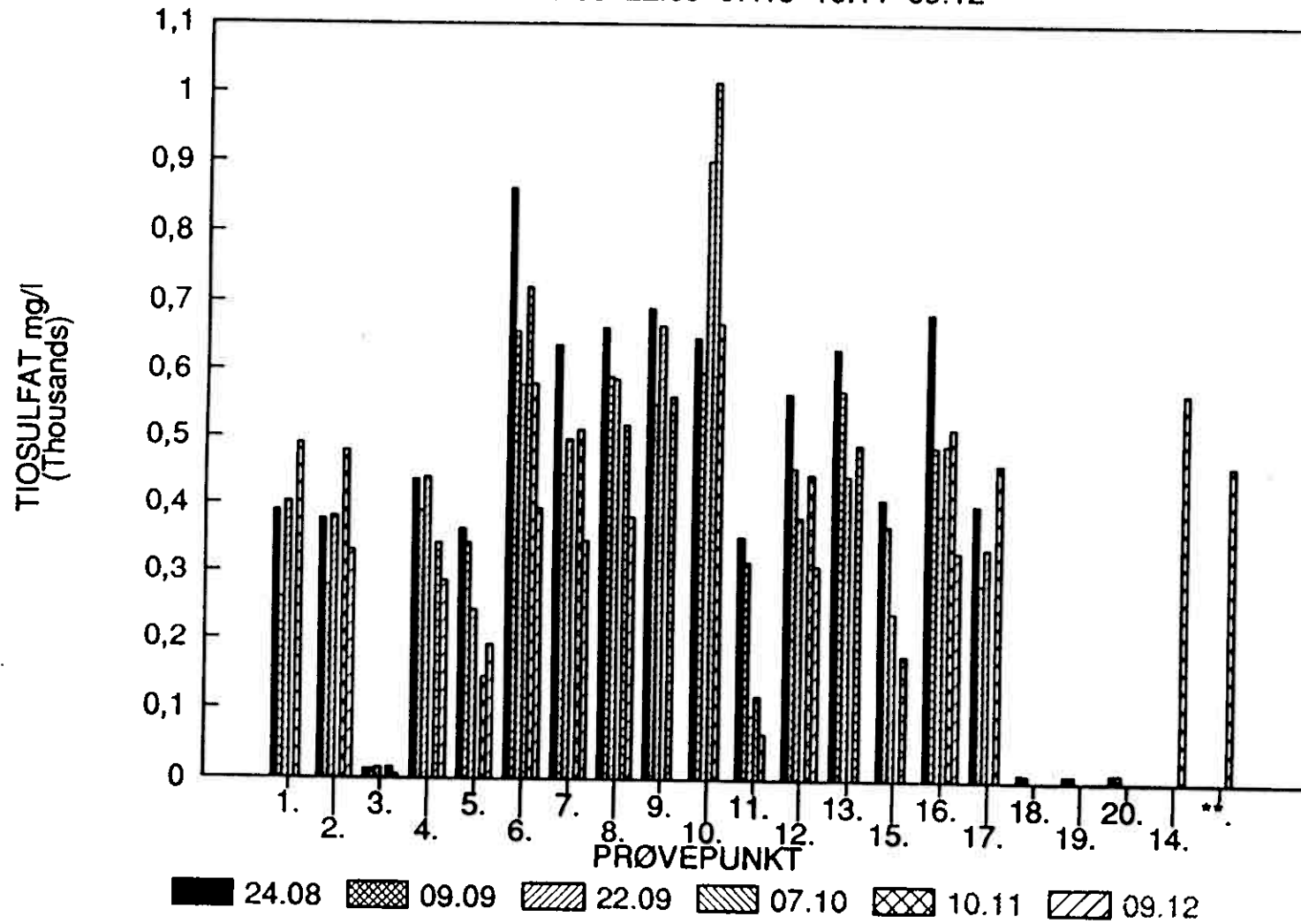


PRØVE C



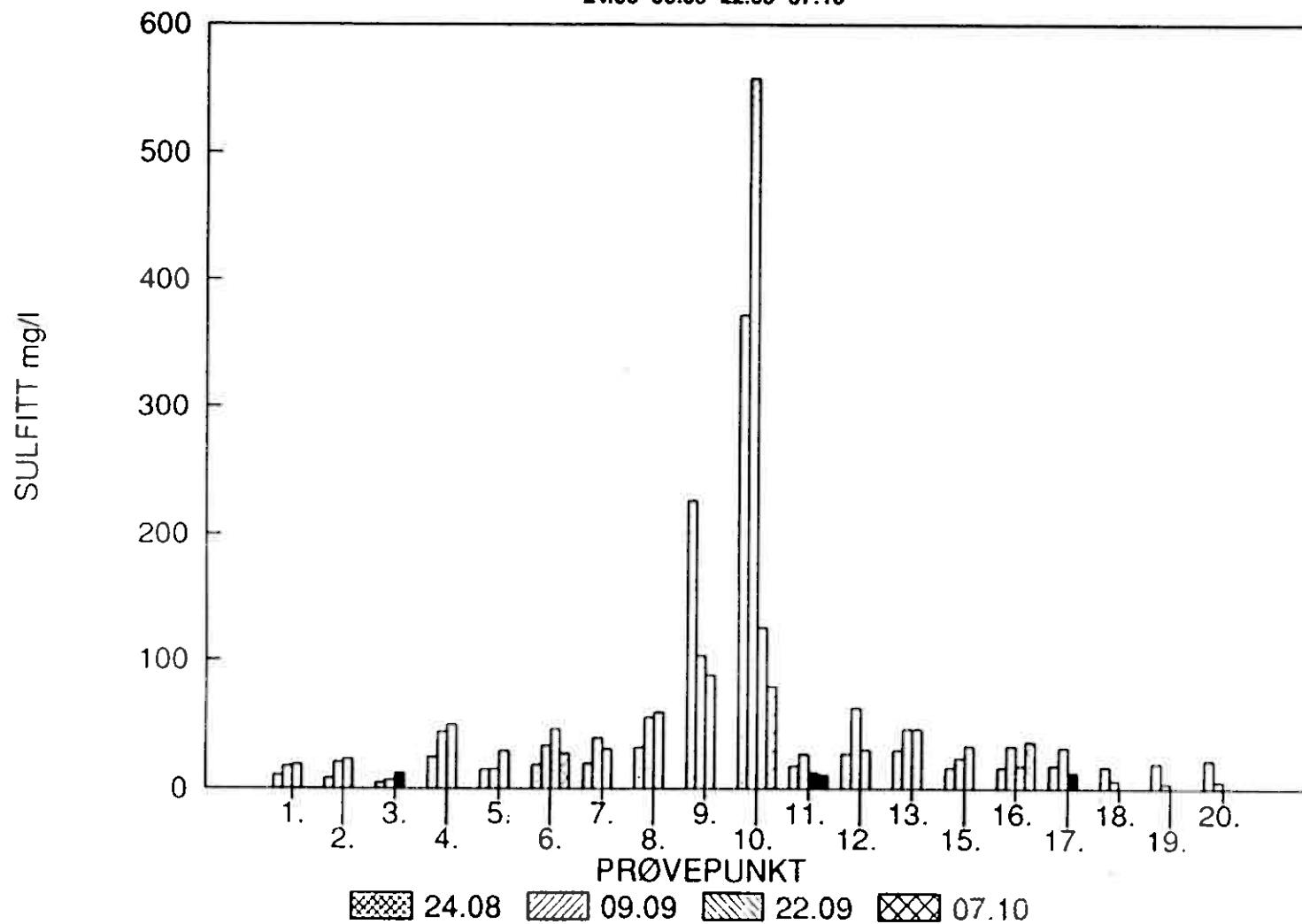
TIOSULFATINNHALD

24.08 09.09 22.09 07.10 10.11 09.12



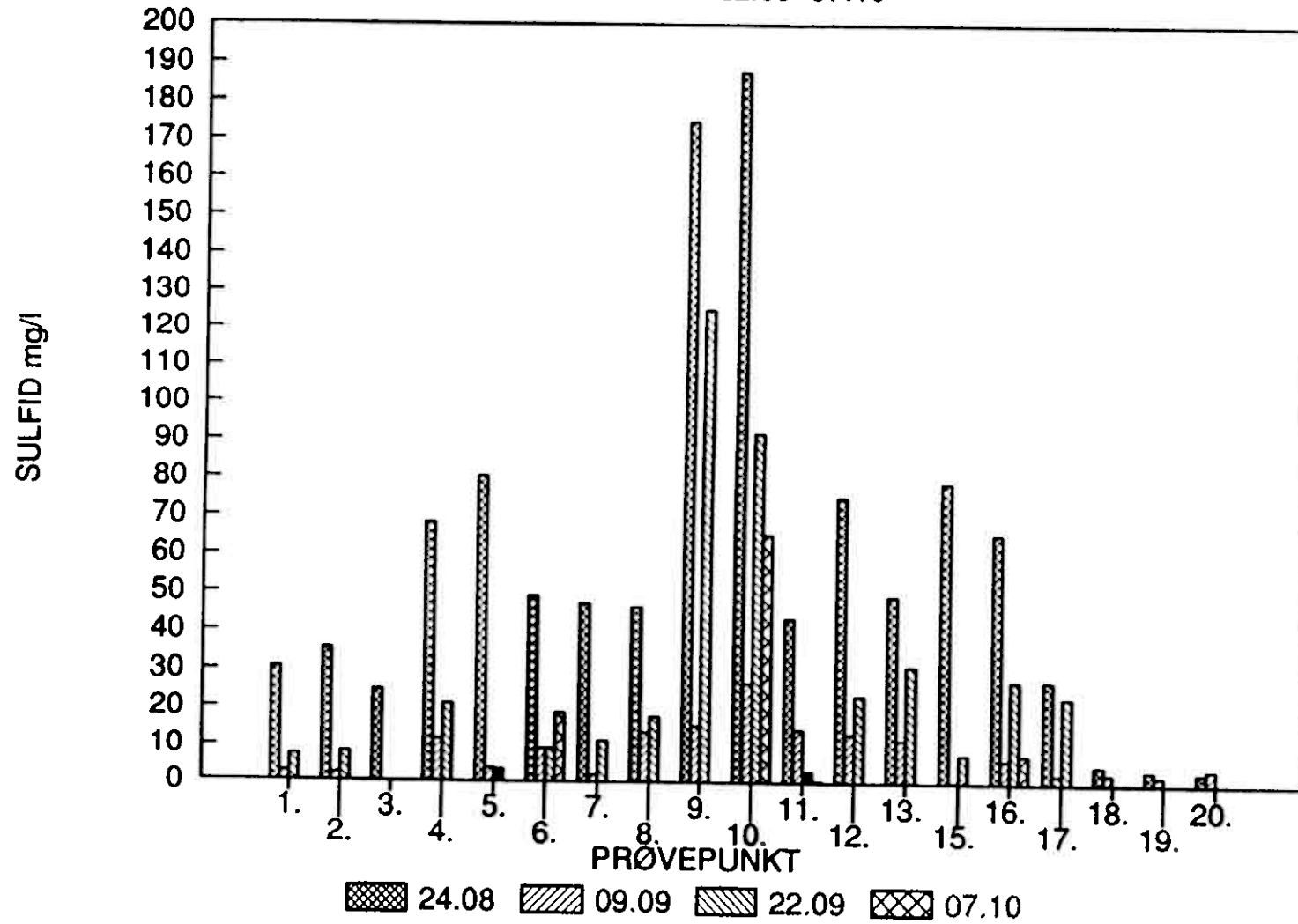
SULFITTINNHOLD

24.08 09.09 22.09 07.10



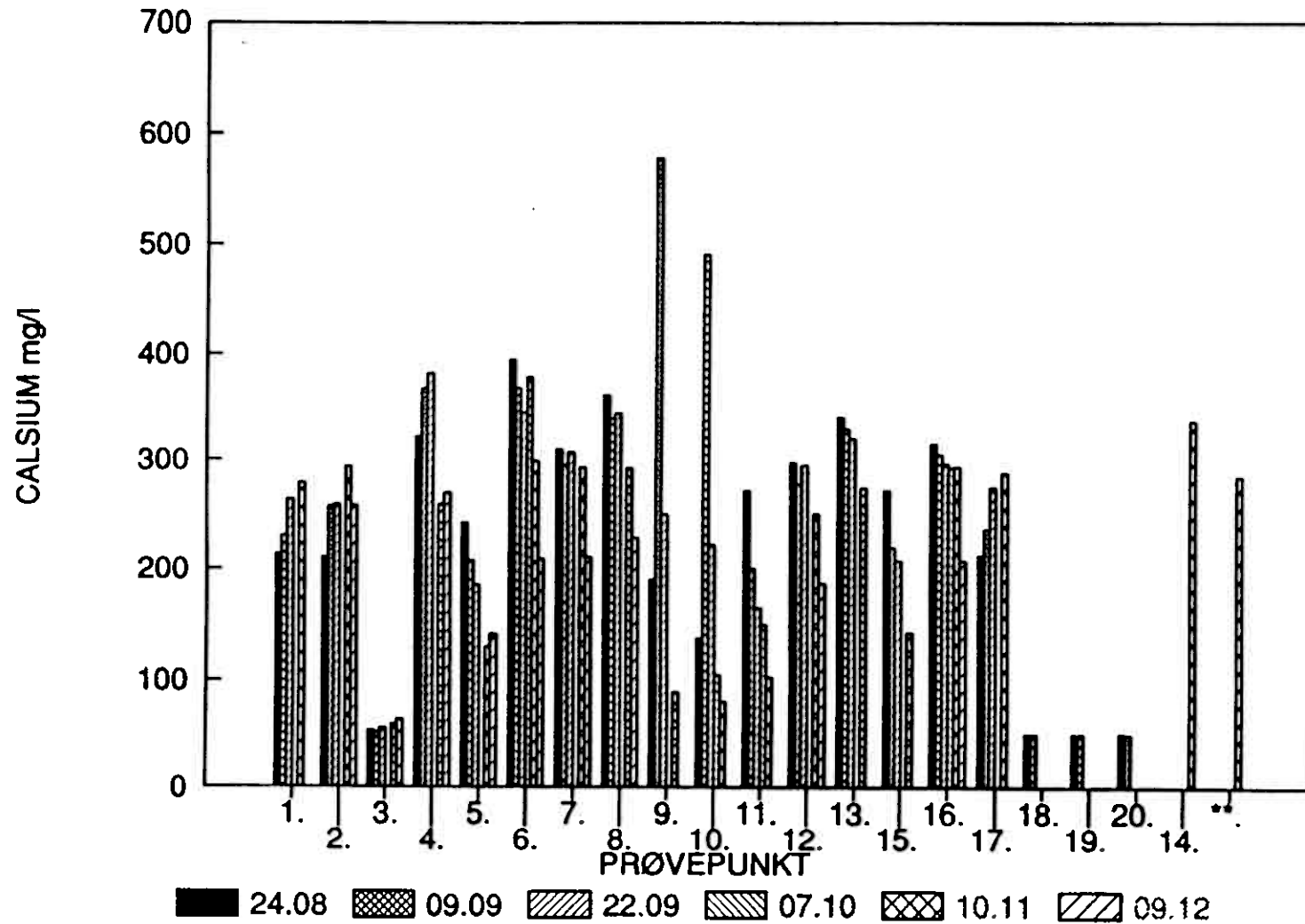
SULFIDINNHOLD

24.08 09.09 22.09 07.10



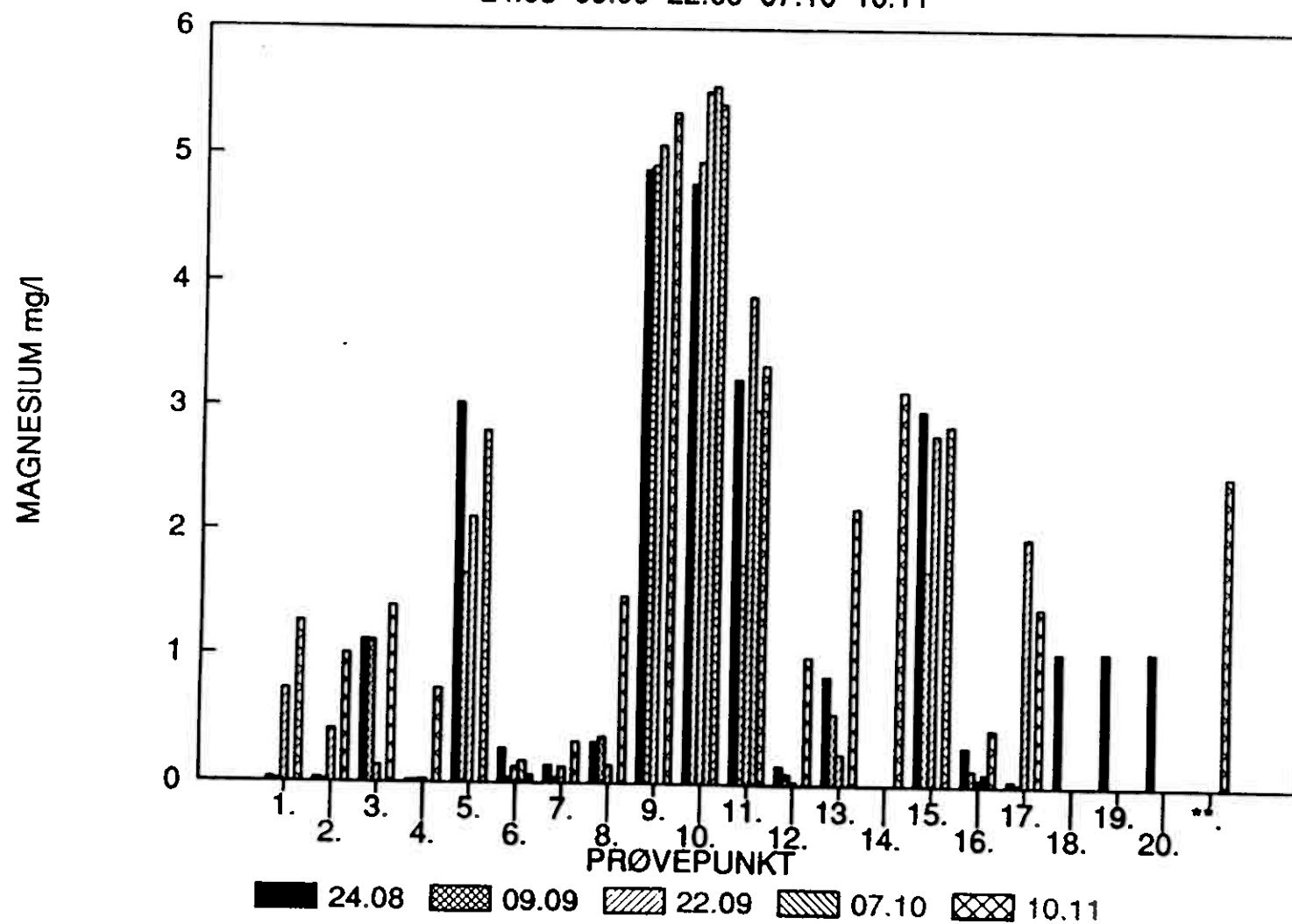
CALSIUMINNHold

24.08 09.09 22.09 07.10 10.11 09.12

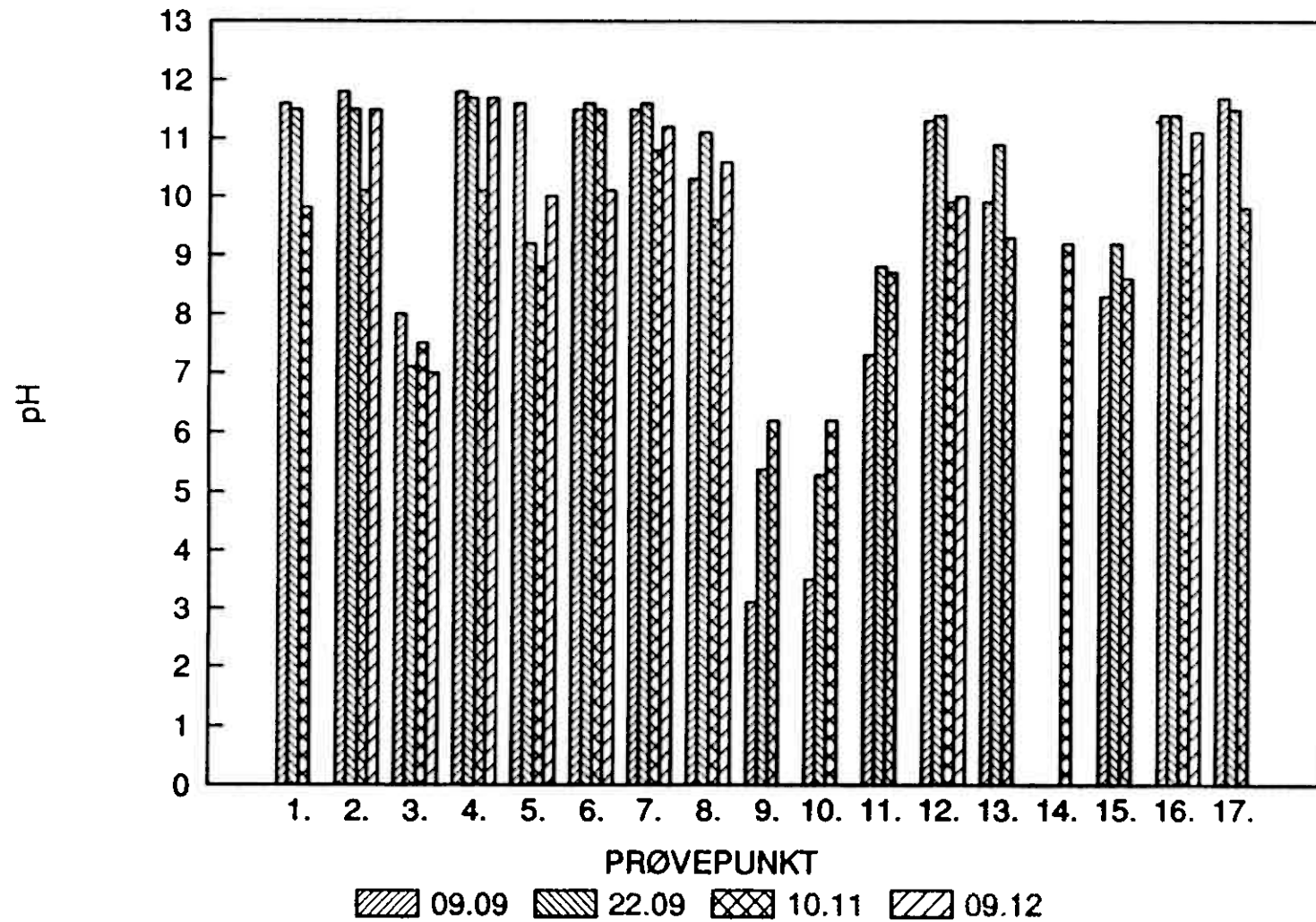


MAGNESIUMINNHold

24.08 09.09 22.09 07.10 10.11



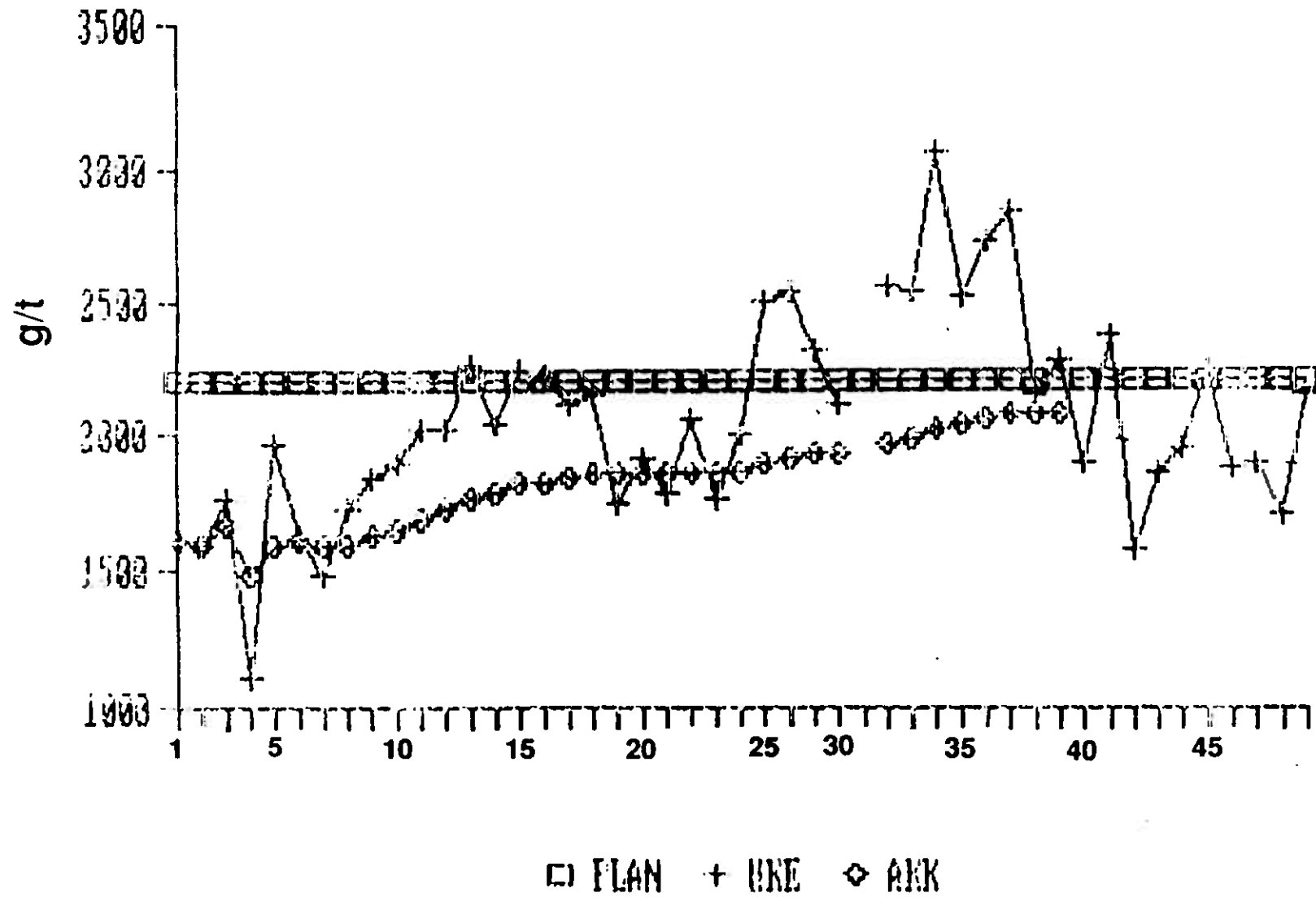
pH-MÅLINGER



Tiosulfatmengder i prosessen ved Grong Gruber

					Tiosulfatinnhold			
					24/8	9/9	22/9	10/11
Primærmøllekretsen								
	tonn/h	vekt. %	m3/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
3. Utløp P.mølle	131,3	66,7	65,6	24,8	18,4	25,0	31,4	
12. UL P.syklon	58,4	74,5	20,0	8,0	5,7	6,8	9,2	
1. OL P.syklon	72,9	57,2	54,3	21,2	14,3	21,9	26,6	
Sekundærmøllekretsen								
Inn:	tonn/h	vekt. %	m3/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
--.Avg 4202-unit	72,4	57,2	54,2	21,1	14,2	21,9	25,0	
10. Kons 4352	1,0	62,1	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	
--.Kons 4250	3,7	37,1	6,3	4,2	3,7	3,7	3,1	
15. Avg 4260	13,3	28,8	32,9	13,5	12,2	8,0	5,9	
Totalt:	90,4		93,9	39,1	30,5	34,0	34,4	
Ut:								
7. Pg 4263	90,4	48,7	95,2	60,6	42,3	47,4	48,8	
Totalt:	90,4		95,2	60,6	42,3	47,4	48,8	
Forskjell inn og ut					21,5	11,8	13,4	14,3
Kobberkretsen								
Inn:	tonn/h	vekt. %	m3/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
7. Påg 4263	90,4	48,7	95,2	60,6	42,3	47,4	48,8	
--.Kons 4202	0,5	36,0	0,9	0,3	0,2	0,2	0,4	
Totalt:	90,9		96,1	61,0	42,5	47,6	49,2	
Ut:								
8. Avg 4250	71,5	40,2	106,4	70,5	63,0	62,5	55,2	
--.Kons 4250	3,7	37,1	6,3	4,1	3,6	3,2	3,1	
15. Avg 4260	13,3	28,8	32,9	13,5	12,2	8,0	5,9	
11. Kons 4264	2,4	43,2	3,2	1,1	1,0	0,3	0,2	
Totalt:	90,9		148,7	89,1	79,8	73,9	64,4	
Forskjell inn og ut					28,1	37,3	26,3	15,2
Sinkkretsen								
Inn:	tonn/h	vekt. %	m3/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
8. Avg 4250=								
Påg 4303	71,5	40,0	107,3	71,1	63,5	63,0	55,7	
Totalt:	71,5		107,3	71,1	63,5	63,0	55,7	
Ut:								
4. Avg 4304	68,0	31,5	147,9	64,5	57,7	65,0	50,7	
9. Avg 4353	1,6	26,7	4,4	3,0	2,4	2,9	2,5	
10. Kons 4352	0,3	62,1	0,5	0,4	0,2	0,5	0,4	
--.Kons 4360	1,0	49,7	1,0	0,8	0,7	0,9	0,5	
Totalt:	71,5		153,8	68,7	61,2	69,3	54,1	
Forskjell inn og ut					-2,4	-2,3	6,3	-1,5

KALK FORBRUK 1992



Kalsiummengder i prossessen ved Grong Gruber

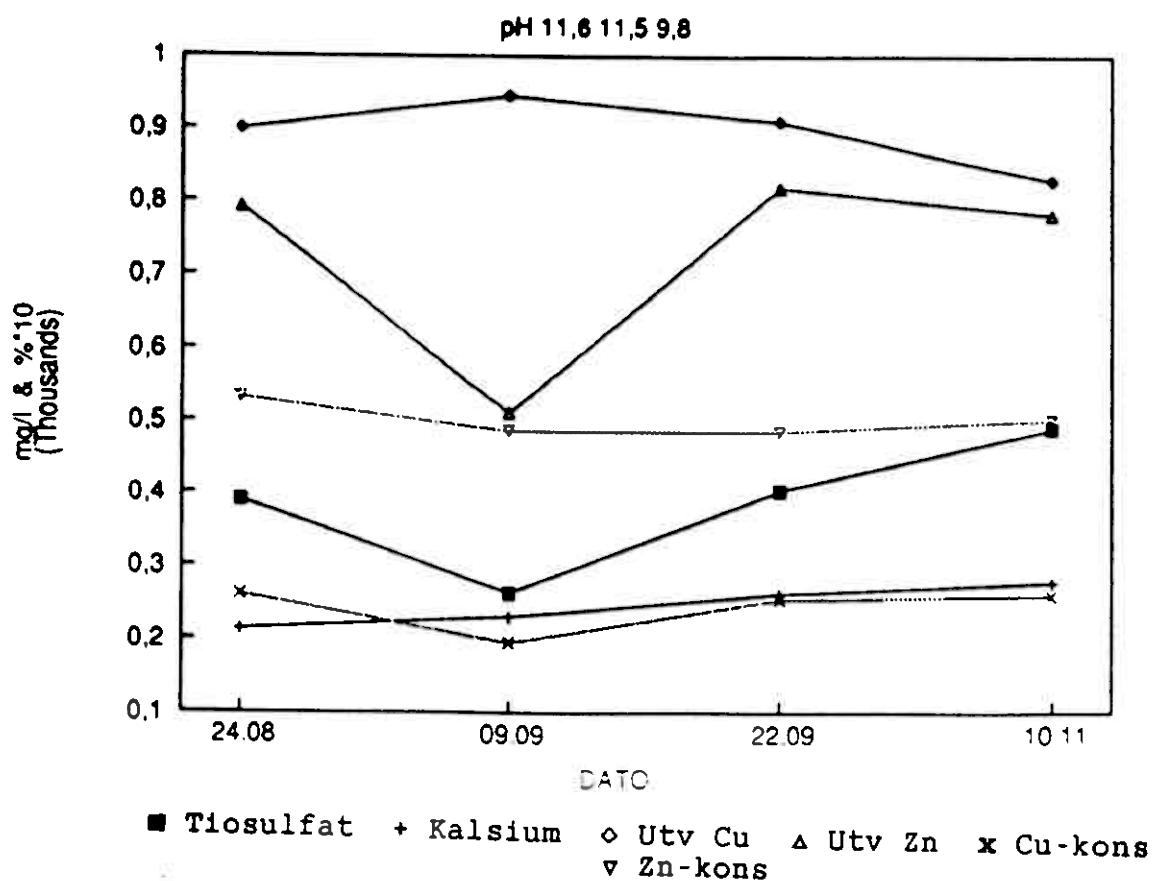
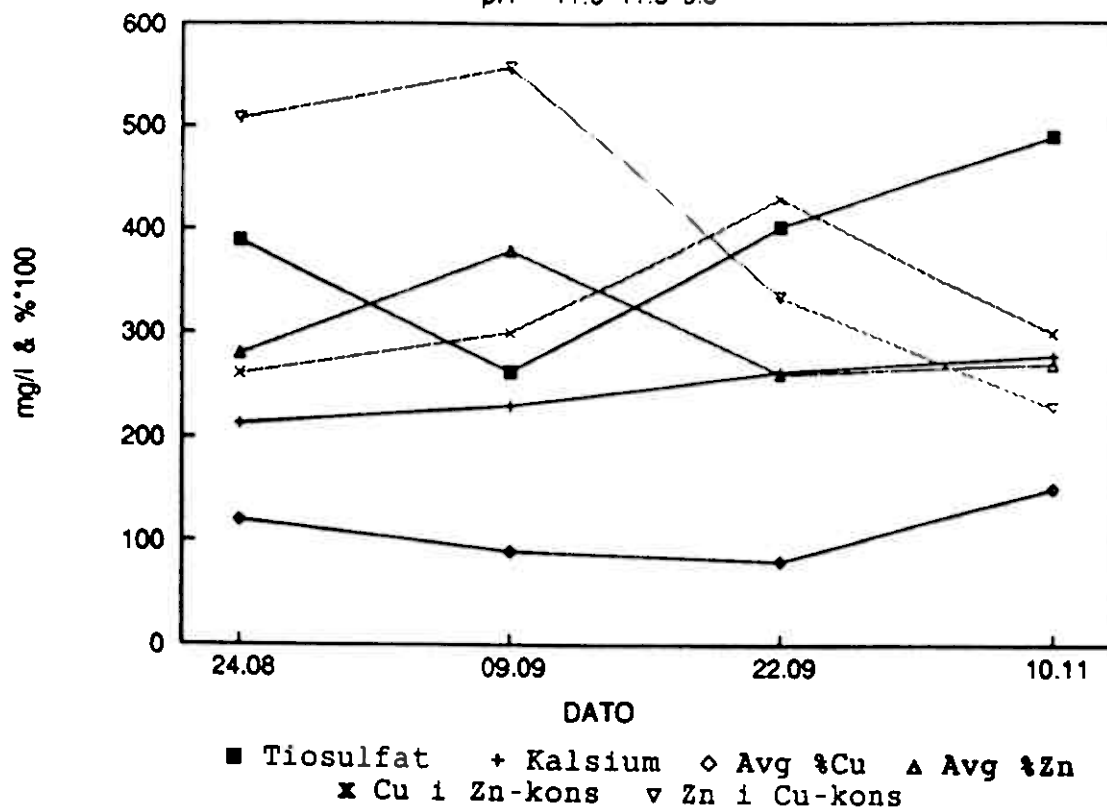
					Kalsiuminnhold			
					24/8	9/9	22/9	10/11
Primærmollekretsen								
	tonn/h	vekt. %	m3/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
2. Utlop P.molle	131,3	66,7	65,6	13,8	16,8	16,9	19,3	
17. UL P.syklon	58,4	74,5	20,0	4,3	4,7	5,5	5,8	
1. OL P.syklon	72,9	57,3	54,3	11,6	12,5	14,3	15,1	
Sekundærmollekretsen								
Inn:	tonn/h	vekt. %	m3/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
--.Avg 4202-unit	72,4	57,2	54,2	11,6	12,5	14,2	15,4	
10. Kons 4352	1,0	62,1	0,6	0,1	0,3	0,1	0,0	
--.Kons 4250	3,7	37,1	6,3	2,3	2,1	2,2	1,8	
15. Avg 4260	13,3	28,8	32,9	8,9	7,2	6,8	4,7	
Totalt:	90,4		93,9	22,8	22,1	23,3	21,9	
Ut:								
7. Pg 4263	90,4	48,7	95,2	29,5	28,2	29,2	27,9	
Totalt:	90,4		95,2	29,5	28,2	29,2	27,9	
Forskjell inn og ut:					6,7	6,1	5,9	6,0
Kobberkretsen								
Inn:	tonn/h	vekt. %	m3/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
7. Påg 4263	90,4	48,7	95,2	29,5	28,2	29,2	27,9	
--.Kons 4202	0,5	36,0	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	
Totalt:	90,9		96,1	29,7	28,4	29,5	28,2	
Ut:								
8. Avg 4250	71,5	40,2	106,4	38,5	36,0	36,6	31,1	
--.Kons 4250	3,7	37,1	6,3	2,3	2,1	2,2	1,8	
15. Avg 4260	13,3	28,8	32,9	8,9	7,2	6,8	4,7	
11. Kons 4264	2,4	43,2	3,2	0,9	0,6	0,5	0,3	
Totalt:	90,9		148,7	50,6	46,0	46,1	37,8	
Forskjell inn og ut:					20,9	17,7	16,6	9,7
Sinkkretsen								
Inn:	tonn/h	vekt. %	m3/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
8. Avg 4250=								
Påg 4303	71,5	40,2	106,4	38,5	36,0	36,6	31,1	
Totalt:	71,5		106,4	38,5	36,0	36,6	31,1	
Ut:								
4. Avg 4304	68,0	31,5	147,9	47,6	54,4	56,5	38,3	
9. Avg 4353	1,6	26,7	4,4	0,8	2,5	1,1	0,4	
10. Kons 4352	0,9	62,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,0	
--.Kons 4250	1,0	48,7	1,0	0,4	0,2	0,2	0,3	
Totalt:	71,5		153,8	48,9	57,6	58,1	39,0	
Forskjell inn og ut:					10,4	21,5	21,5	8,0

Analyseresultater.Driftsvann

Prøve mrk.	Ca mg/l	SO4 mg/l	Cu µg/l	Zn µg/l
inn 16/12-91	53.6	115	13.2	
ut 16/12-91	267	300	9.4	
inn 6/1-92	54	120	6.2	
ut 6/1-92	297	370	1.4	
inn 6/4-92	80	148	10.4	150
overl.primærs.6/4	308	310	50	<10
Zn-avg.6/4	345	370	0.6	<10
inn 13/5-92	67	160		
inn 5/5-92	67	160		
ut 5/5-92	345	400		
inn 3/6-92	49	900		
ut 3/6-92	205	230		

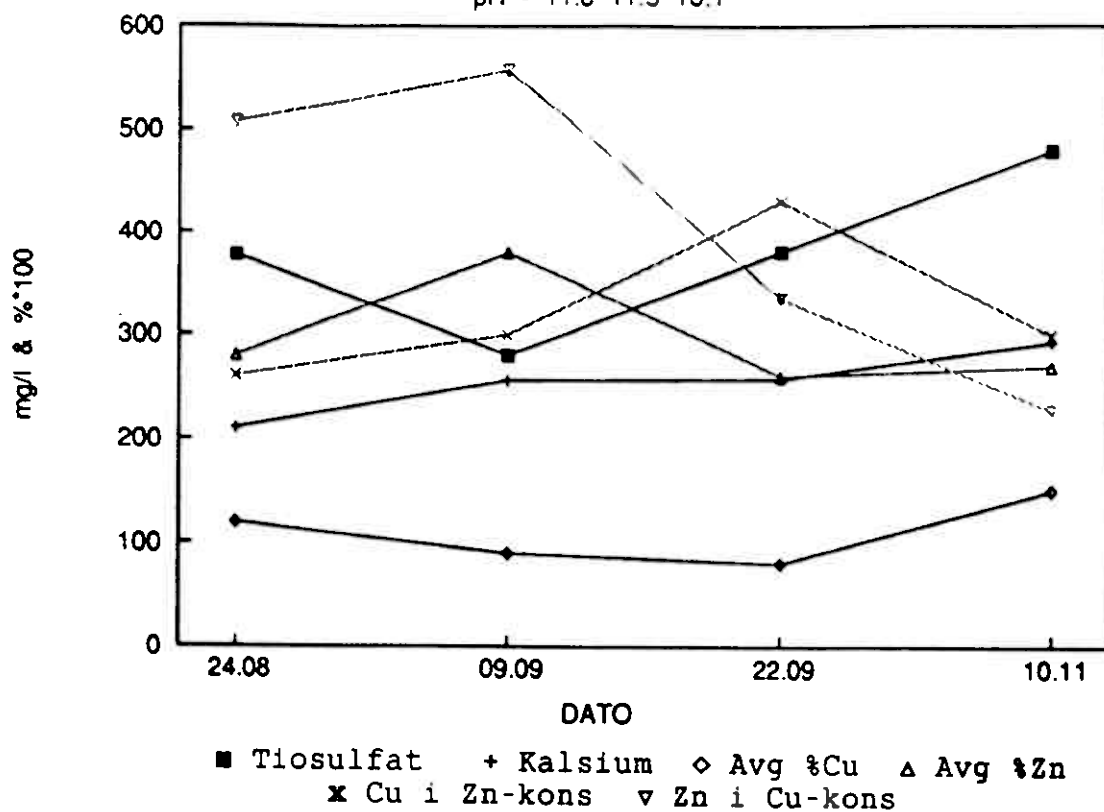
OVERLØP PRIMÆRSYKLON PRØVEPKT. 1

pH - 11.6 11.5 9.8

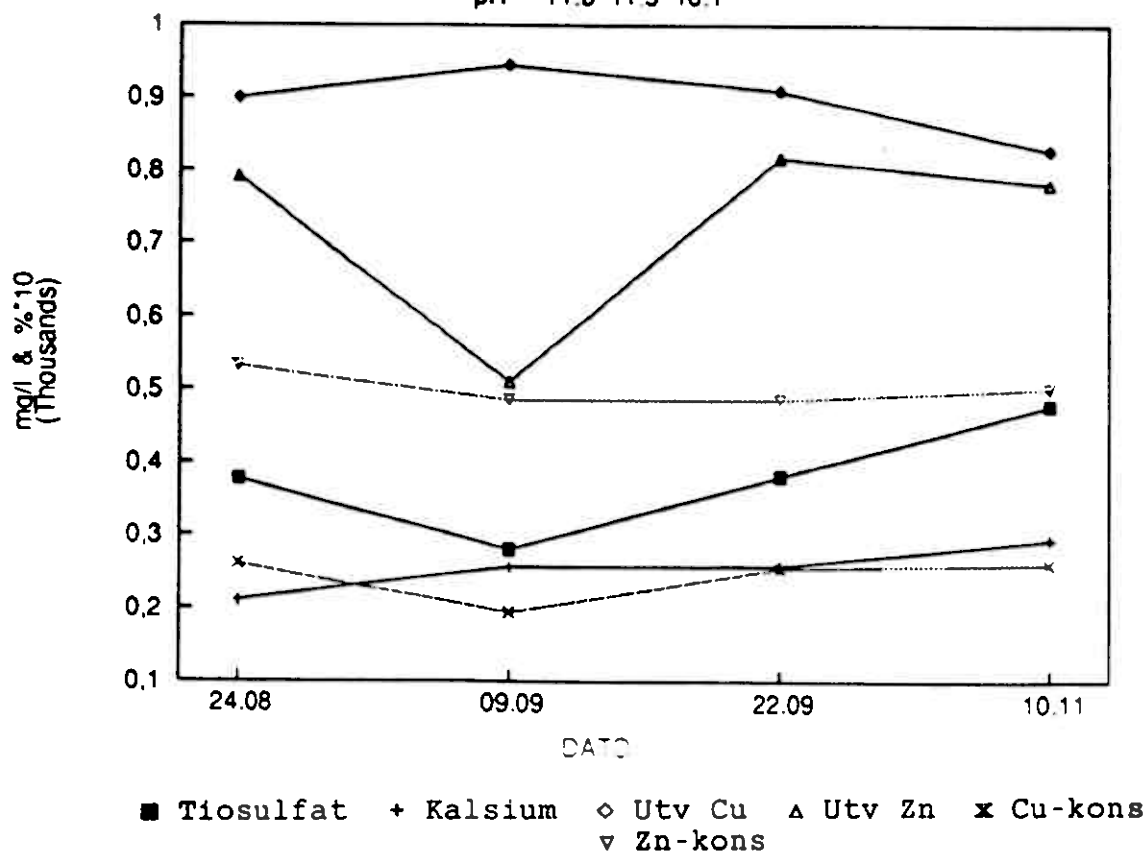


UTLØP PRIMÆRMØLLE PRØVEPKT. 2

pH - 11.8 11.5 10.1

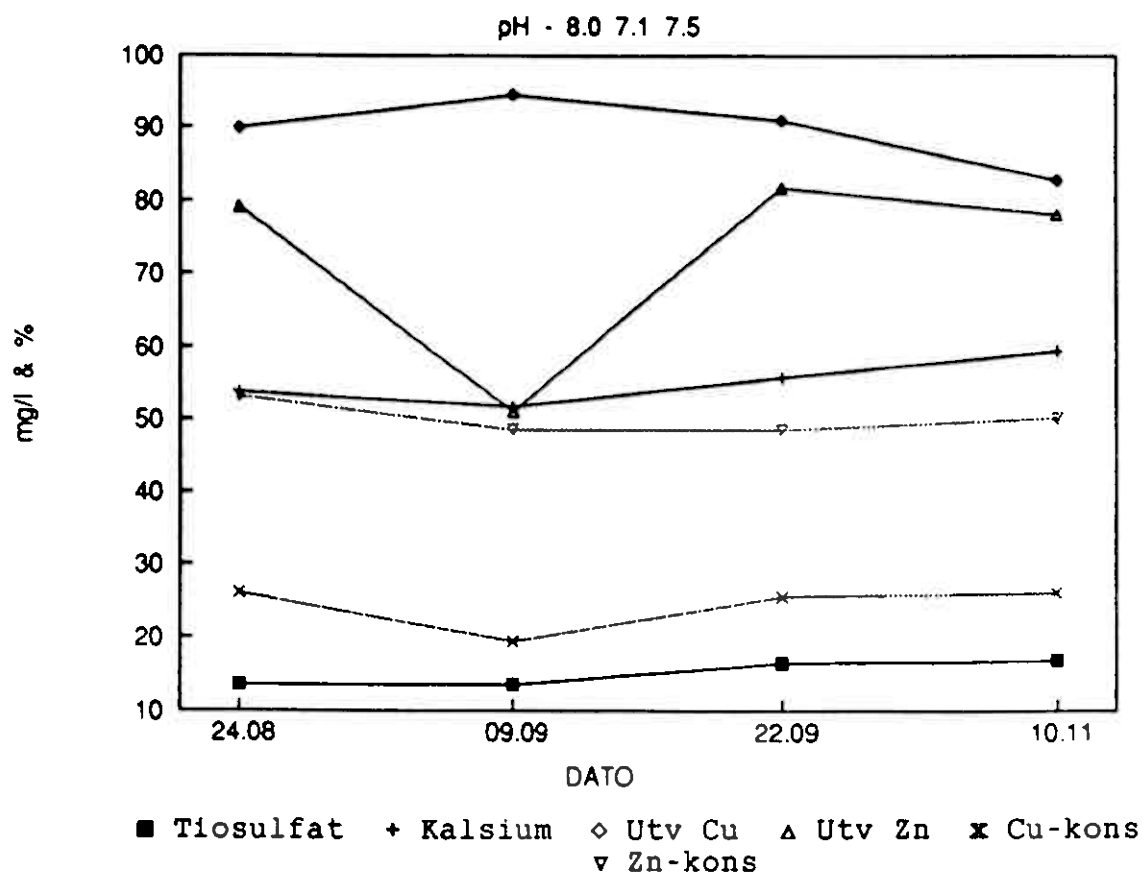
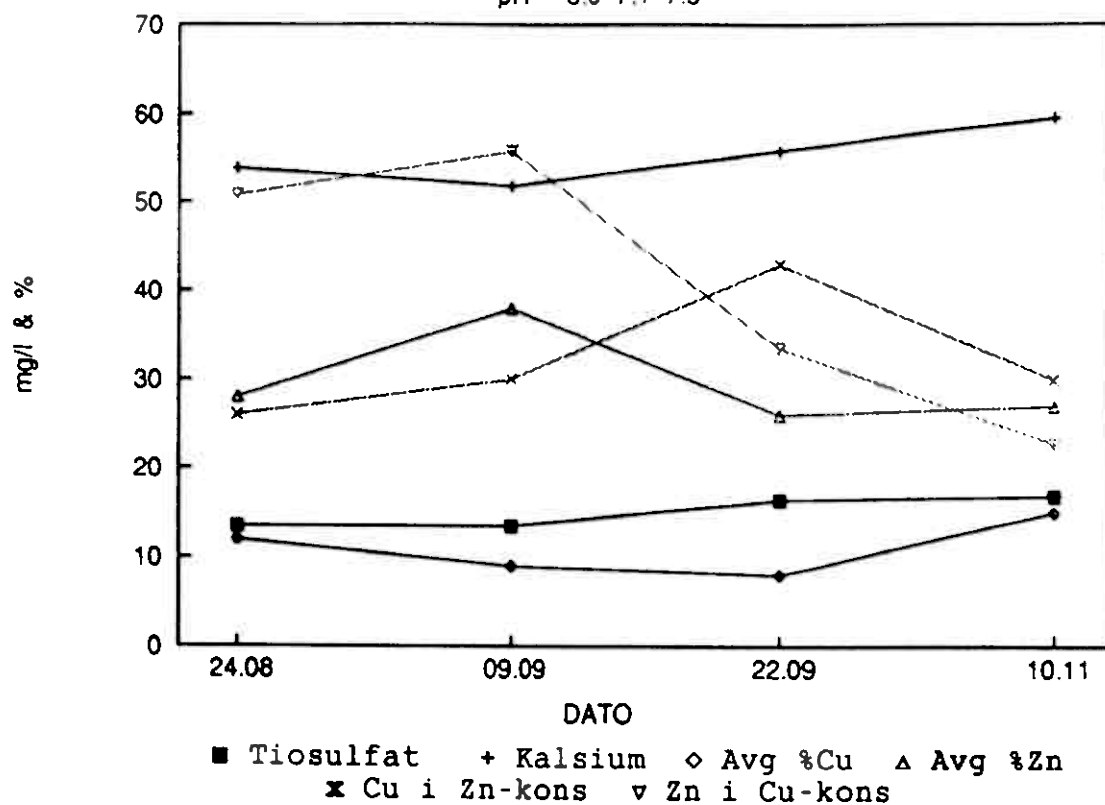


pH - 11.8 11.5 10.1



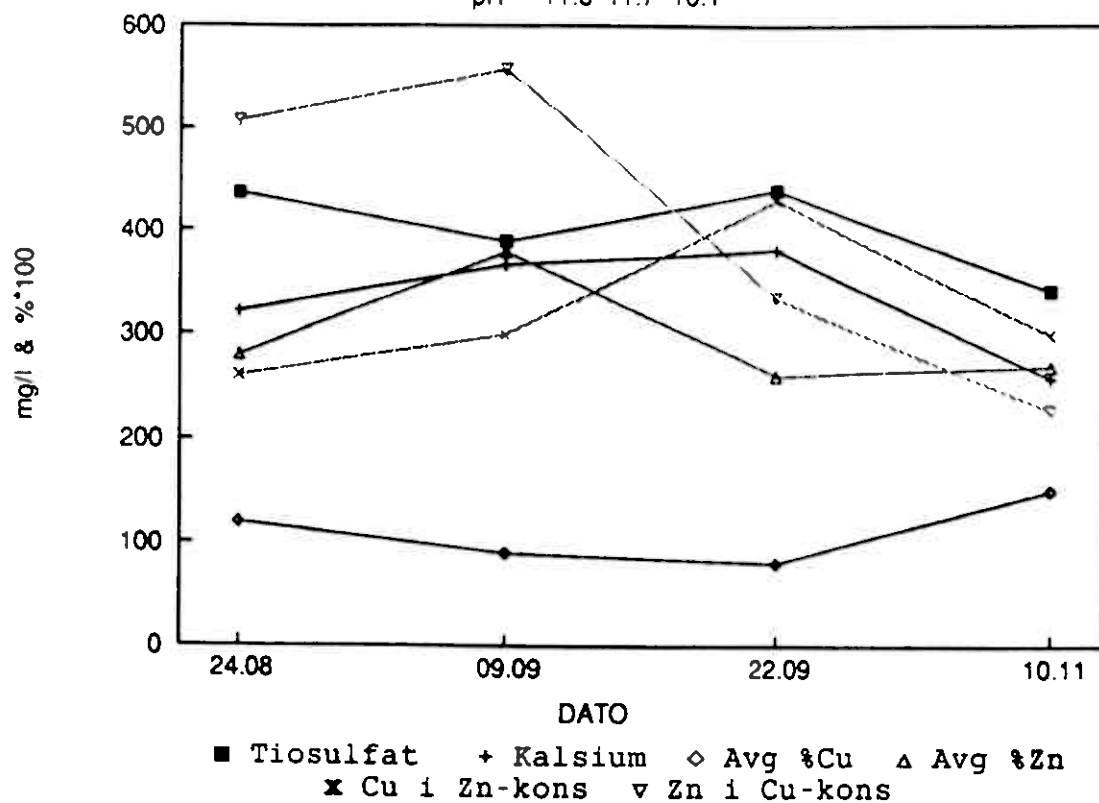
DRIFTSVANN PRØVEPKT. 3

pH - 8.0 7.1 7.5

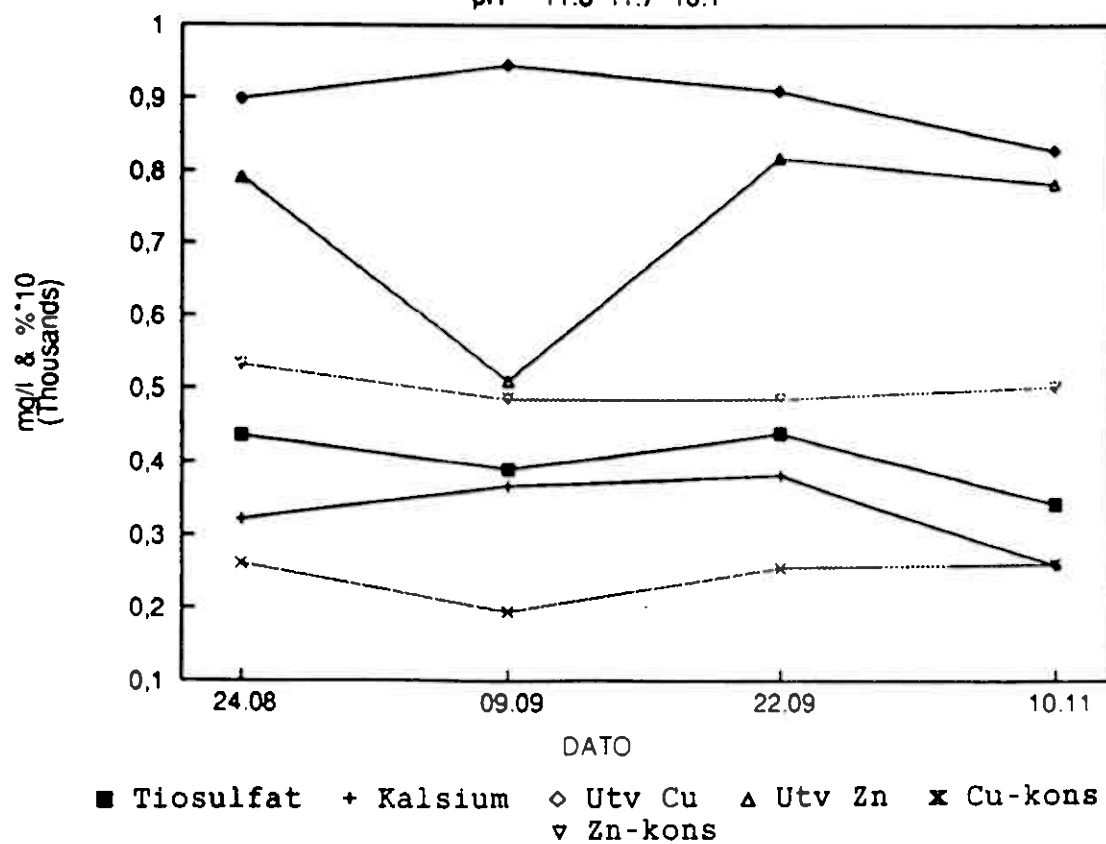


SINK-AVGANG 4304 PRØVEPKT. 4

pH - 11.8 11.7 10.1

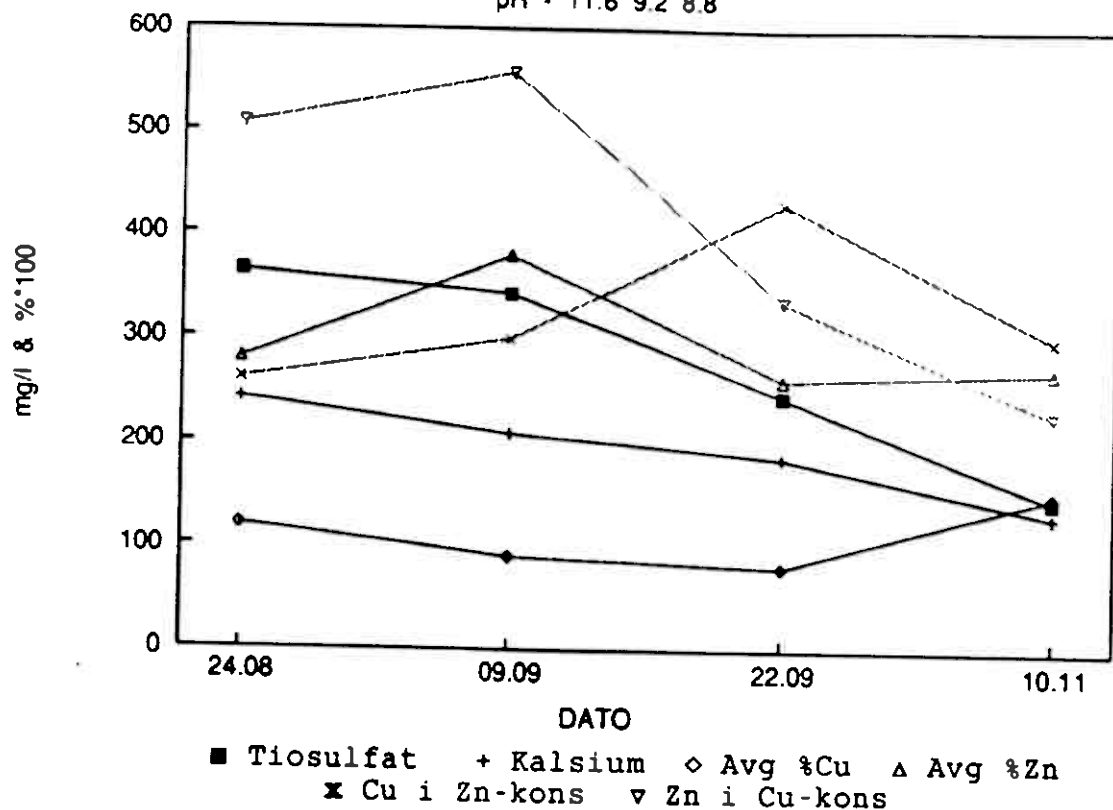


pH - 11.8 11.7 10.1

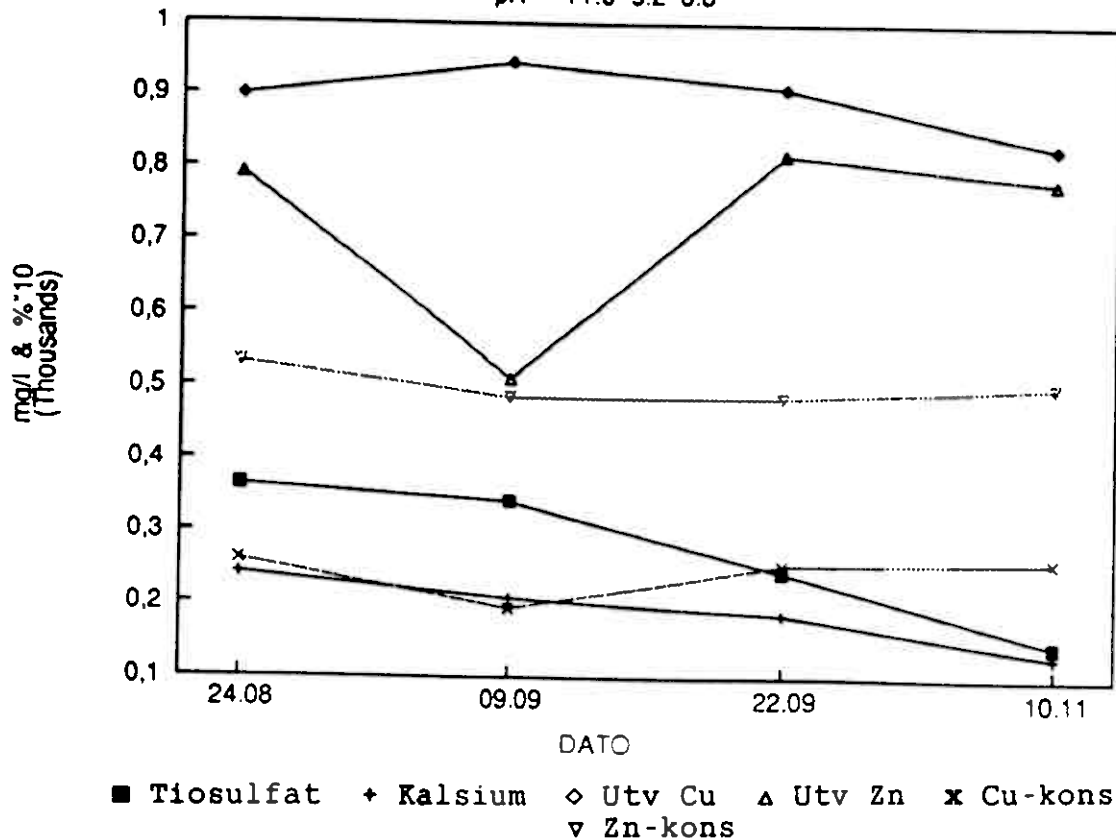


UNDERLØP 4108 (RETUR) PRØVEPKT. 5

pH - 11.6 9.2 8.8

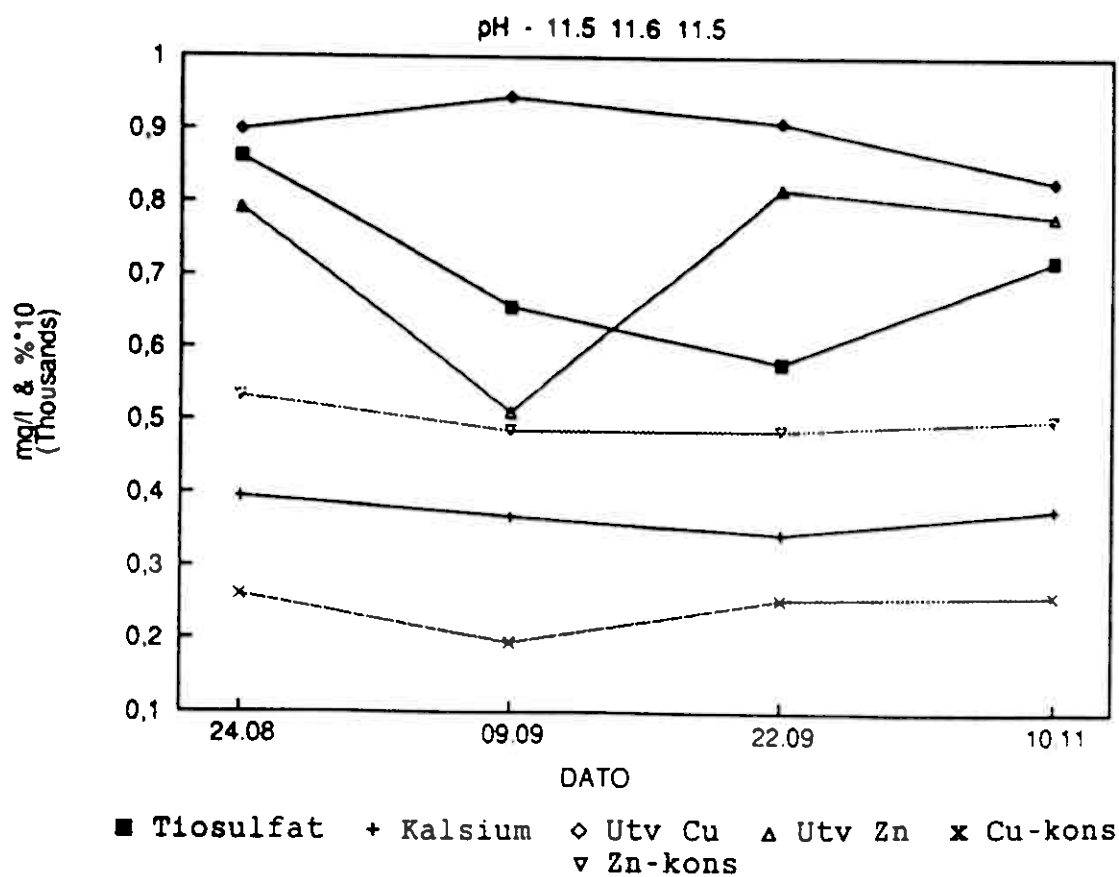
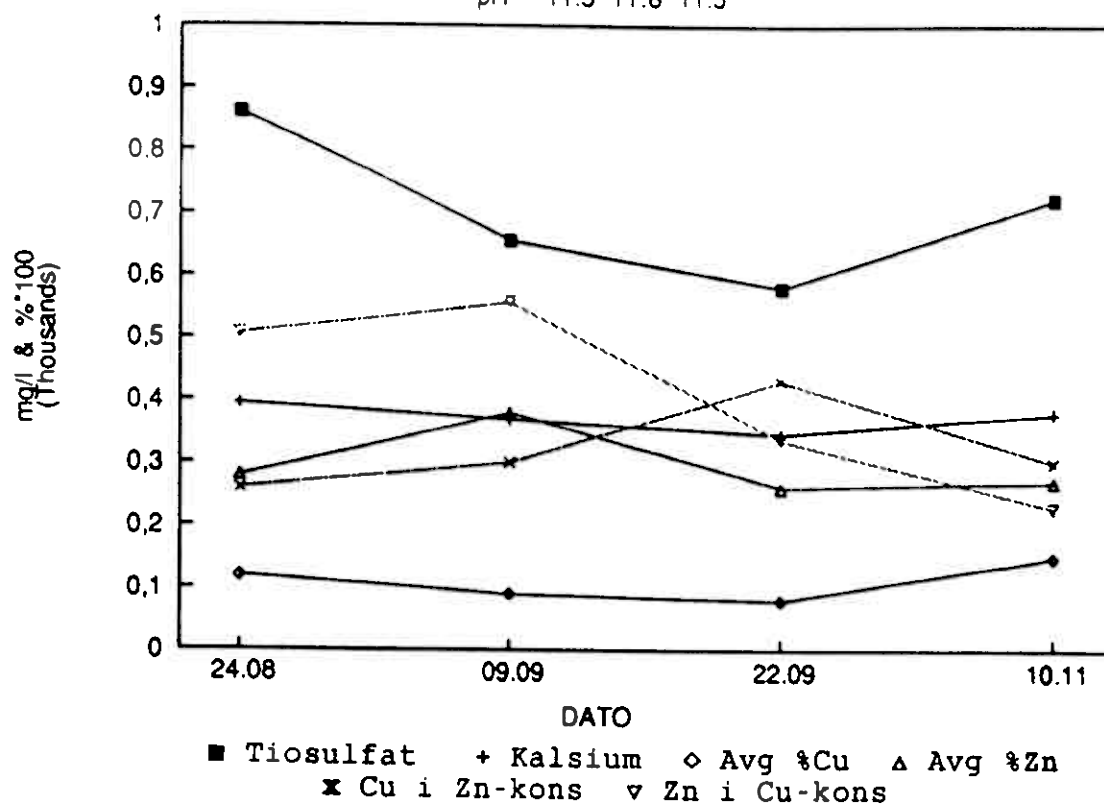


pH - 11.6 9.2 8.8



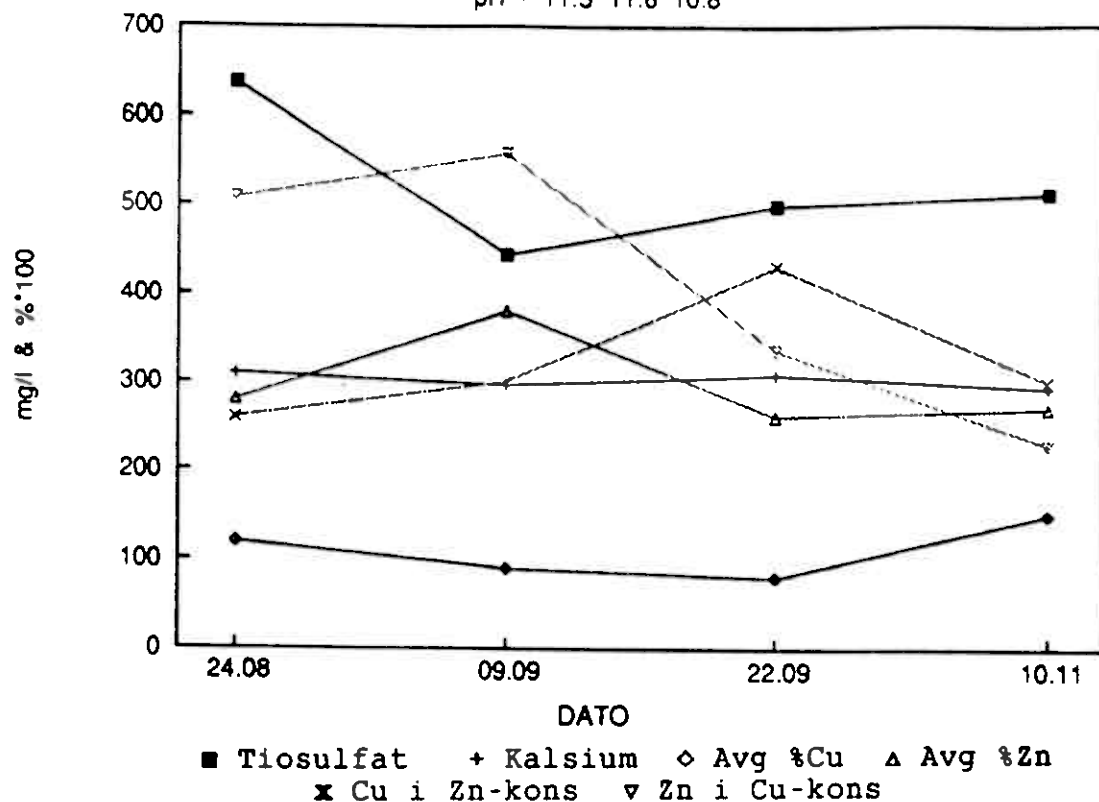
UTLØP SEKUNDÆRMØLLE PRØVEPKT. 6

pH - 11.5 11.6 11.5

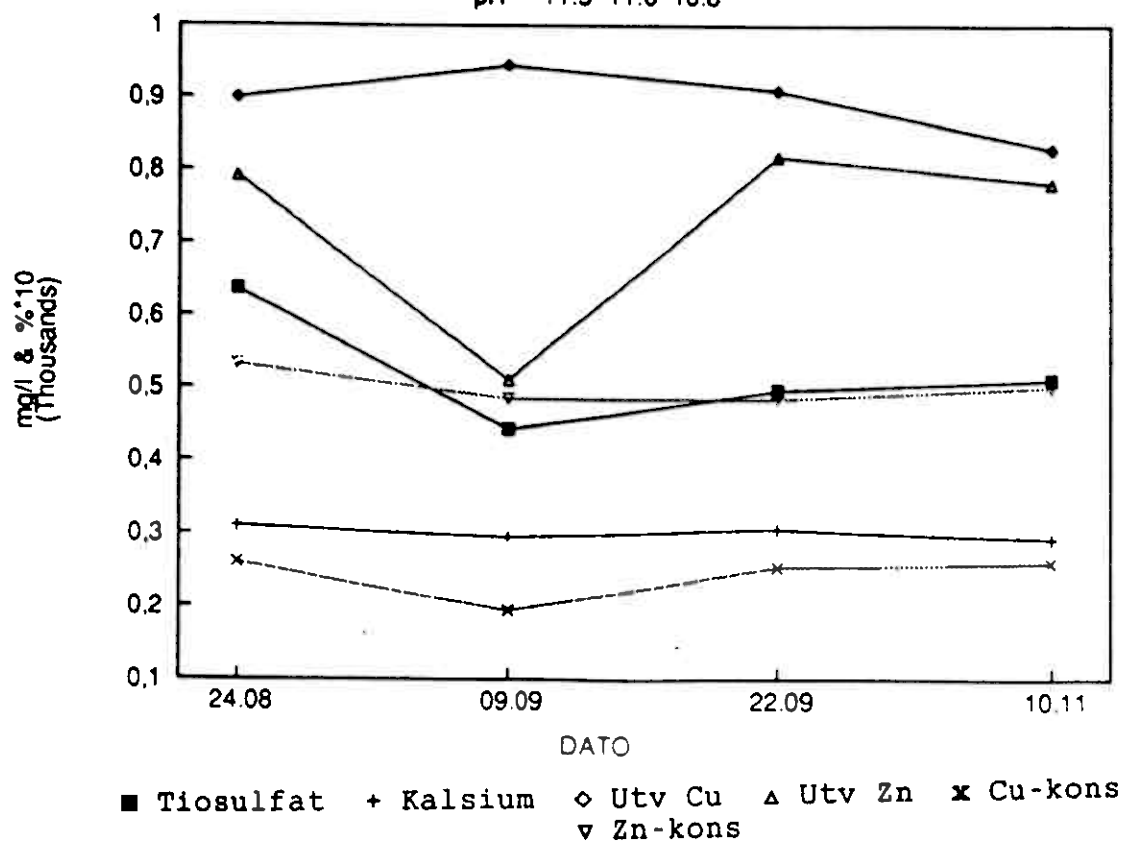


PÅGANG KOBBERKRETSEN (4263) PRØVEPKT.7

pH - 11.5 11.6 10.8

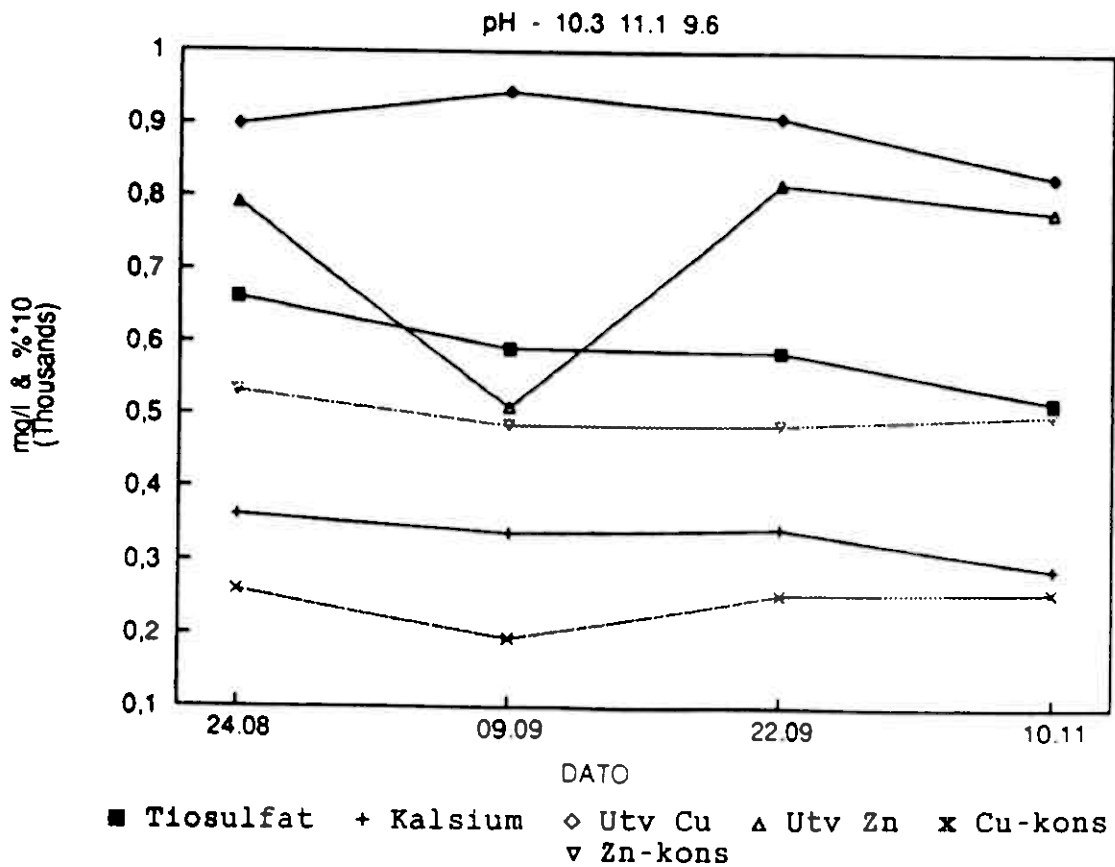
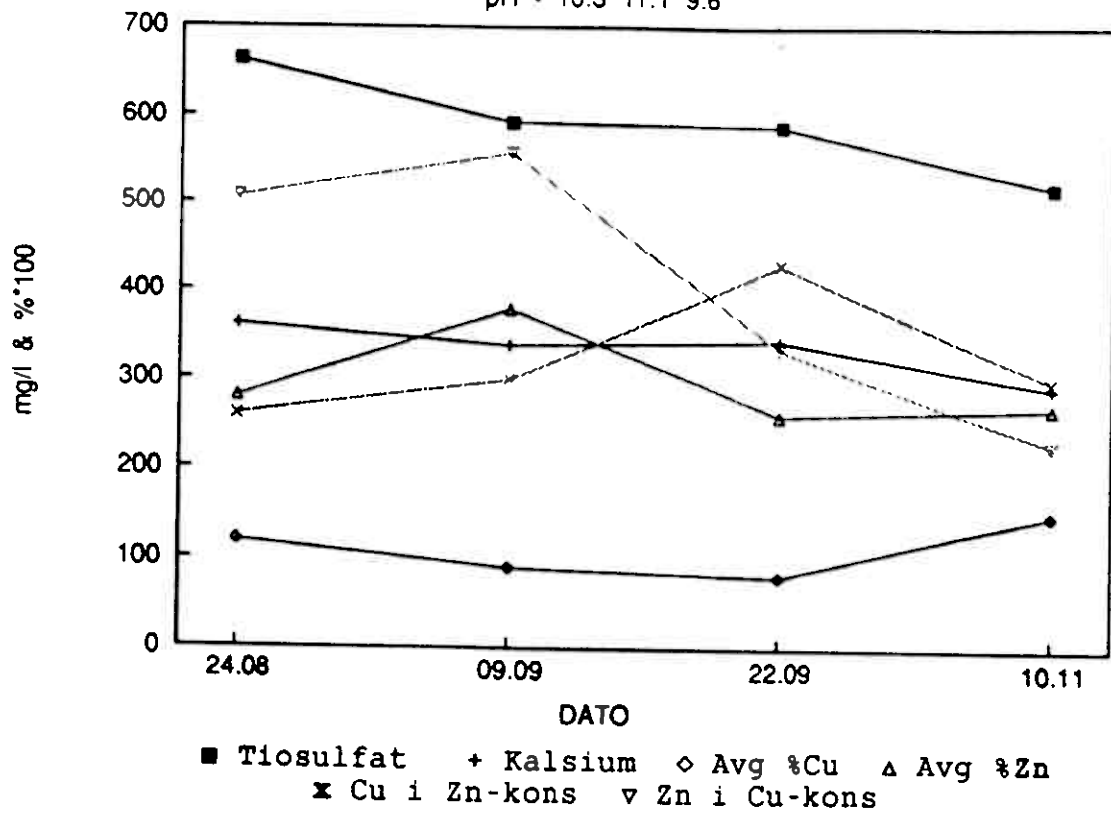


pH - 11.5 11.6 10.8



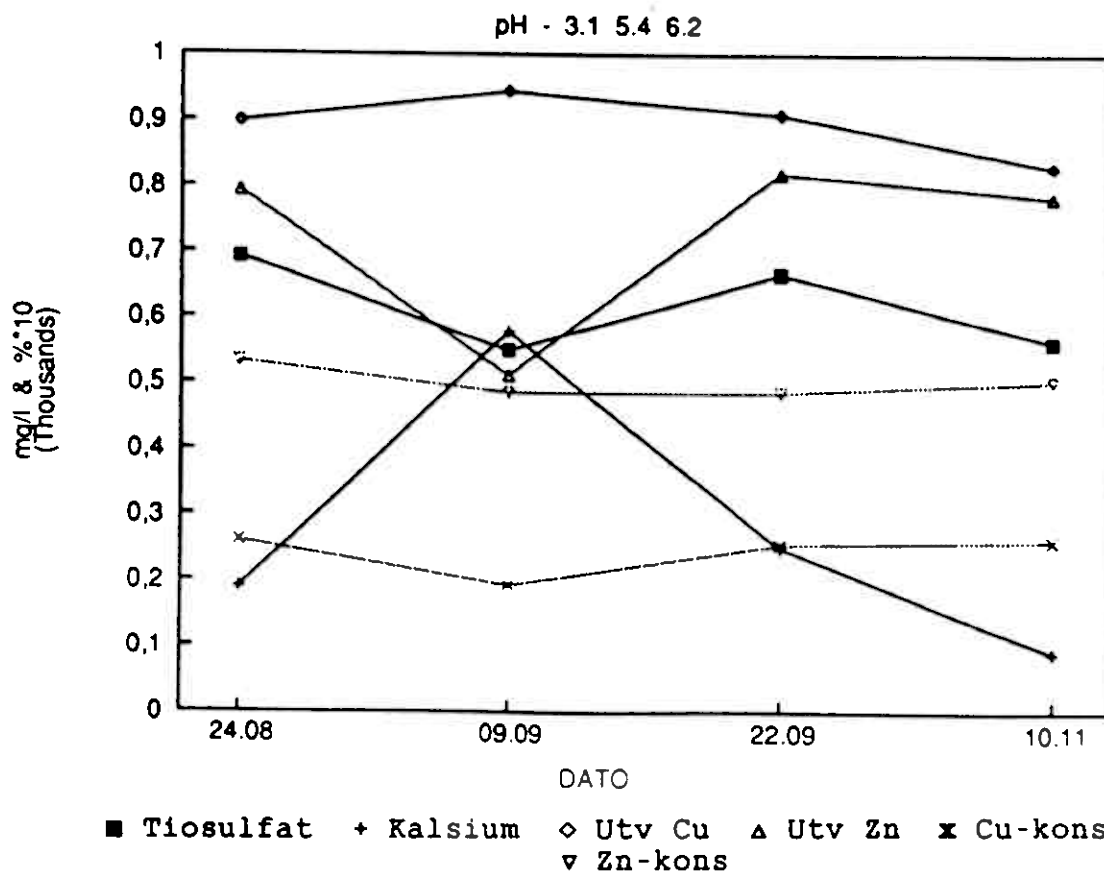
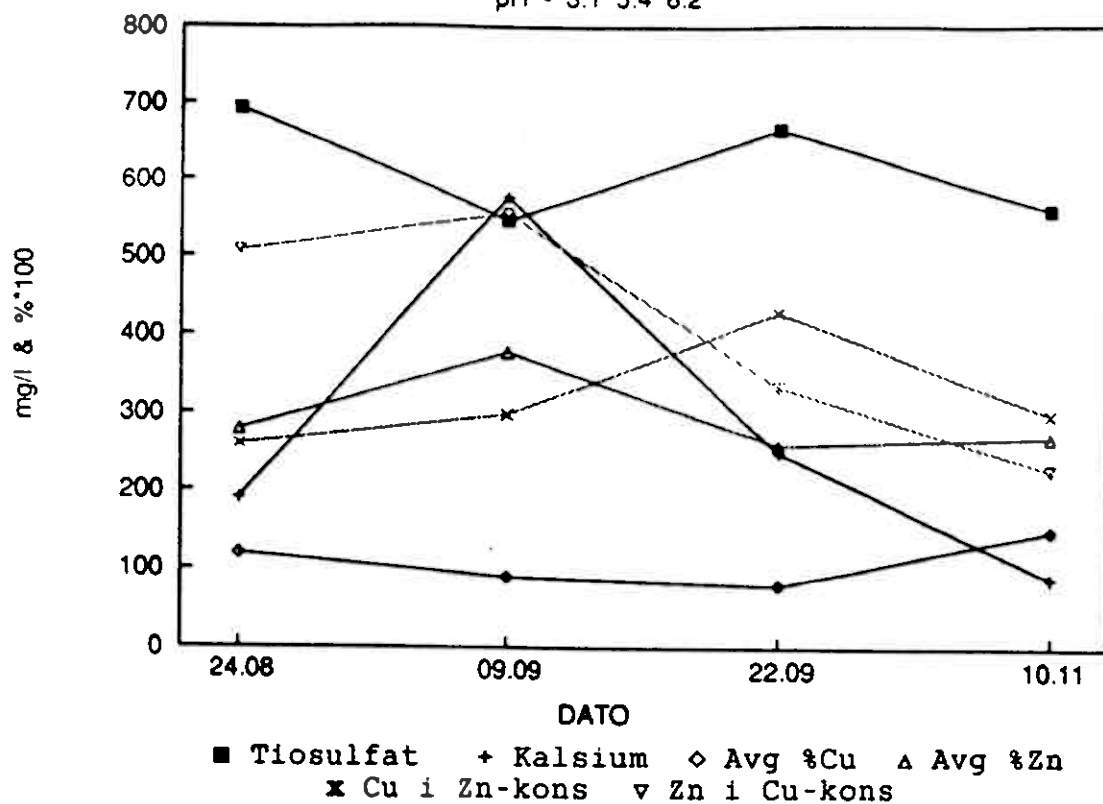
AVGANG 4250 PRØVEPKT.8

pH - 10.3 11.1 9.6



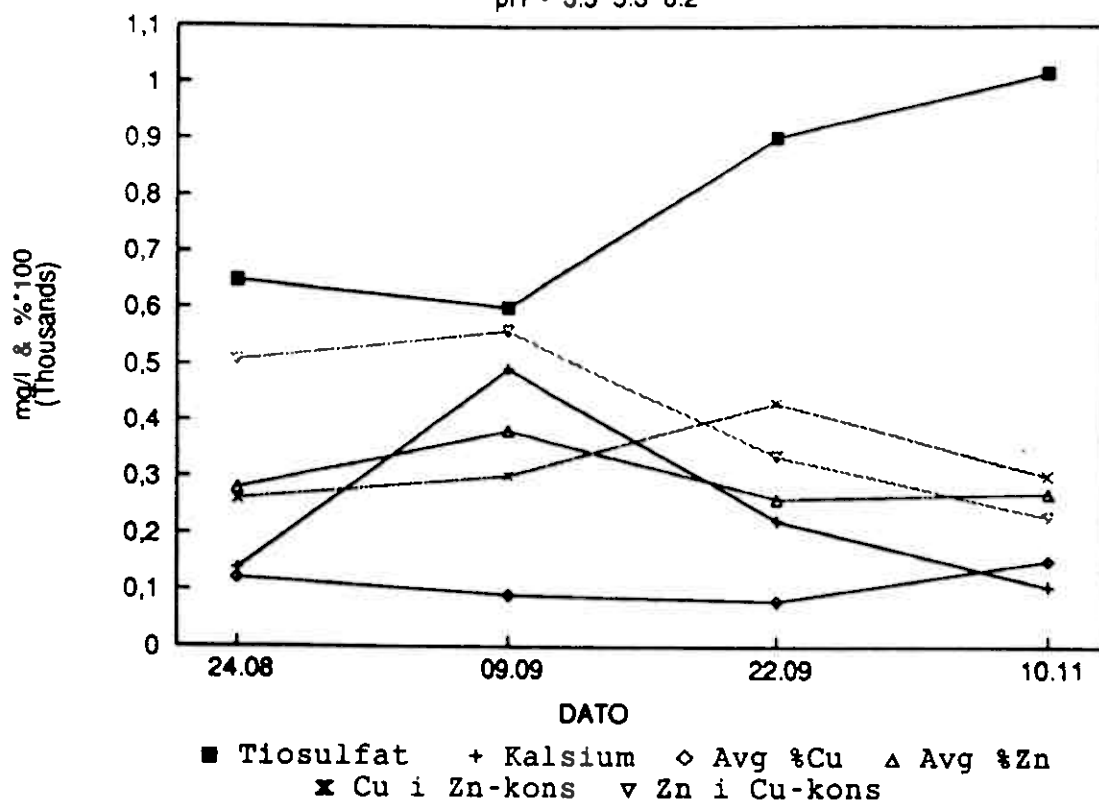
AVGANG VARMFLOTASJON (4353) PRØVEPKT.9

pH - 3.1 5.4 6.2

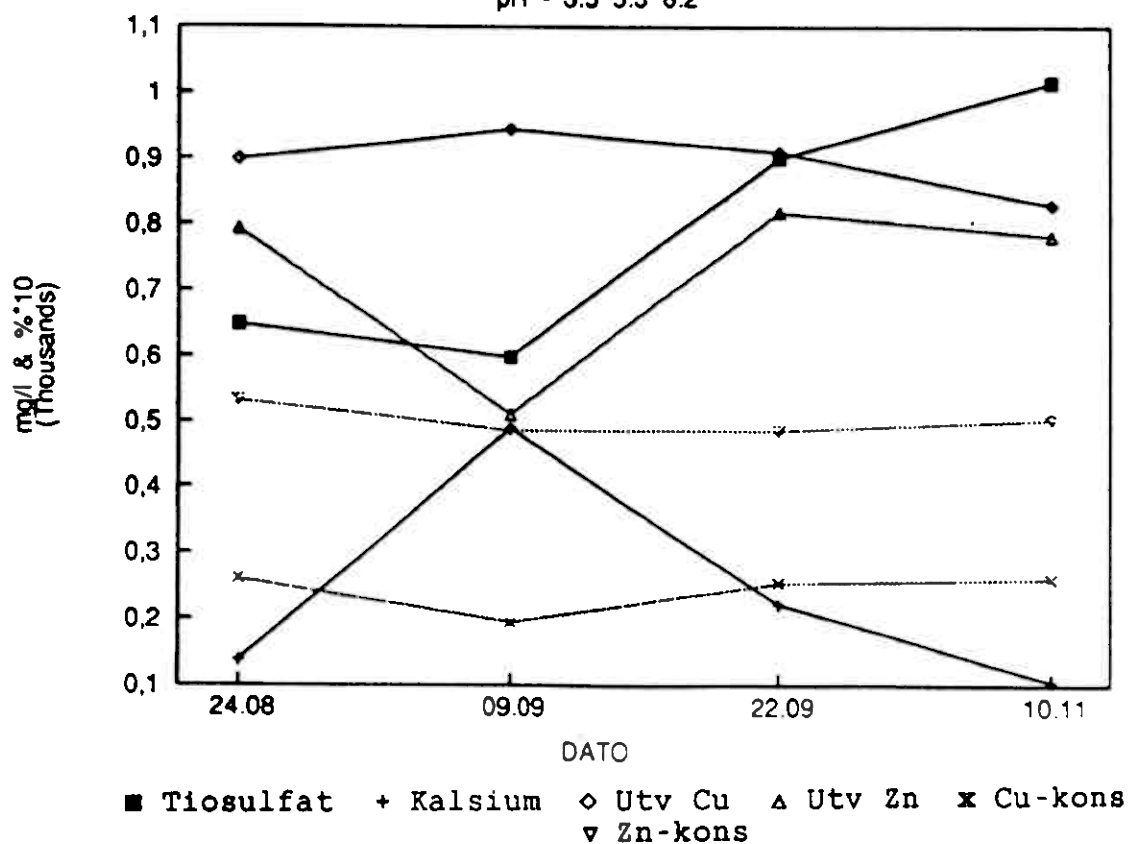


KONS VARMFLOTASJON (4352) PRØVEPKT.10

pH - 3.5 5.3 6.2

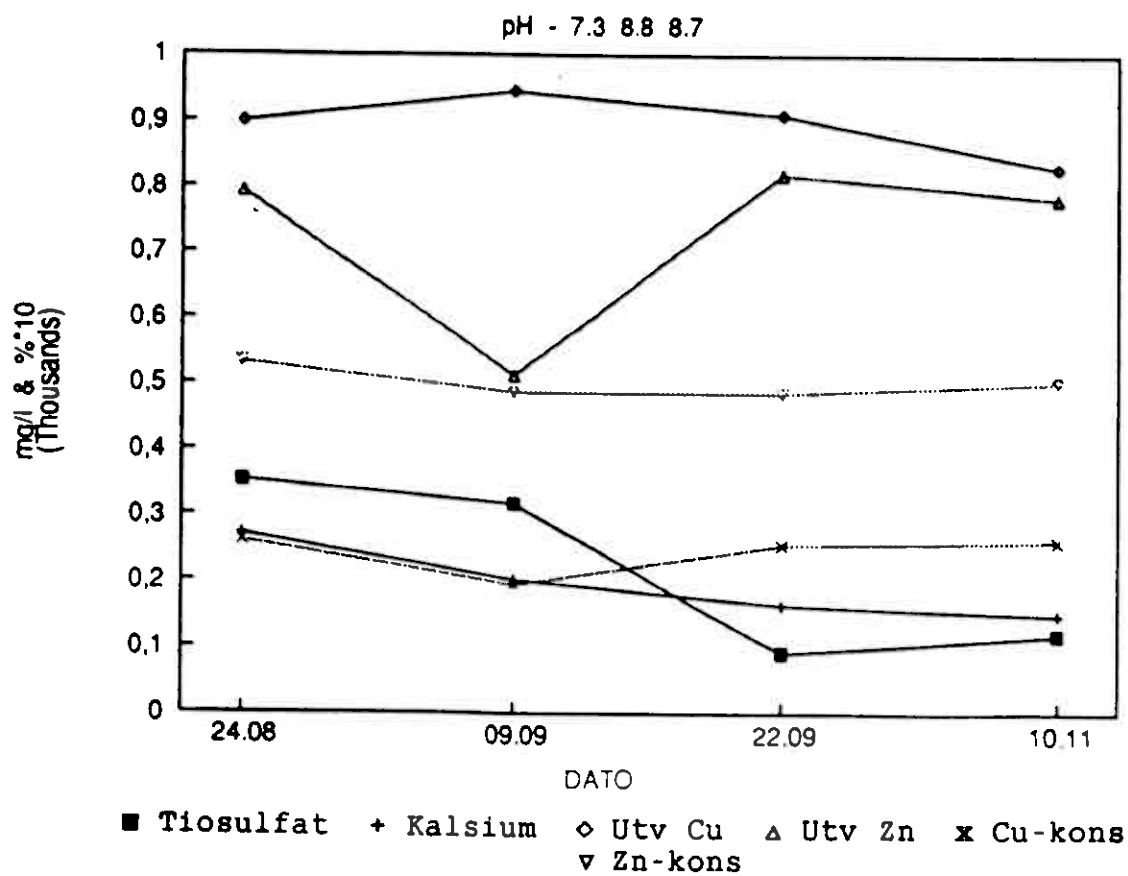
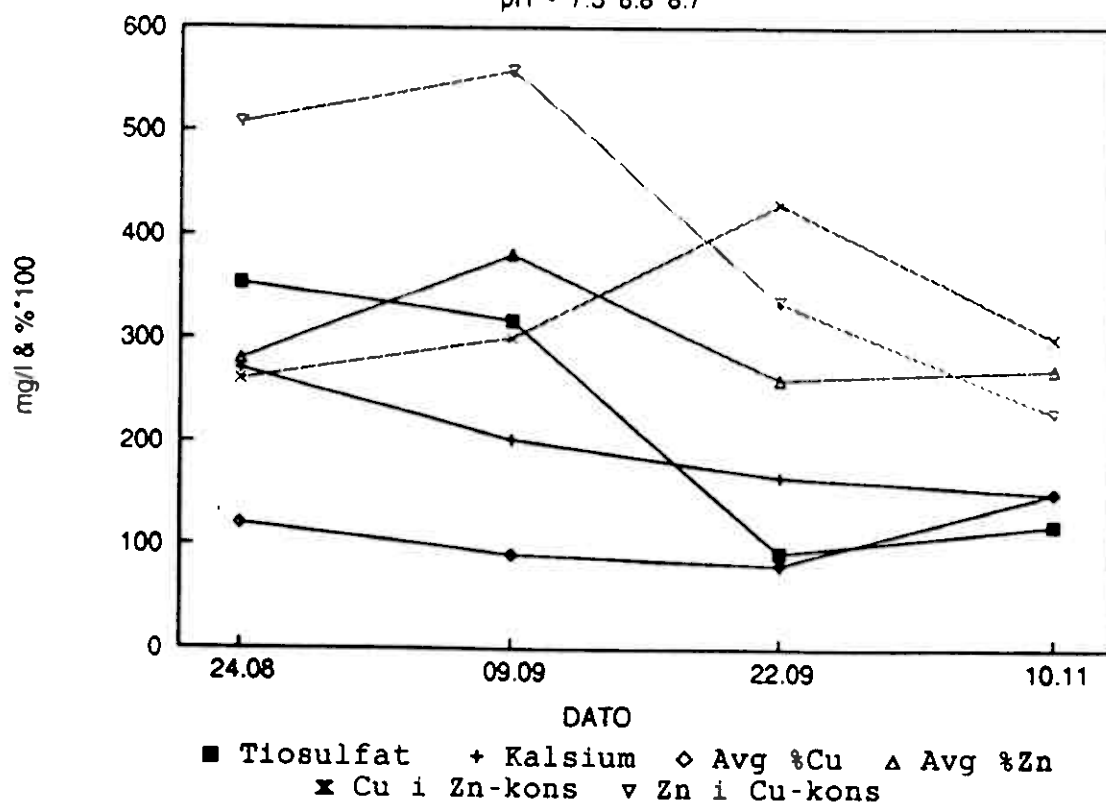


pH - 3.5 5.3 6.2



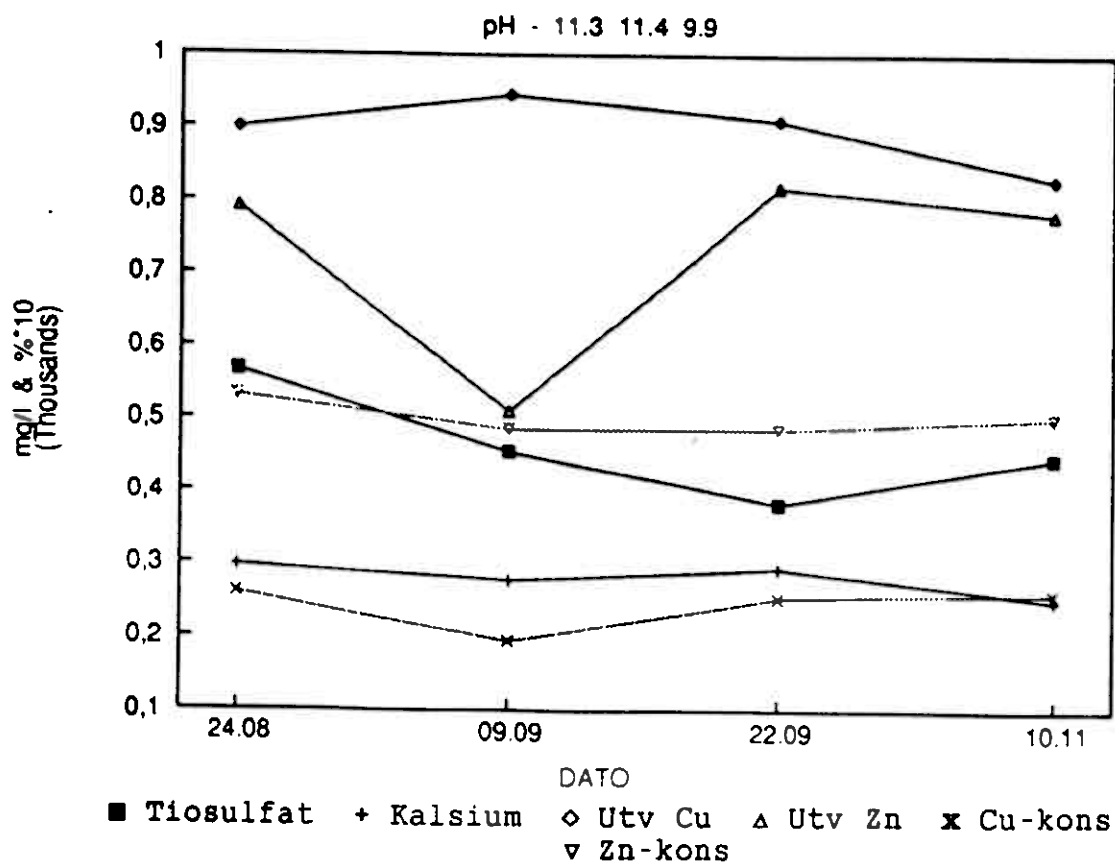
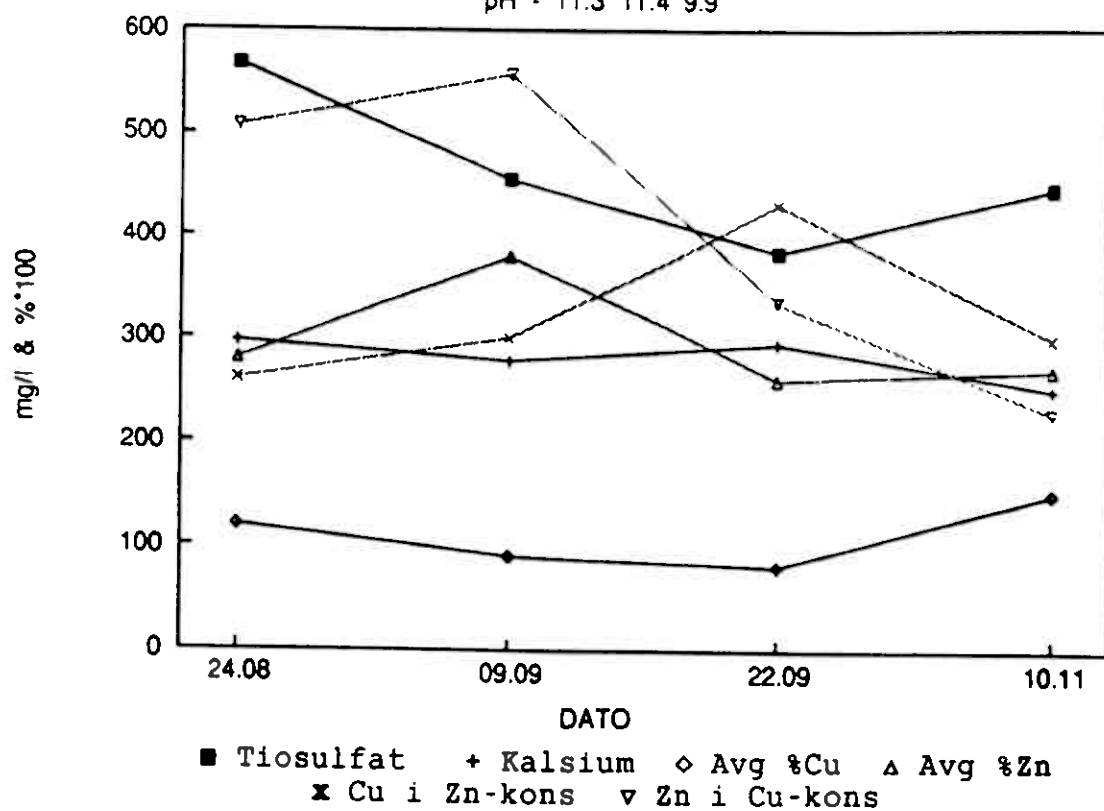
KOBBERKONS (4264) PRØVEPKT.11

pH - 7.3 8.8 8.7



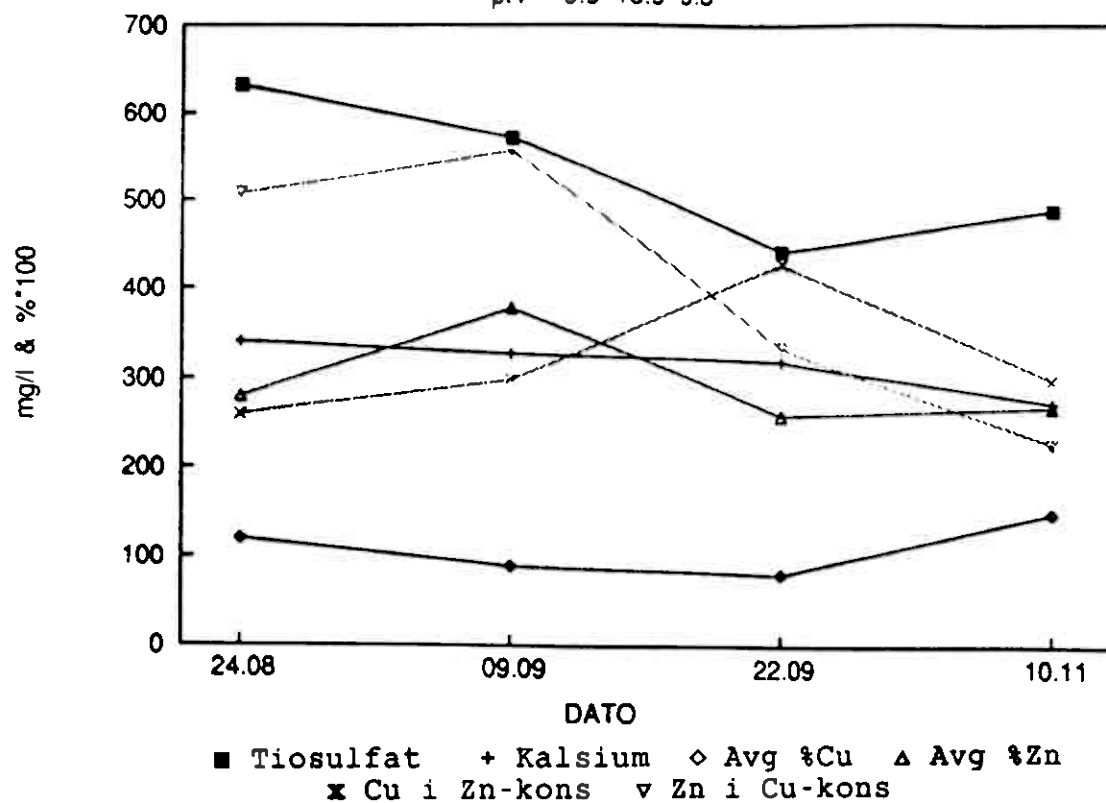
AVGANG 4263 PRØVEPKT.12

pH - 11.3 11.4 9.9

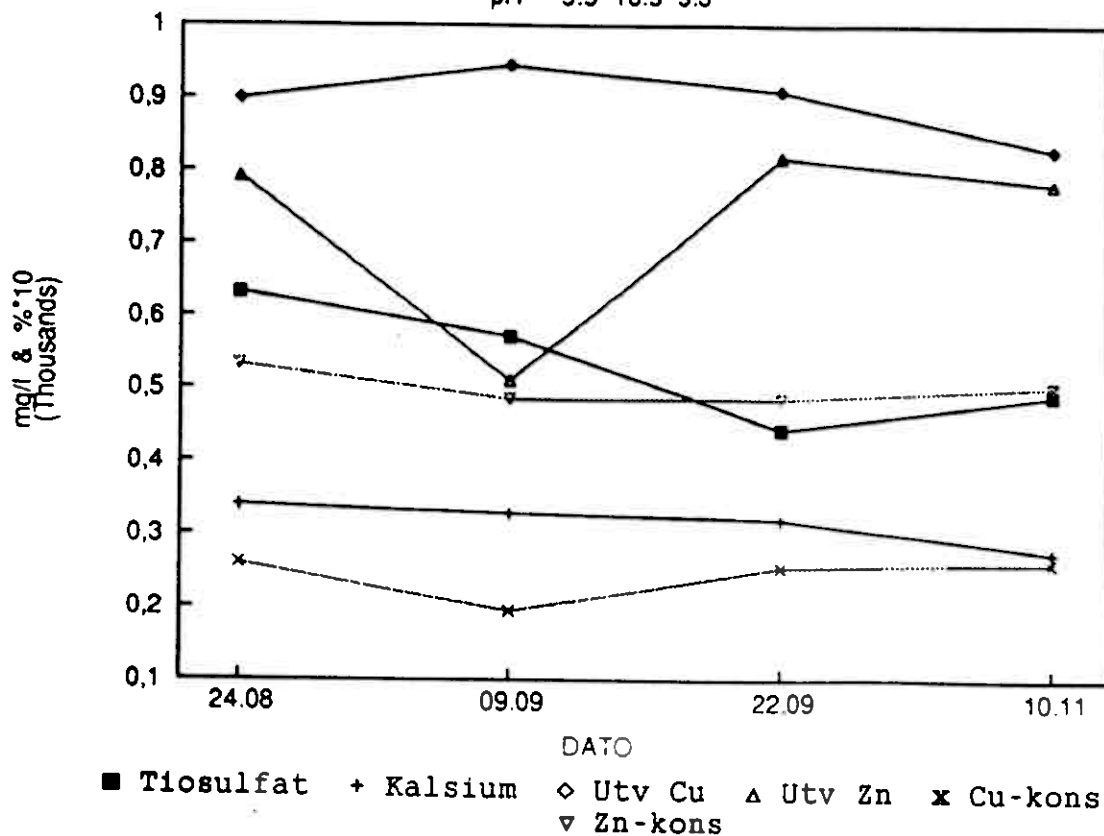


PÅGANG 4250 PRØVEPKT.13

pH - 9.9 10.9 9.3

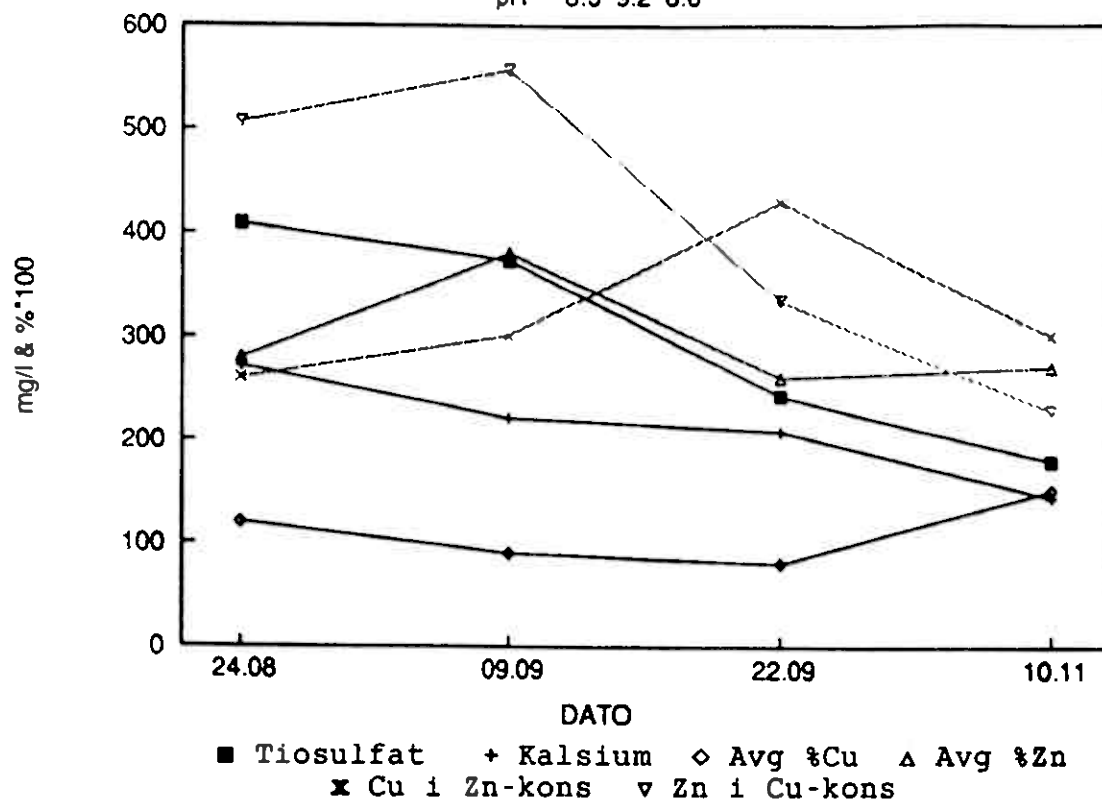


pH - 9.9 10.9 9.3

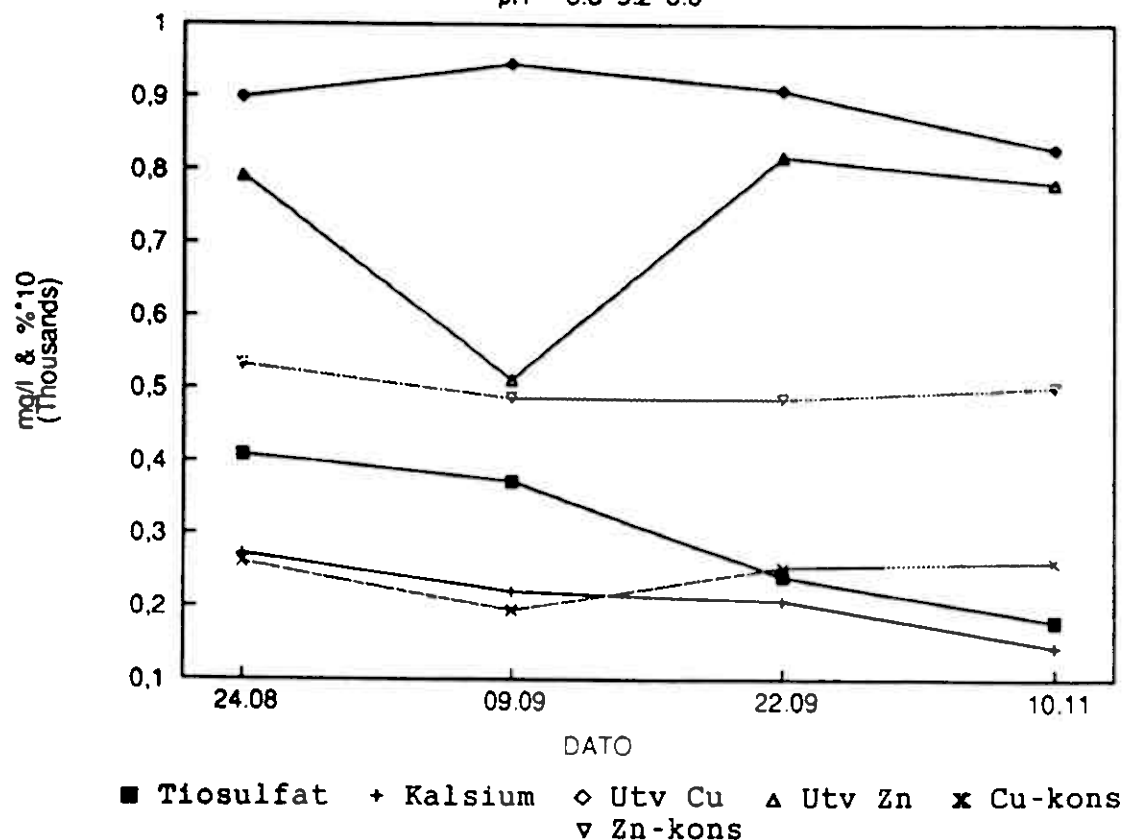


AVGANG 4260 PRØVEPKT.15

pH - 8.3 9.2 8.6

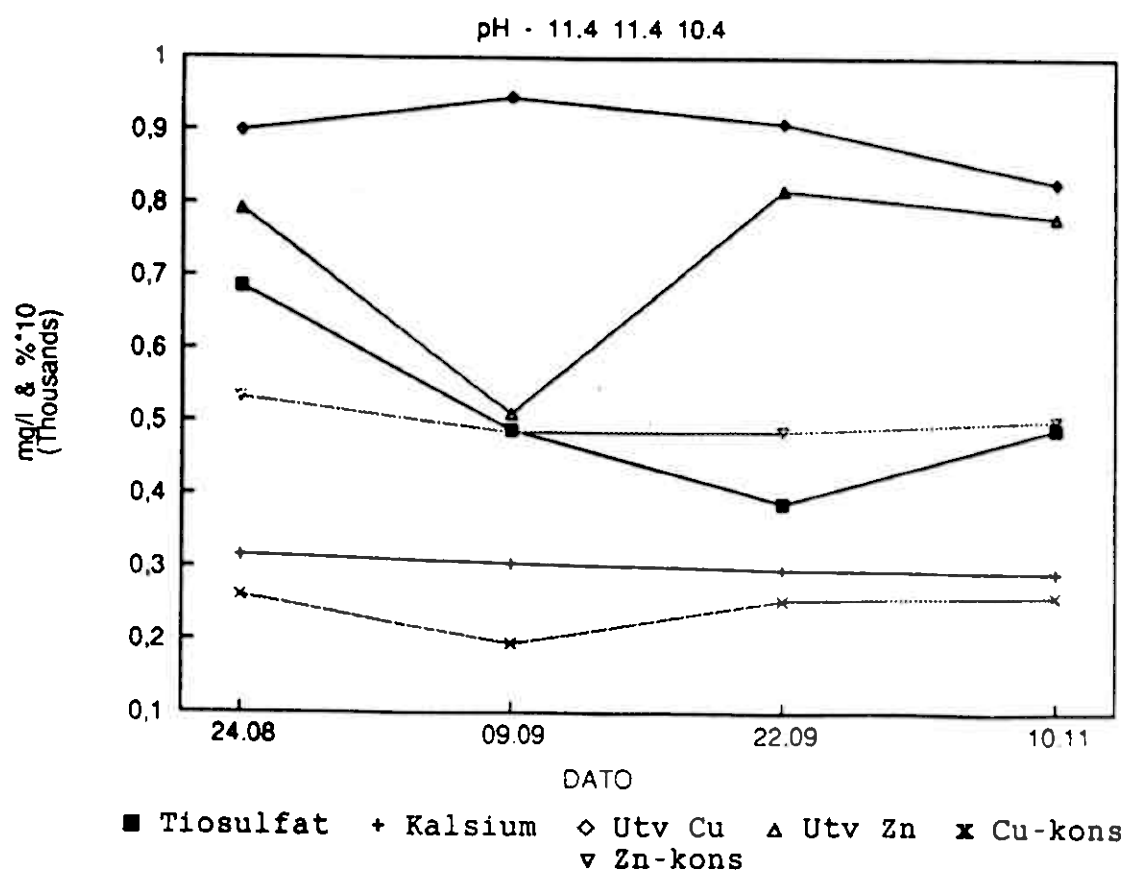
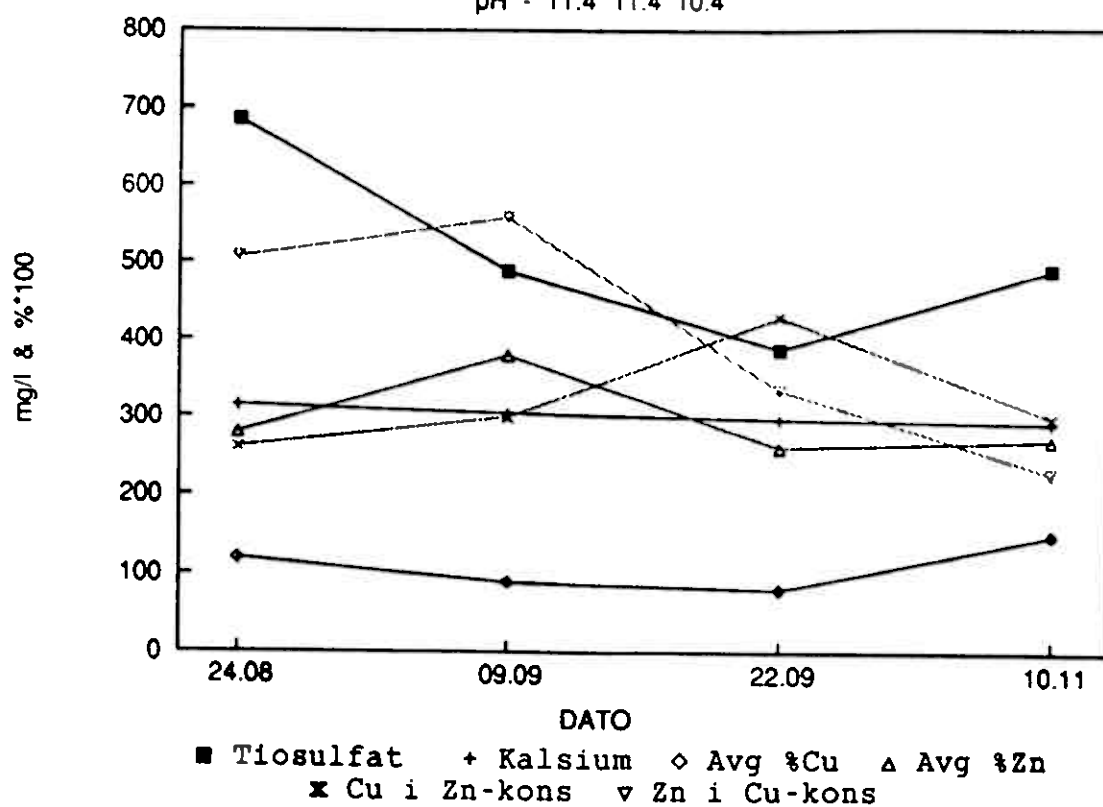


pH - 8.3 9.2 8.6



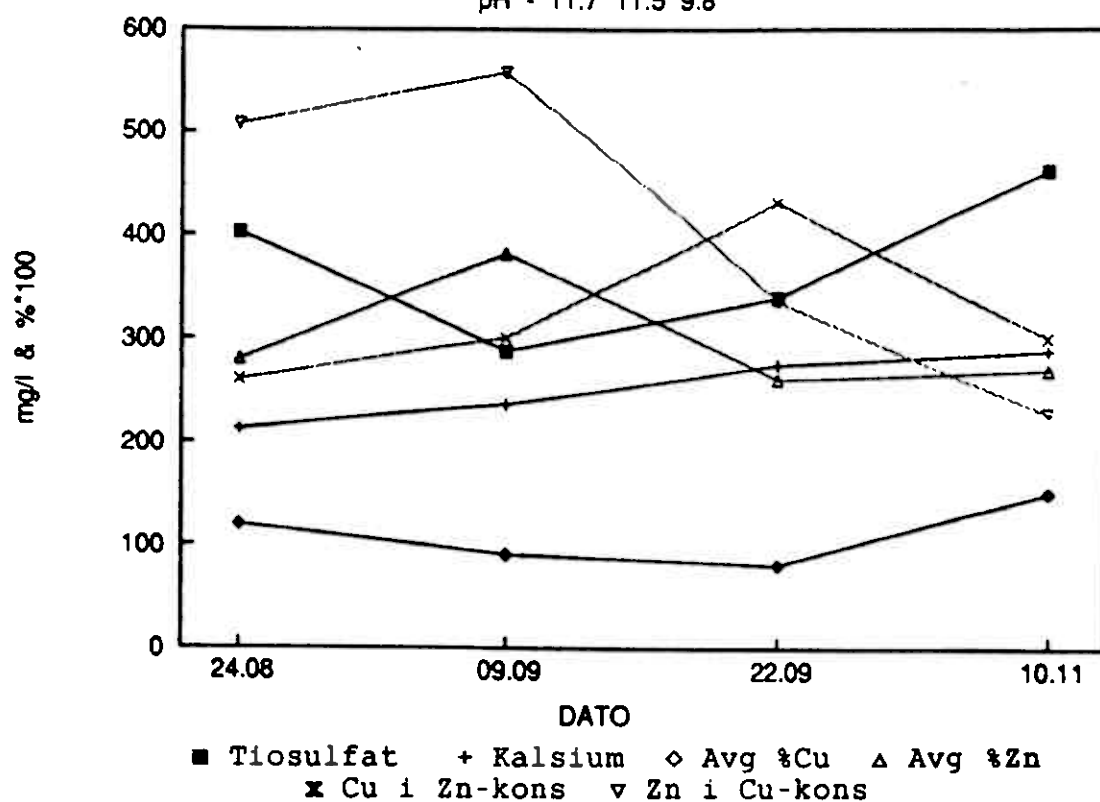
UNDERLØP 4106 PRØVEPKT. 16

pH - 11.4 11.4 10.4



UNDERLØP PRIMÆRSYKLON PRØVEPKT. 17

pH - 11.7 11.5 9.8



pH - 11.7 11.5 9.8

