Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
4624	0940/98			**Åpen**
Kommer fra ..arkiv	**Ekstern rapport nr**	**Oversendt fra**	**Fortrolig pga**	**Fortrolig fra dato:**
		NTNU		

Tittel

Geologi og drift ved Gjersvikforekomsten - Sluttrapport
(Hovedfagsoppgave - Ulf Johannesen)

Forfatter	Dato	Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)
Johannesen, Ulf	01.03 1998	Grong Gruber AS

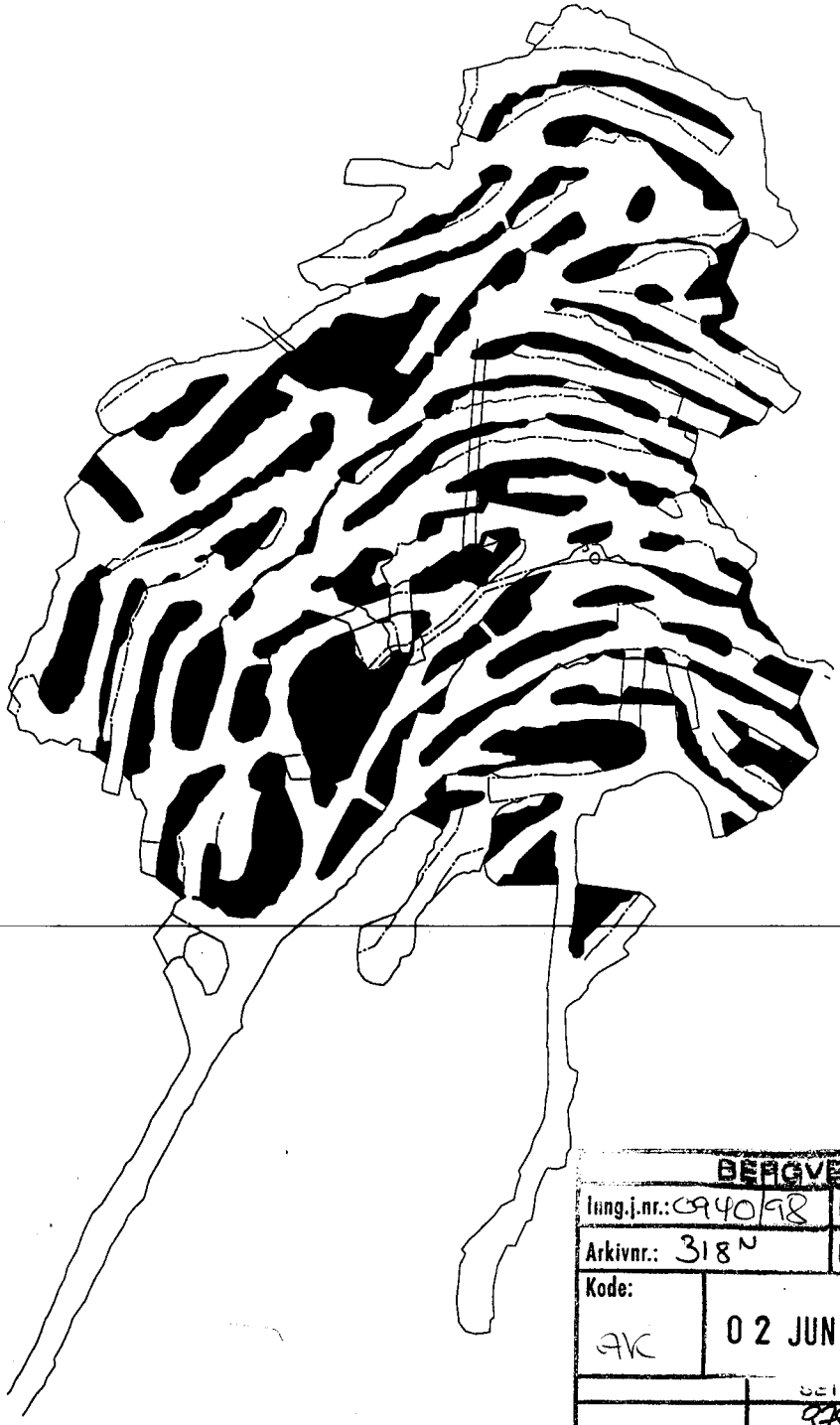
Kommune	Fylke	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Røyrvik	Nord-Trøndelag		19244	Grong

Fagområde	Dokument type	Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt)
Geologi Malmberegning Gruveteknisk		Gjersvik
Råstoffgruppe	**Rastofftype**	
Malm/metall	Cu Zn	

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Gjersvikforekomsten ligger i en tykk bimodal metamorfisert vulkansk suite i nær tilknytning til assosierte intrussive masser.
De vanligste mineralene er pyritt, kobberkis, magnetkis, sinkblende og magnetitt. Malmberegninger indikerte at forekomsten holdt 1,6 mill tonn med 1,71% Cu og 1,03% Zn.
Forekomsten ble oppdaget tidlig på 1900-tallet, men ikke satt i full produksjon før i uke 32, 1993. Driften ble avsluttet 13 febr 1998. Da var det tatt ut 514 600 tonn med gjennomsnittsgehalt på 1,77% Cu og 0,79% Zn.

Geologi og drift ved Gjersvikforekomsten- en sluttrapport



Ulf Johannesen

Trondheim, 010398

SAMMENDRAG

Gjersvikforekomsten er en Cu-Zn forekomst lokalisert i Grongfeltet. Forekomsten ligger i en tykk bimodal metamorfosert vulkansk suite i nær tilknytning til assosierte intrusive masser.Malmen kan deles inn i fem typer på grunnlag av mineralogi og kjemi. De vanligste mineralene er pyritt, kobberkis, magnetkis, sinkblende og magnetitt. Malmberegninger indikerer at forekomsten inneholder 1,6 Mt, med 1,71% Cu og 1,03% Zn.

Forekomsten ble oppdaget tidlig i dette århundret, men ikke satt i full produksjon før i uke 32,1993.Driften ble avsluttet den 13. februar 1998. Da var det tatt ut 514 600 tonn med gjennomsnittsgehalter på 1,77% Cu og 0,79% Zn.

INNLEDNING

Fra den 20.mai 1997 til den 31.januar 1998 har jeg jobbet ved Norsulfid AS, avd. Grong Gruber (heretter kalt GG). Ansvarsområdet har vært driftsplanlegging, malmkontroll og geologi i Gjersvik-forekomsten. Det er gjort en god del arbeid med geologien der helt siden 1912, og helt fram til det siste. En endelig rapport om geologien i og nær forekomsten er utført av Sun Haitian i et to-årig forskningsprosjekt sluttført i 1991 (rapporten var et samarbeid mellom GG og NTH). Hva angår driften i Gjersvik, er det ikke utarbeidet noen rapport. Fra enkelte personer i GG ble det ytret et ønske om å lage en sluttrapport for driften i forekomsten. Store mengder arkivmateriale var tilgjengelig, både "gammelt og nytt". Siden driften ble avsluttet den 13. februar 1998, og store deler av materialet skal inn til Bergvesenet, fant jeg det naturlig å skrive en sluttrapport som nøstet opp og oppsummerte hva som var gjort. Dette fant jeg var naturlig å se i sammenheng med geologien. Den foreliggende rapporten søker derfor å gi en oppsummering av både geologi og drift i Gjersvika, både ut fra GG's ønsker og som ledd i et prosjektfag jeg som student tar ved NTNU med prof. Terje Malvik som veileder.

Prosjektarbeidet har vært både morsomt og lærerikt. Det faglige spennet mellom geologi og drift har vist seg ikke alltid å være helt enkelt, men kombinasjon av teori og det jeg lærer i min praksis i GG, har gjort hele problemstillingen interessant. Man må hele tiden kombinere de teoretiske og praktiske lærdommene, samt kunne improvisere.

Til slutt vil jeg takke forhenværende gruvemåler Ola Eriksen for oppdatert og arkivert materiale når det gjelder hele driftsperioden (både papirer og datafiler). Dette har gjort prosjektet lettere å utføre. En takk rettes også til dr.ing. Arne Reinsbakken for korrigeringer og samtaler hva angår geologi. Professor Terje Malvik ved NTNU takkes for velvillig assistanse som faglig veileder. Til slutt vil jeg takke GG ved adm.direktør Arve Haugen som har hatt meg ansatt i 9 måneder, og vært behjelpelig med å svare på spørsmål, gruvesjef Arne Halsetrønning for å ta seg tid til å hjelpe til med diverse og Hildur Westgaard for god hjelp til maskinskrivingen.

Prosjektet har hatt en tidsramme på 220 timer. Tidsskjemaet har vært stramt, noe som ikke bare skyldes en viss undervurdering av arbeidsmengden, men også faglig motivasjon etter at arbeidet kom i gang.

Joma, 270298

Ulf Johannesen

Ulf Johannesen

GEOLOGI

Introduksjon

Beliggenhet

De skandinaviske kaledonidene, et belte av undre paleozoikum metamorfoserte og deformerte vulkanske og sedimentære bergarter, strekker seg omtrent 2000 km fra Rogaland i sørvest-Norge til nord-Troms langs den vestre grensen av den Skandinaviske peninsulaen. I dette området befinner det seg forskjellige grupper av de viktige stratiforme og stratabundne massive sulfidmineraliseringer, blant annet i Grong-distriktet. Den geografiske plasseringen av Grongdistriktet ses av **fig.1**.Vertsbergartene består hovedsaklig av en variert samling av suprakrustale vulkanske og sedimentære bergarter med nært assosierte plutonske masser av ultrabasiske, basiske og sure sammenstninger. Generelt kan det sies at de massive sulfidmineraliseringene har en nær genetisk sammenheng med de vulkanske bergartene de er assosiert med (F. M. Vokes, 1973). Den stratigrafiske sekvensen der massiv sulfidmineralisering opptrer, har blitt foreslått å være hovedsaklig av ordovisisk alder (Hall et al., 1977).

Geologisk ligger Gjersvik-forekomsten, en Cu-Zn forekomst, i en tykk bimodal metamorfosert vulkansk rekkefølge i nær tilknytning til assosierte intrusive masser. Metavulkanittene består hovedsaklig av grønnsteiner av tholeiittisk sammensetning og i tillegg underordnet keratofyriske, pyroklastiske bergarter av rhyolittisk sammensetning. Den massive sulfidmineraliseringen er i hovedsak assosiert med metafelsiske, Na-rike, keratofyriske, pyroklastiske komplekser.

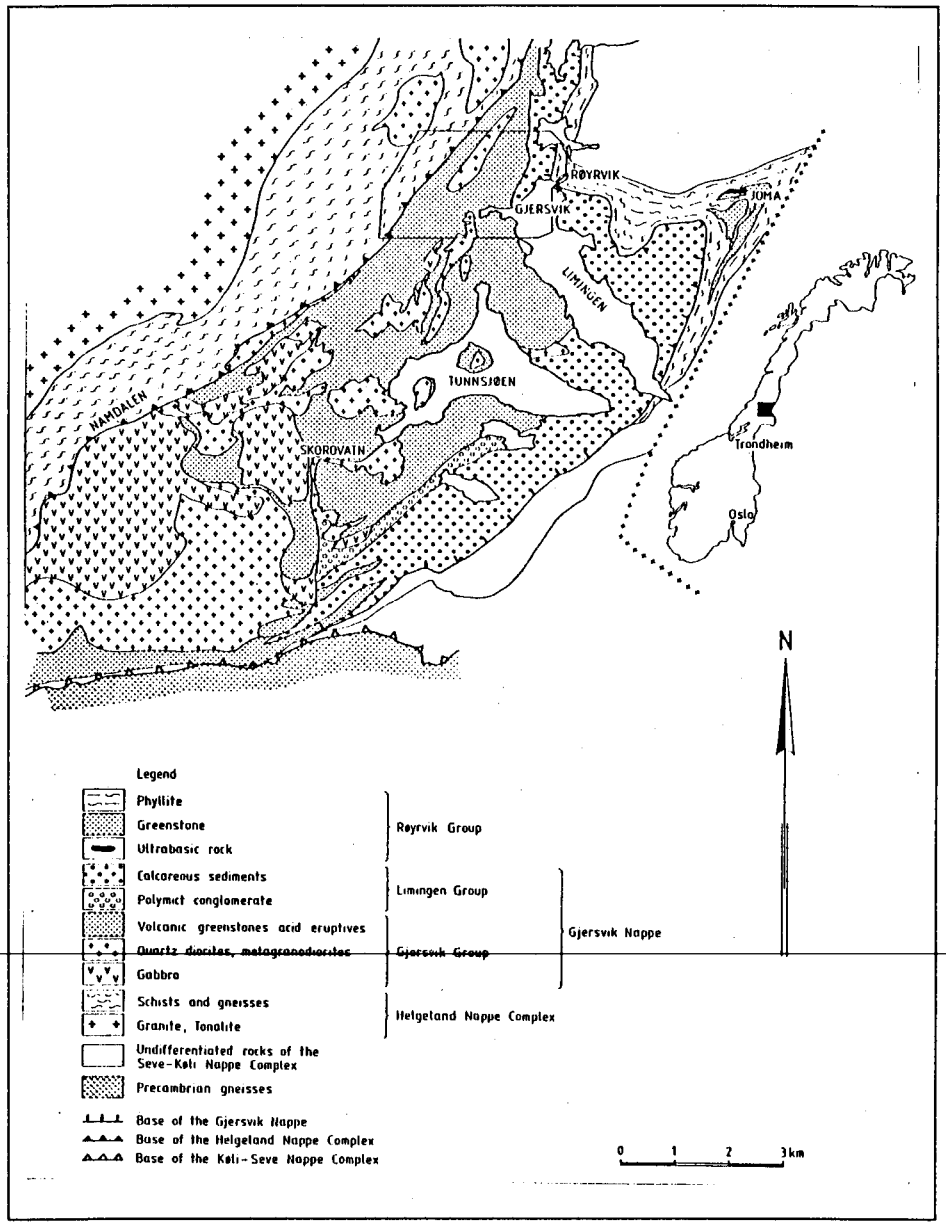
Tidligere undersøkelser

Gjersvik-forekomsten ble oppdaget i 1909, og det var planlagt drift så tidlig som i 1920, men på grunn av uenighet mellom utenlandske investorer og norske myndigheter, ble Gjersvik ikke satt i produksjon. Rester av verkstedbygninger og kontorer kan ses fra adkomstveien til stollåpningen under den vestre utgående blotningen. Utforskningen av forekomsten startet med boringer i 1912, og malmreservene ble første gang kalkulert av Steinar Foslie i 1926 til å være på 1,4 Mt med en Cu- gehalt på 2,2%. Oftedahl (1958) og Pettersen (1972) har senere beregnet malmreservene (massiv og disseminert malm) til 1,6 Mt med gjennomsnittsgehalter på 1,6% Cu, 0,9% Zn, 31% S og ubetydelige mengder av Pb og edelmetaller på grunnlag av kompletterende borprogram i 1956-58 og 1962.

Stratigrafi og paleotektonisk setting

Mellom Gjersvik og Røyrvik, se **fig.1**, opptrer sekvensen som er kalt Limingen-gruppen. Den består av forskjellige kalkholdige metasandsteiner, fyllitt og konglomerat, samt mindre mengder grønnstein. Limingen-gruppen er inndelt i 3 formasjoner av Lutro (1979); Finnbursvika-, Litlfjelltangen- og Vektaren-formasjonen. I dette området er Limingen-gruppen mer fortynnet sammenliknet med blotninger i type-området i sør, den tynner raskt ut nordover. Den basale konglomerat-enheten opptrer videre lengere sør langs den vestre bredden av innsjøen Limingen, med direkte erosjonskontakt og inverterte kontaktforhold

med metavulkanittene i Gjersvik-gruppen. Øst for Gjersvik ligger grensen mellom Limingen- og Gjersvikgruppen langs en høyvinklet N-S gående forkastning.



Figur 1. Forenklet geologisk kart over Grongfeltet med geografisk plassering

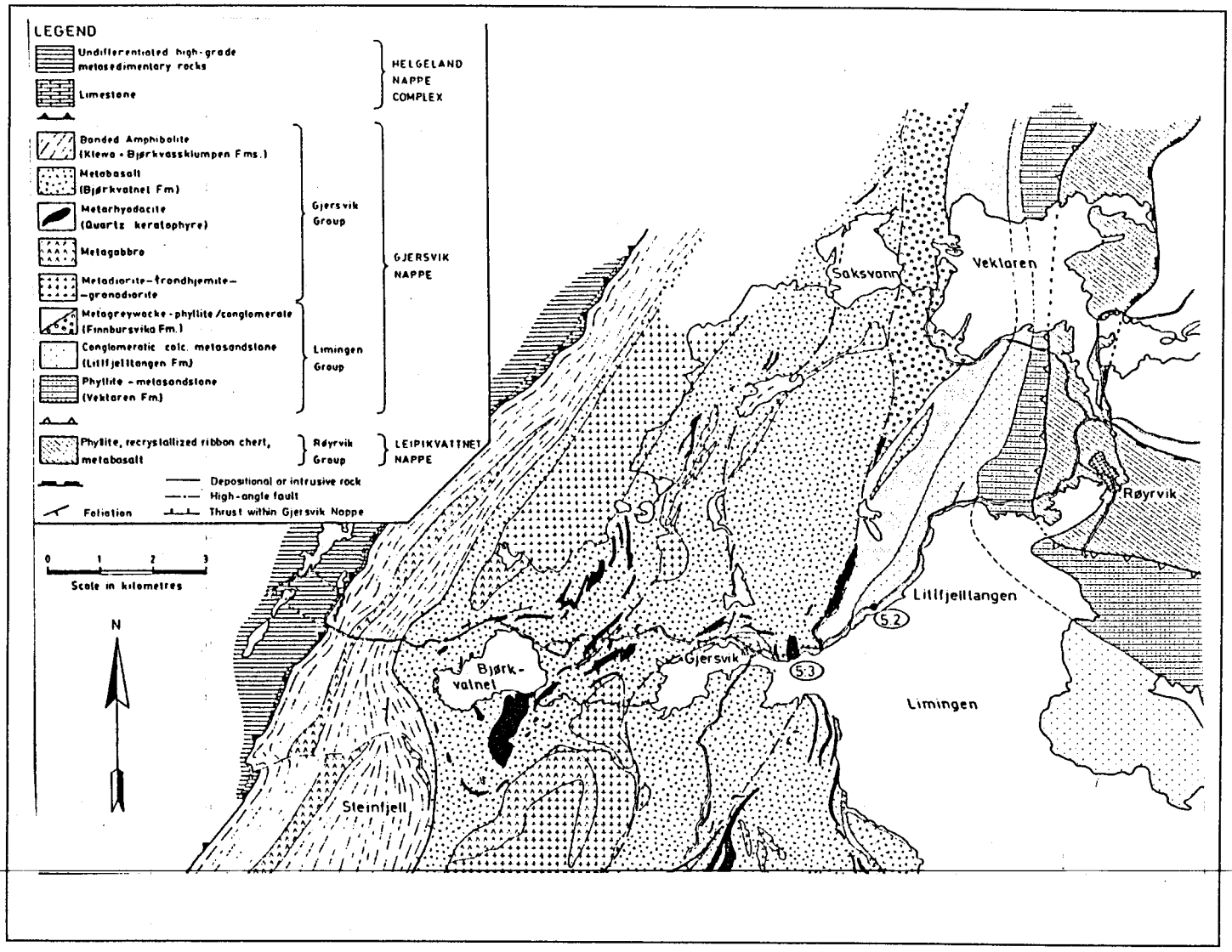
Gjersvikgruppen i det aktuelle området, **fig.2**, består av forskjellige metavulkanske enheter. Kleiva- og Bjørkvatnet-formasjonen (Lutro, 1979) består av lagdelte massive amfibolitter som opptrer i de vestre delene av det metavulkanske komplekset, umiddelbart øst for og under skyvesonen som skiller Gjersvik-dekket fra de høy-grads- metamorfe bergartene i Helgeland-dekke-kompleks i vest. Noen av disse amfibolittene er tholeiittiske og viser MORB-affinitet (data fra A. Reinsbakken i Stephens et al., 1985b). Amfibolittene ligger i en underordnet tektonisk "break" over og vest for Bjørkvatnet-formasjonen (Lutro, 1979), og består hovedsaklig av lavgrads mafiske metavulkanitter av tre forskjellige typer.

Detaljerte stratigrafiske og strukturelle undersøkelser, viser at denne tykke sekvensen av tholeiittiske metavulkanitter ligger i en invertert posisjon. I Bjørkvatnet-området, **fig.2**, ligger de stratigrafiske eldre, mer primitive tholeiittene (gruppe 1) vest for og strukturelt over de mer utviklede tholeiittene (gruppe 2), og en tydelig enhet av høy Mg- og høy Cr-tholeiitter (gruppe 3). Disse enhetene er dominert av tykke sekvenser av massive strømmer, putelava og assosierte pyroklastiske bergarter; der alle disse indikerer en submarin dannelse.

De mafiske bergartene i gruppe 1 er lav K-tholeiittiske basalter og underordnete basaltiske andesitter som antas å representere et umodent ensimatisk øybue-kompleks (Halls et al.1977, Lutro 1979). Bergartene i gruppe 2 er utviklede Fe-rike basalter og andesitter. De er også nært assosiert med felsiske metavulkanitter (metarhyodacitt eller kvartskeratofyr), og dette utgjør tilsammen en særegen bimodal rekkefølge. Til tross for D_2-deformasjon og etterfølgende folding, kan disse tynne felsiske horisontene følges langs spesifikke stratigrafiske nivå nær og i bunnen av, og på toppen av gruppe 2-bergartene. De felsiske metavulkanittene er dominerende pyroklastisk av karakter, og opptrer ofte som tynne, usammenhengende horisonter mellom områder av felsiske tverrgangs-svermer og relaterte, tykkere, felsiske "lavadomer". De felsiske bergartene antas å ha blitt dannet ved partiell oppsmelting av mafiske kilde-bergarter ved roten av øybuen i forbindelse med innledende stadier av øybue-riftingen. De mafiske bergartene i gruppe 3 er best utviklet nord for Gjersvik. De Mg-rike basaltene og basaltiske andesittene i gruppe 3 viser karakteristiske høye Cr-verdier (400-500 ppm) og lave Ti-verdier (ca. 5000 ppm). En trend mot MORB affinitet kan reflektere de begynnende stadier av utviklingen til et marginal-basseng under oppløfting og rifting av øybuen (A. Reinsbakken i M. B. Stephens et al., 1986).

Massive sulfidforekomster

De felsiske lavadomene er nært knyttet til de vulkanogene stratiforme massive sulfidene (f.eks. Gjersvik og Skorovas) og relatert til distale ekshalative mineraliseringer eller vasskis (sedimentært båndet pyritt, magnetitt og chert) innen den metavulkanske sekvensen. De store vulkanogene massive sulfidforekomstene i Gjersvik-gruppen er i størrelsesorden 1,5 - 3,5 Mt, med unntak av Skorovas med 10 Mt. Disse deformerte stratiforme massive sulfidforekomstene med Cu og Zn, er mer sinkrike enn malmen i Joma-forekomsten. Forekomstene har generelt en lensoid og plate-liknende malmkropp som finnes direkte overlagret på en sone av intens hydrotermal sidesteins-omvandling og et assosiert forbundet nettverk av sulfid-årer (feeder-zone) som skjærer gjennom de felsiske pyroklastittene og lava"domene" under den massive malmen. Flere malmfacies har tydelige kjemiske sedimentære opprinnelser. Cu-Zn-soneringen som finnes i malmsonen, opptredenen av hydrotermal omvandling og en feeder-zone under den massive malmen og de inngående sammenhengene mellom disse malmene og distale ekshalative mineraliseringer, antyder et syn-vulkansk ekshalativt opphav til disse forekomstene.



Figur 2. Geologisk kart over Gjersvik-Bjørkvatnet området.

Gjersvik- forekomsten

Strukturelle forhold

Den nåværende geometrien til Gjersvik-forekomsten kan beskrives som en asymmetrisk, trau-formet synform fold-struktur som stuper sørover, der den "nye" riksveien skjærer gjennom begge hovedgrenene av denne strukturen (se **vedlegg 1**).

Gjersvik-forekomsten danner som sagt et trau med sammenhengende utgående mot vest, nord og øst. I sør vil en eventuelt utgående ligge under innsjøen Limingens overflate. Aksen er ca. nord-sør, og fallet er ca. 20^g mot sør. Denne foldeakseretningen gjenfinnes i et tynt kvarts-keratofyrlag i vegskjæringen vest for forekomsten, og i tallrike strukturer og observasjoner forøvrig. Det observeres en tiltakende tektonisering mot synformens sentrum, både forkastninger, breksjesoner og mylonittsoner. Det ser ut til at den nordlige

delen av forekomsten er hevet i forhold til den sydlige delen, og at forekomsten derfor har en smalere utgående bredde i nord.

Alle tilgjengelige rapporter nevner at den østlige utgående av trauet, er mer veldefinert enn den vestlige, og at muligheten for malm utenfor trauet er utelukkende i den vestlige retningen, og ikke mot øst.

Det er også reist spørsmål om mulige parallelle soner i dypet under den kjente malmsonen. Bevis for dette synes imidlertid å mangle da både borhull og geofysiske undersøkelser ikke indikerer dette. Ut fra borhullsplanene er det undersøkt hvor mange borhull som har penetrert malmplatens ligg, og til hvilken dybde. Det dypeste hullet (borhull nr. 1) gikk 46 m inn i liggen, mens de fleste borhullene gikk til dybder mellom 15 og 35 m inn. For hullene boret på 90-tallet har de fleste kjernene lengder som når fra 1-10 m inn i liggen, kun hullene 97, 134 og 135 penetrerer inn i liggen med lengder på 20-25 m.

Fordelingen av malmskjæringene synes noe vilkårlig og uregelmessig, men disse resultatene sammen med de geoofysiske undersøkelsene tyder på at noen vesentlig mineralisering ikke er tilstede i en rimelig avstand fra malmens ligg.

Mineralogi i forekomsten

Vertsbergarter

Metavulkanitter og meta-intrusive bergarter som Gjersvik øybuekompleks består av

Gjersvik øybuekompleks utgjøres av de magmatiske kompleksene som ble utsatt for lav-til-middels grad metamorfose opp til grønnsteins-facies og som ble utsatt for voldsom deformasjon.

De magmatiske kompleksene i Gjersvik-formasjonen består hovedsaklig av metamorfoserte mineralsamlinger av kloritt, epidot, albitt og sericitt; mineraler som opptrer mer eller mindre i alle typer bergarter, og spesielt i de metavulkanske. Selv om bergartene har vært utsatt for metamorfose, er en del mineraler og primitive teksturer og strukturer fortsatt til stede. For eksempel er augitt gabbro-teksturer som representerer primitive tholeiittiske basalter gjenkjent i den mørke grønnsteinen med puter (putelava). I tillegg er amygdaloide og klastiske strukturer relatert til marine vulkanske prosesser i putelava nært knyttet til metavulkanittene. Dette indikerer at metamorfosegraden i Gjersvik øybuekompleks er ansett for å være lav, og hovedsaklig isokjemisk (Sun Haitian, 1991).

De metavulkanske bergartene som utgjør de mørke og lyse grønnsteinene er assosiert med submarine sedimentære strukturer (massive puter, amygdaloide og fragmenterte), mens noen av de felsiske vulkanske bergartene, som ofte inneholder felsiske fragmenter og breksjer, indikerer primært opphav i form av basaltiske strømmer, putelavaer og klastiske vulkanske bergarter og som felsiske pyroklastiske bergarter i submarine miljø. Kjemisk er

grønnsteinene overensstemmende med basaltiske bergarter når det gjelder SiO_2-innhold (variasjon fra 47-53,5 wt%SiO_2), mens de metafelsiske vulkanske bergartene hovedsaklig varierer i området 71-75 wt% SiO_2, noe som er sammenlignbart med en rhyolittisk sammensetning (Sun Haitian, 1991).

Litologier

Mørk grønnstein

Den mørke grønnsteinen er karakterisert av mørke grønnfarger, varierer fra massiv til variabel skifrighet, finkornig, sjelden synlige porfyriske krystaller, Fe-rik og svak magnetisme i håndstykke og av holokrystallin-porfyrittisk og holokrystallin-homogen tekstur. De mørke grønnsteinene består hovedsaklig av kloritt og albitt med betydningsfulle (men varierende) mengder av epidot, stilpnomelan, biotitt, muskovitt, sericitt, kvarts og karbonatmineraler. Noen ganger er augitt oppdaget i det indre av puter utsatt for relativt lavgradsmetamorfose og deformasjon, som rester etter primære mineralfaser.

Magnetitt og pyritt er vanlige accesoriske mineraler. De opptrer som finkornige anhedrale eller euhedrale korn. På grunnlag av hovedmineral-sammensetningen kan de mørke grønnsteinene videre deles inn i flere subtyper, f.eks. stilpnomelan- og biotitt-førende, epidot-rike og klorittiske grønnsteiner (Sun Haitian, 1991).

Den epidotførende og den klorittiske grønnsteinen utgjør de mest dominerende typene av mørk grønnstein. De er ofte assosiert med typiske vulkanske strukturer avsatt i submarine miljø, så som puter, og kan ha klastiske og amygdaloide strukturer. Stilpnomelan- og biotitt-førende grønnsteiner ser ut til å opptre i områder der de er assosiert med forkastningssoner. Stilpnomelan-nåler opptrer uten noen foretrukket retning og skjærer gjennom eksisterende teksturer, inkludert hydrotermal kvarts og karbonatårer. Stilpnomelan opptrer ikke utelukkende i mørke grønnsteiner, men også i de keratofyriske pyroklastiske kompleksene. Disse momentene indikerer at stilpnomelan må være dannet sent, og kanskje også relatert til sen tektonisk forkastningsaktivitet etter den regionale lavgrads-metamorfosen (Sun Haitian, 1991).

Lys grønnstein

Den lyse grønnsteinen er hovedsaklig homogen-holokrystallin og porfyrittisk i tekstur og karakterisert av mindre utviklete puter og klastiske strukturer i forhold til de mørke grønnsteinene. Fargen er lys grønn, bergartene er finkornige, massive til skifrige, Fe-fattige og uten magnetisme, men rik på karbonatmineraler. Hovedmineralene er de samme som for de mørke grønnsteinene; i hovedsak kloritt, epidot og albitt, men den lyse grønnsteinen er karakterisert av en høyere andel karbonat og tilstedeværelsen av Fe-fattig aktinolitt. Karbonatinnholdet varierer vanligvis fra 10-15%, mens aktinolitt-innholdet varierer fra 0-20% (Sun Haitian, 1991).

Keratofyriske, pyroklastiske komplekser

De keratofyriske, pyroklastiske komplekse bergartene opptrer oftest som tynne soner i de mørke grønnsteinene. De er hvite til lysgrå i fargen, veldig finkornige, meget harde og har høy tetthet, ofte med "fri" kvarts i håndstykke. De massive sulfidforekomstene som er kjent fra Gjersvik-området er hovedsaklig assosiert med disse pyroklastiske kompleksene.

Mineralselskapet i de keratofyriske, pyroklastiske kompleksene består av albitt, kvarts og små mengder av sericitt, karbonat, kloritt, epidot og biotitt, hvorav de felsiske mineralene som er dominert av albitt, utgjør 80-95%. Kompleksene er karakterisert av holokrystalline-porfyrittiske teksturer som består av fenokrystaller i en veldig finkornet matrix av kvarts og albitt, med underordnet kloritt og epidot. Fenokrystallene (ca. 20%) består av euhedrale til subeuhedrale tabulære albitt-krystaller som opptrer enten som individuelle krystaller eller i aggregater med avrundet kvarts og subeuhedrale biotitt-korn. Alle fenokrystallene er orientert og omgitt av skifrighet (Sun Haitian, 1991).

Sammenhenger mellom de forskjellige typene av magmatiske bergarter

Sammenhenger mellom mørke og lyse grønnsteiner

De mørke og lyse grønnsteinene er veldig karakteristiske når det gjelder geologi og geokjemi. Kontakten mellom mørk og lys grønnstein er skarp, noe som er en opprinnelig struktur. Dette ses av de ekshalative sediment-lagene som ofte opptrer konformabelt mellom de to grønnsteinstypene. Den lyse grønnsteinen er karakterisert av et mye høyere innhold av Cr, Ni og relativt høyt Mg-innhold, men lave verdier for Fe og Ti sammenlignet med de mørke grønnsteinene. Cr-innholdet i de lyse grønnsteinene er vanligvis høyere enn 130 ppm, Ni er høyere enn 65 ppm og MgO høyere enn 6 wt%, mens FeO er lavere enn 12 wt%, og TiO_2 lavere enn 1,2 wt%. I de mørke grønnsteinene er Cr- og Ni-innholdet vanligvis lavere enn 50 ppm, MgO lavere enn 6 wt%, mens Fe er høyere enn 13 wt% og TiO_2 lavere enn 1,2 wt%. Gjennomsnittlig innhold av Cr og Ni i de lyse grønnsteinene er omtrent 8 ganger høyere enn i de mørke. Disse spesielle og systematiske forskjellene i kjemisk sammensetning impliserer forskjellige magmakilder for de to grønnsteinstypene. I tillegg gir korrelasjon av MgO mot Ni og Cr at den lyse grønnsteinen er dannet fra en mer utviklet tholeiittisk magma, mens den mørke grønnsteinen er dannet fra udifferensiert tholeiittisk magma (data fra Sun Haitian, 1991).

Sammenheng mellom grønnstein og keratofyriske pyroklastiske bergarter

De keratofyriske pyroklastiske kompleksene er stratigrafisk tolket til å opptre hovedsaklig mellom mørke og lyse grønnsteiner, og representerer en episode med felsiske magma-prosesser mellom avsetningen av tholeiittiske basalter. De store massive sulfidmineraliseringene som opptrer i Gjersvik øybuekompleks er i stor grad tilknyttet til de keratofyriske pyroklastiske kompleksene.

Petrogenetisk og paleotektonisk modell

En forenklet petrogenetisk og paleotektonisk modell for Gjersvik vulkanske øybue foreslås (Sun Haitian, 1991).

1) Gjersvik øybue-kompleks representerer en umoden/primitiv vulkansk øybue som ble dannet i miljøer på havbunnen i forbindelse med utviklingen av et rift-system. Miljøet hadde et totalt fravær av kontinentalskorpe og lite tilførsel av sedimenter, noe som indikerer avstand fra kontinentene. Det tektoniske miljøet under dannelsen av øybuekomplekset var rifting og ikke kompresjon.

2) Øybuen består av bimodale vulkansk-plutonske systemer, som er svært forskjellig fra litologier og geokjemi kjent fra modne øybuer eller kontinentalmargin relatert til konvergerende platetektonikk. Øybuen skiller seg også fra midthavsrygger (MOR) og andre miljøer knyttet til divergerende platetektonikk.

3) Magmaprosessene i øybuen må ha vært multi-syklisk, sannsynligvis 3 hovedstadier, og hver syklus kan korrespondere med et begrenset rifting-miljø som er relatert til utviklingen av rift-systemet. I de tidlige og sene stadiene er magmaprosessene karakterisert av henholdsvis udifferensierte og differensierte tholeiittiske basalter, mens de felsiske magmatiske prosessene hovedsaklig er tilstede i et intervall mellom avsetningene av de tholeiittiske basaltene.

4) De tidlige udifferensierte tholeiittiske basaltene har sitt opphav fra den uttappede mantelkilden og er til en viss grad relatert til de begynnende stadiene av riftingen over subduksjonssonen mellom de oseaniske havbunnsplatene, mens de sene tholeiittiske basaltene er dannet som en konsekvens av upwelling av dypere anriket kildemateriale fra dypere riftsystem i mantelen. Sett under lys av at de keratofyriske pyroklastiske kompleksene og deres plutonske ekvivalenter hovedsaklig er knyttet til de mørke grønnsteinene og gabbroer i øybuen; er de felsiske magmaprosessene antatt å opptre ved partiell oppsmelting av de udifferensierte tholeiittiske basaltene (eller gabbroene) ved grunne dyp. Dette faktum er også relatert til utviklingen av riftsystemet.

Typer og hovedtrekk ved mineraliseringen

Sulfidmineraliseringen kan deles inn i 3 typer; massive sulfider, ekshalative og åremineralisering (veining).

Massiv sulfidmineralisering

Opptreden av massiv sulfidmineralisering er generelt lokalisert til grenseflatene mellom metavulkanske stratigrafiske enheter av grønnstein og keratofyriske pyroklastiske kompleks, og malmhorisonten består av massive sulfider (som regel mer enn 60 Wt% sulfider). Disse massive sulfidene er nært tilknyttet stringer-soner (feeder-zones) som er karakterisert av intens hydrotermal sidesteinsomvandling og utbredt sulfidmineralisering som opptrer i og gjennom de keratofyriske pyroklastiske kompleksene direkte under den massive malmkroppen. Tilknytningen mellom massiv sulfidmalm og omvandlet stringersone er nær, og feeder-sonen er tolket til å være en "vei" som leder de mineraliserte løsningene til å strømme mot overflaten på havbunnen, der de akkumuleres og danner massive sulfider.

De massive sulfidkroppene er vanligvis stratiforme, lensoide og plateliknende, der tykkelsen varierer fra noen ti-talls cm til flere meter og lengdevariasjonene er fra noen ti-talls meter til flere hundre meter. Sulfidkroppene ligger konformabelt i forhold til sidesteinene. Feeder-sonen som ligger direkte under den massive sulfidkroppen, er vanligvis i form av rør, eller de kan være irregulære. De ligger diskordant i forhold til de keratofyriske pyroklastiske kompleksene. For eksempel er den nåværende geometrien til Gjersvik-forekomsten en asymmetrisk, trau-formet, synform foldestruktur som stuper mot sør, og den østre flanken faller brattere enn den vestre. Malmhorisonten er irregulær, 1-10 m mektig og opptrer mellom felsiske pyroklastiske bergarter og underliggende grønnstein. Begge vegskjæringene over forekomsten skjærer de to malmflankene som er tydelig blottlagt. Malmen er direkte overlagret av et sammenhengende nettverk av sulfidårer og disseminert mineralisering tilknyttet intens hydrotermal sidesteinsomvandling. Det faktum at den massive sulfidhorisonten er direkte overlagret av omvandlete, svovelkisførende felsiske bergarter og underlagt av uomvandlet mørk grønnstein, indikerer en invertert stratigrafisk posisjon.

Ekshalativ sedimentær mineralisering

En tynn jern- og kvartsrik facies utlutet på basemetaller opptrer hyppig i eller i nær tilknytning til grenseområdene nær lyse og mørke grønnsteiner, eller der mørk grønnstein opptrer som putelava. Facies'en er vanligvis karakterisert av innlysende sedimentære strukturer og mangel på hydrotermal omvandling. Denne typen horisont tolkes som et ekshalativt sediment avsatt fra colloidale jern- og kvartspartikler. Dette som følge av eksplosiv spredning til det submarine miljø relatert til enten en vulkansk episode av keratorfyrisk pyroklastisk erupsjon som opptrådte mellom avsetningen av mørk og lys grønnstein, eller til putelavaene som ble avsatt under dannelsen av Gjersvik-øybuen.

De ekshalative sedimentene opptrer som tynne ark- eller plateliknende lag og linser, vanligvis noen ti-talls cm til flere meter tykke og flere titalls meter i lengde og bredde. De opptrer veldig systematisk og konformabelt i den metavulkanske rekkefølgen, og noen av dem er åpenbart foldet sammen, og samtidig med, sidesteinen. Disse tynne lagene kan flere steder spores flere hundre til tusen meter langs like stratigrafiske horisonter, enten mellom lyse og mørke grønnsteiner, eller i den mørke putelavaen. De ekshalative sedimentene har en enkel mineralogi og består for det meste av magnetitt, kvarts og pyritt, samt underordnet eller fraværende sericitt, muskovitt og karbonatmineraler. Sedimentene viser en veldig fin laminasjon bestående av pyritt, magnetitt og chert. Laminasjonen er ofte superposisjonert av senere foldestrukturer. Karakteristisk er også veldig finkornige, paragenetiske teksturer, vanligvis mindre enn 0,05 mm, noe som indikerer en primær kjemisk sedimentær prosess.

Åremineralisering

Denne typen av mineralisering, som er godt dekket ved overflatekartlegging og kjerneboring, opptrer hovedsaklig som tynne årer, stockwerk og disseminerte sulfidmineraliseringer nært knyttet til intens hydrotermal omvandling i den underliggende mørke grønnsteinen. Årene er tilstede som lange belter, oftest flere meter til titalls meter brede og titalls til hundrevis av meter lange. De skjærer gjennom de mørke grønnsteinene og har skarpe kontaktflater mot sidesteinen; noe som tyder på at årene tilsynelatende er

kontrollert av forkastninger og andre sprekkesystemer. Hovedmineralene er hovedsaklig pyritt med varierende mengder kobberkis og sinkblende, samt mindre mengder magnetitt. Sulfidinnholdet i de mineraliserte sonene varierer i området 20-30%. Et punkt som bør merkes er at den metalliske mineralsammensetningen og de hydrotermale omvandlingene i åremineraliseringene er veldig like sammenliknet med det som kan observeres i feeder-sonen.

Malmmineralogi, teksturer og sonering

Den massive sulfidhorisonten består av massive sulfider nært knyttet til en stringersone (feeder zone), karakterisert ved pyrittisk mineralisering og intens hydrotermal omvandling. Mineralogien i forekomsten er relativt enkel og dominert av pyritt, kobberkis, sinkblende og magnetitt. Gangartsmineralene inkluderer kvarts, kalsitt og mindre mengder kloritt og sericitt.

Massiv sulfidfase

Den massive sulfidfasen (>50 vol%) utgjør for det meste massiv malm med over 90 vol% sulfider, med mindre viktige båndede sulfidmalmer, der sulfidene utgjør 50-70 vol%. Malmen inneholder hovedsaklig pyritt, magnetkis, kobberkis og sinkblende, med relativt store mengder magnetitt. Ikke-metalliske mineraler inkluderer kvarts og karbonater (60-90 %), samt mindre mengder kloritt og sericitt. Kvartskornene er vanligvis mindre enn 0,05 mm, men korn i størrelsesorden 0,1-0,3 mm eksisterer også. Kloritt opptrer ofte som aggregater eller rekrystalliserte store krystaller, og det viser seg at størrelsen øker når man nærmer seg sidebergartene (grønnstein). Sericitt er som oftest tilknyttet kloritt. Alle kvarts- og karbonatkornene er anhedrale, vanligvis 0,2-0,5 mm i størrelse, og ofte intimt sammenvokst slik at de utgjør en paragenetisk tekstur.

Malmteksturen indikerer en utbredt og intens metamorfose og deformasjon av forekomsten. Rekrystallisering av sinkblende relatert til metamorfose er utbredt i den massive malmen der sinkblende rekrystalliserte langs sprekker i eller mellom pyrittkorn ved metamorfosen (se **fig.3**). Kataklastisk tekstur i pyritten (se **fig.4**) og kompressive spenningsteksturer (trykkoppløsning) i den massive pyrittmalmen (se **fig.5**) anses som bevis for deformasjon av malmen (Sun Haitian, 1991). Imidlertid påpekes det at enkelte primære teksturer kan opprettholdes i malmen til tross for at metamorfe- og deformasjonsteksturer er dominerende i malmen. For eksempel opptrer små magnetkiskrystaller som diskontinuerlige dråper i større pyrittkrystaller. Denne typen tekstur representerer mest sannsynlig en primær paramagnetisk sammenheng mellom pyritt og magnetkis ved krystalliseringen.

På grunnlag av hovedtrekkene når det gjelder metalliske mineralselskap, mineralinnholdet, deres innbyrdes forhold til hverandre og andre nærtliggende vertsbergarter; kan malmhorisonten i Gjersvik-forekomsten videre inndeles i 5 hovedmalmtyper, der deres fordeling og sonering utgjør en del av en vulkansk stratigrafisk rekkefølge. Rekkefølgen og forholdet til vertsbergartene er som følger (Sun Haitian, 1991):

Grønnstein på toppen.

Type 5:	Finkornig, massiv båndet pyritt-magnetitt facies
Type 4:	Finkornig, kompakt, massiv pyritt-sinkblende (med magnetitt) facies
Type 3:	Finkornig, massiv til båndet pyritt facies
Type 2:	Fin- og grovkornet, kompakt, massiv magnetkis-pyritt-kobberkis facies
Type 1:	Finkornig, kompakt, massiv Cu-rik pyritt-facies

Keratofyriske pyroklastiske kompleks tilknyttet feeder zone i bunnen.

Den massive sulfidhorisonten er dominert av typene 1, 2 og 3, og den massive Cu-rike pyritten (kobberkis og pyritt) og den massive magnetkis + kobberkis + pyrittfasen. Den siste ser ut til å opptre inni den massive malmkroppen som ligger umiddelbart over eller ved siden av den omvandlete pyrittiske feeder-zonen.

Typene 4 og 5 er kun tilstede lokalt der de opptrer som en del av en marginalsone der den massive malmkroppen grenser opp til grønnstein. Type 4 er karakterisert av å være veldig kompakt og massiv, mens type 5 er karakterisert av å være massiv og viser båndingsteksturer.

Type 1 og 2 er de viktigste Cu-førende malmene, mens type 3 er dominert av pyritt med små mengder av Cu-førende mineraler.

Malmene er hovedsaklig finkornige, men opptrer enkelte steder som relativt grovkornige. Det synes ut fra mikroskop-analyser at jo grovere sulfidkornene er, jo høyere er innholdet av kobberkis. Kobberkis og magnetkis erstatter ofte pyritt langs kanter og sprekker i, eller som mineralkorn inni, pyrittkorn så vel som langs yttergrensene til pyrittkornene.

Slipbeskrivelser og beskrivelser av malmen

De polerte slipene brukt ved fotografering og beskrivelse av de forskjellige malmtypene er slipene 1, 14, 16, 19 og 20. Malmprøvene er hentet fra lokaliteter i gruva avmerket på kartet i **vedlegg 2.**

Type 1

Denne typen malm karakteriseres av pyritt + kobberkis + magnetitt, en såkalt Cu-rik pyritt-facies, og ser ut til å opptre i den massive malmkroppen direkte over den omvandlede pyrittiske feedersonen. Den Cu-rike pyrittiske malmen er gulfarget, finkornig, massiv, svært homogen og kompakt, og den viser sjelden primær lagdeling (se **fig.6**). Sulfidene i malmen utgjør over 95 vol%, og består av pyritt (60-70 vol%), med varierende mengder av kobberkis (10-20 vol%) og magnetitt, samt mindre mengder sinkblende og magnetkis. Pyrittkornene er som regel anhedrale, finkornige (~50μm), men noen korn er rekrystallisert og blir anhedrale, relativt grovkornige (0,2-0,4mm). Kobberkis og magnetitt er veldig irregulære i formen, som regel mindre enn 0,1mm (av og til opptil 0,2-0,3mm). Kobberkis og magnetkis erstatter ofte pyritt, og opptrer langs kanten og i sprekker i pyritten. Av og til også som intergranulære mineraler inni pyrittkornene, eller langs korngrenser mellom pyrittkorn (se **fig.7**).

Type 2

Denne typen malm opptrer også i den massive malmkroppen og har en gradvis overgang til den massive, Cu-rike pyritten. Malmen er karakterisert av massiv magnetkis og inneholder mer enn 95 vol% sulfider, hvorav ca.50 vol% magnetkis, 10-40 vol% kobberkis og 10-35 vol% pyritt med mindre mengder sinkblende og magnetitt. Generelt er det lite volummessig variasjon av magnetkis, sinkblende og magnetitt, mens kobberkis og pyritt varierer fra prøve til prøve. Pyrittkornene er euhedrale til subhedrale eller rundete og fin - til veldig finkornig (0,01-0,6mm). En typisk kataklastisk tekstur er av og til assosiert med pyritt. Pyrittkornene ligger ofte i en matriks bestående av irregulære, anhedrale, monokline magnetkis- og kobberkis-korn (se **fig. 8 og 9**). Magnetitt er ofte assosiert med sinkblende som individuelle, anhedrale krystaller, eller opptrer som veldig tynne lag/lamina som er dominert av magnetitt-korn mindre enn 0,1mm sammen med sulfider

Type 3

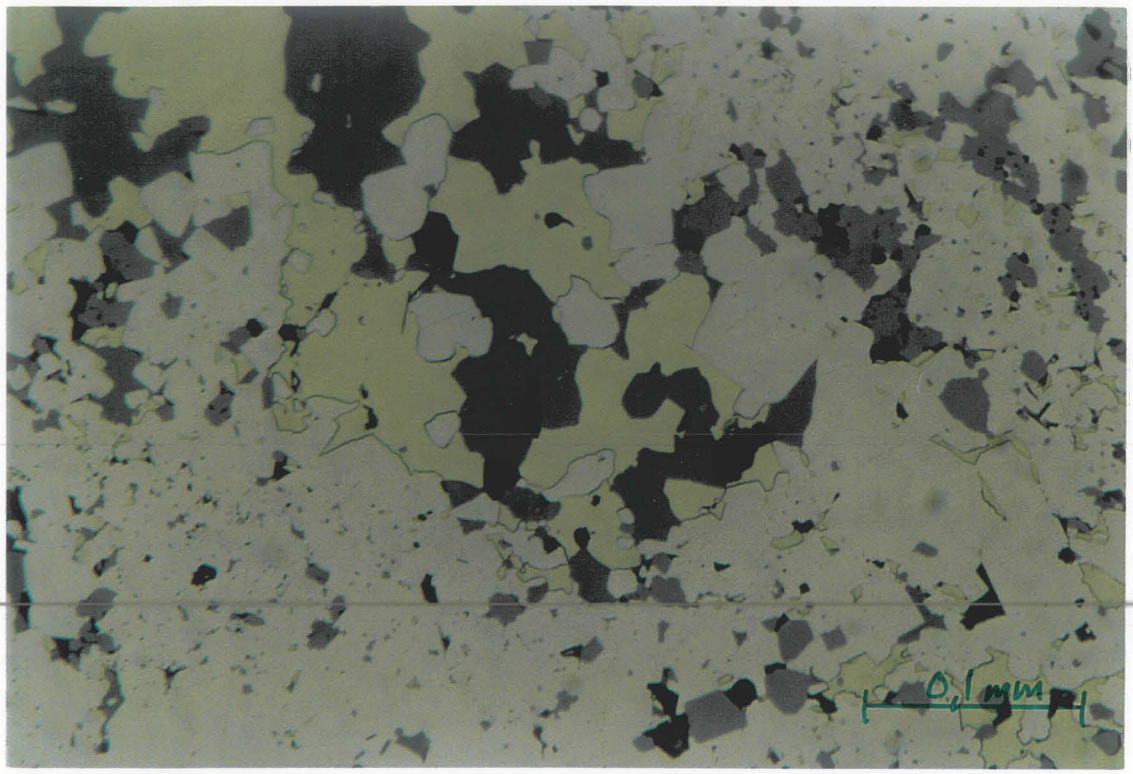
Malmtypen består nesten totalt av monomineralsk pyritt i en matriks av kvarts, kalsitt og mindre mengder kloritt. Malmen ligger umiddelbart utenfor og draperer den massive magnetkis-pyritt-kobberkis (type 2) malmen og malmen med Cu-rik pyritt (type 1). Soneringen av malmen fortsetter utover, og er i visse områder i direkte kontakt med grønnstein. Denne malmtypen består hovedsaklig av massiv, meget tett, hard og kompakt pyritt som av og til går over i båndet pyritt i perifere deler av forekomsten som ligger i nærheten av den mørke grønnsteinen. Den massive malmen inneholder vanligvis mer enn 90 vol% sulfider. Fargen er karakteristisk gul, og mineralene inkluderer pyritt (>90 vol%) med små mengder kobberkis, sinkblende og magnetitt. Pyrittkornene er ekstremt små (0,04-0,4mm) og er anhedrale til subhedrale, og de forskjellige kornene er ofte vanskelig å skille under mikroskopet. Noen korn er tydelig rekrystallisert, relativt grovkornige (0,1-1mm). Kobberkis og sinkblende er irregulære i formen og opptrer ofte som erstatning langs kanter og i sprekker, eller som intergranulære mineraler i pyrittkornene (se **fig.10**).

Type 4

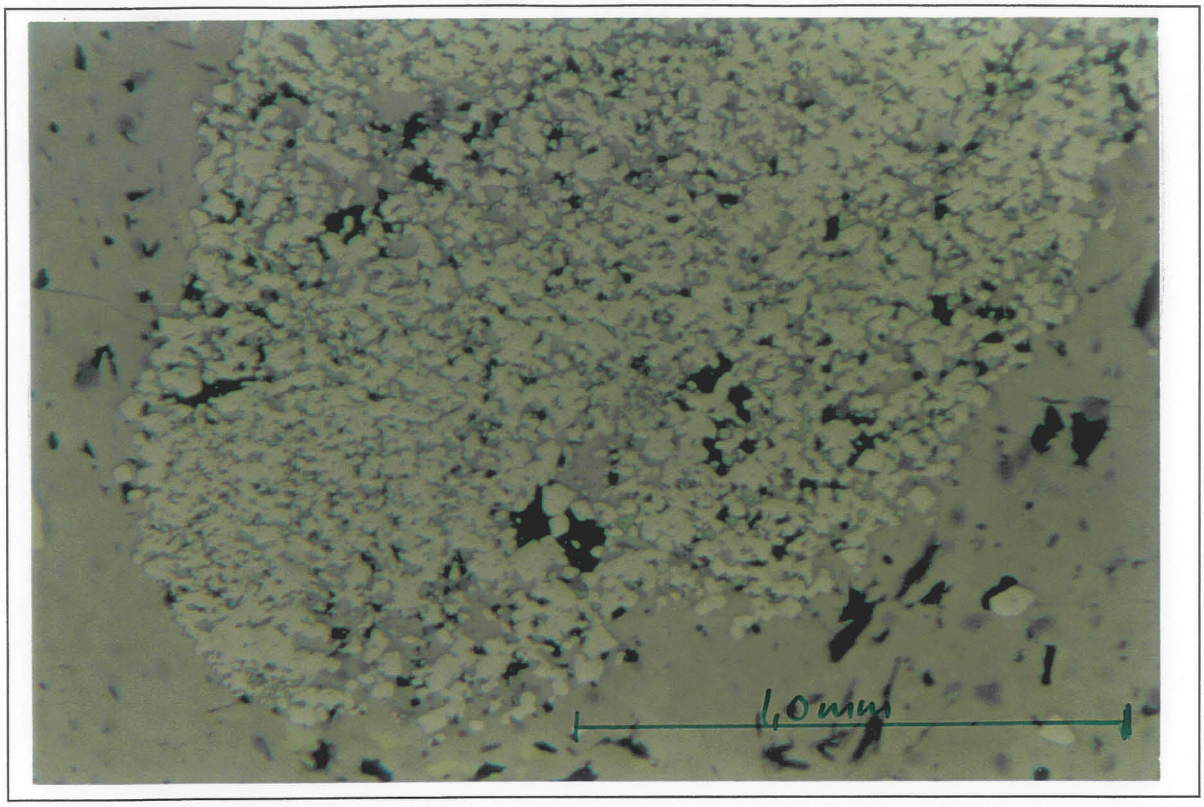
Denne malmfaciesen er relativt rik på sinkblende. De metalliske mineralene utgjør over 80 vol%, hvor pyritt utgjør ca. 70 vol% og sinkblende 15-25 vol%, mens magnetitt utgjør 5-15 vol%, og kun spormengder av kobberkis (se **fig.11**). Malmtypen opptrer kun lokalt som del av en grensesone eller en lateral utvidelse av den massive malmkroppen i overgangen fra finkornig massiv pyritt til grønnsteinen i sideberget. De sinkblenderike lagene er i direkte kontakt med, og ligger over grønnsteinen (se **vedlegg 3, profil X764120**). Pyrittkornene er anhedrale til subhedrale med kornstørrelser i området 0,04-0,4mm. Sinkblenden er veldig irregulær i formen og ofte assosiert med pyritt, og den opptrer ofte langs kanter og i sprekker i, eller mellom, pyrittkornene. Magnetitten er veldig irregulær, finkornig og med kornstørrelse vanligvis mindre enn 0,1mm. Magnetitten opptrer som tynne bånd eller som små linser innskutt i sulfider, noe som ofte gir seg utslag i en god båndstruktur. Magnetittbåndene opptrer ofte med lite, eller helt uten pyritt. Av og til er magnetittbåndene synkront foldet med "verts-sulfidene", noe som indikerer en opprinnelig struktur. Gangartsmineralene består av like mengder kvarts og kalsitt, som opptrer som anhedrale korn i størrelsesorden 0,2-0,5mm. Disse to mineralene er ofte sammenvokst og utgjør en paragenetisk tekstur.

Type 5

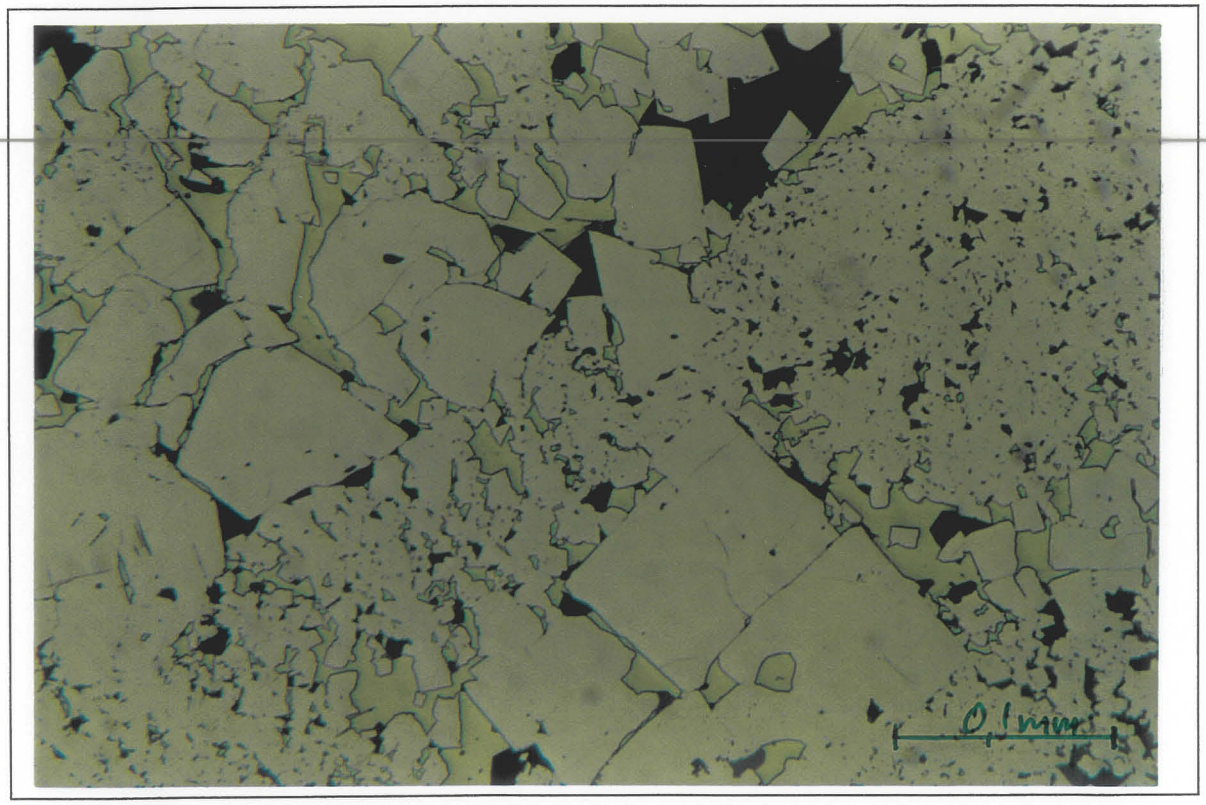
Denne malmfaciesen opptrer også lokalt, og som en del av en grenseovergang i den massive malmkroppen på overgangen fra massiv kompakt pyrittisk fase til grønnsteinen i sideberget. Malmen er relativt rik på magnetitt. De metalliske mineralene utgjør 50-60 vol%, hvorav pyritt (60-80 vol%) og magnetitt (20-40 vol%) og spormengder av kobberkis og sinkblende. Pyritt og magnetitt opptrer som veldig tynne, alternerende bånd. Pyrittkornene er hovedsaklig anhedrale og i størrelsesorden 0,1-0,7mm og ofte karakterisert av gode kataklastiske teksturer, mens magnetitten er euhedral til anhedral med kornstørrelser vanligvis mindre enn 0,1mm (sjelden opptil 0,5mm).



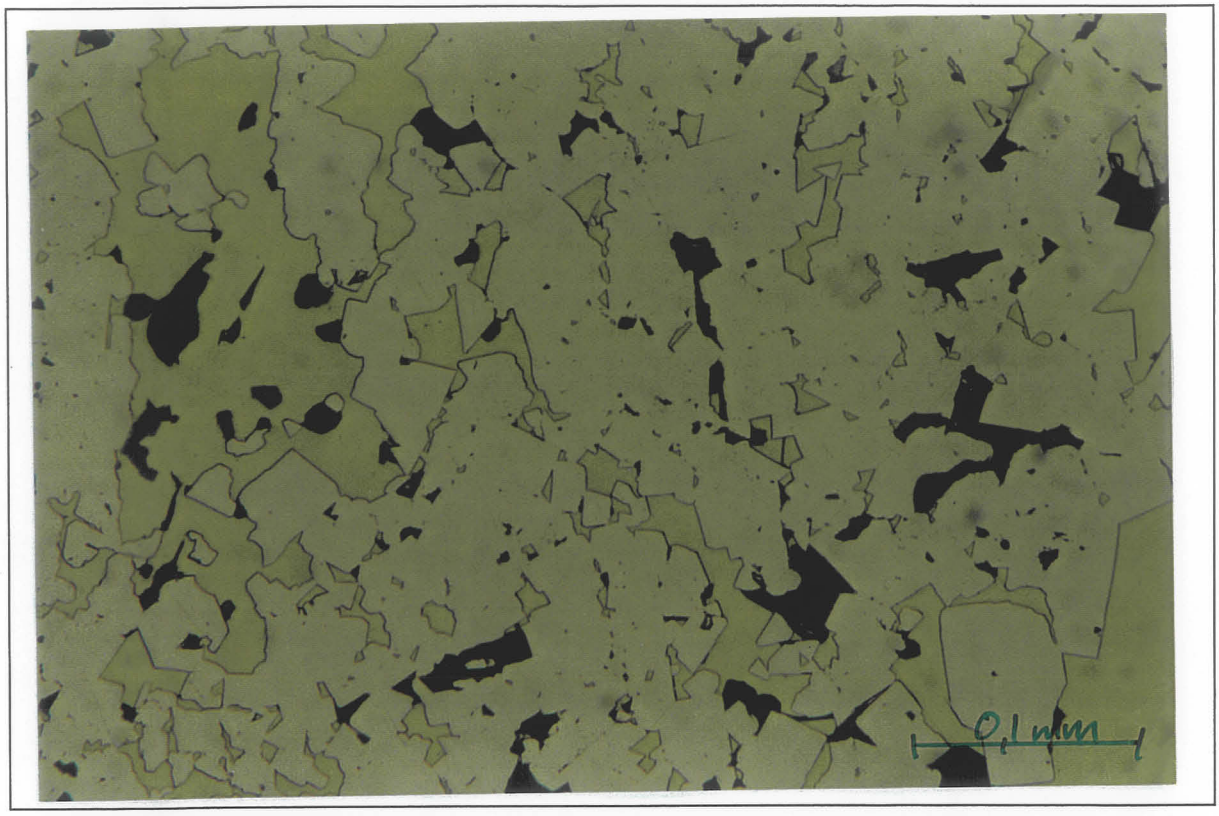
Figur 3. Sinkblende som er rekrystallisert langs sprekker i og mellom pyrittkorn ved metamorfosen. Slip 1.



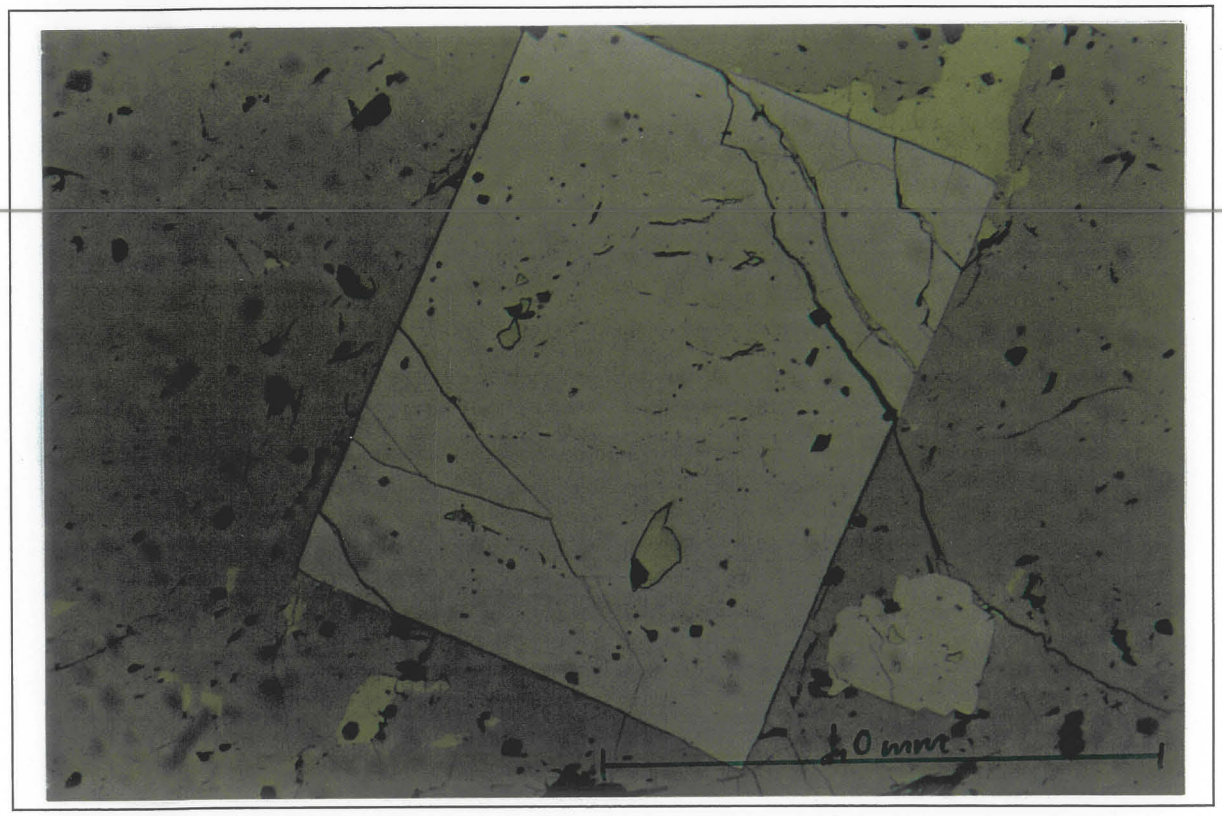
Figur 4. Kataklastisk tekstur i pyritt. Slip 20.



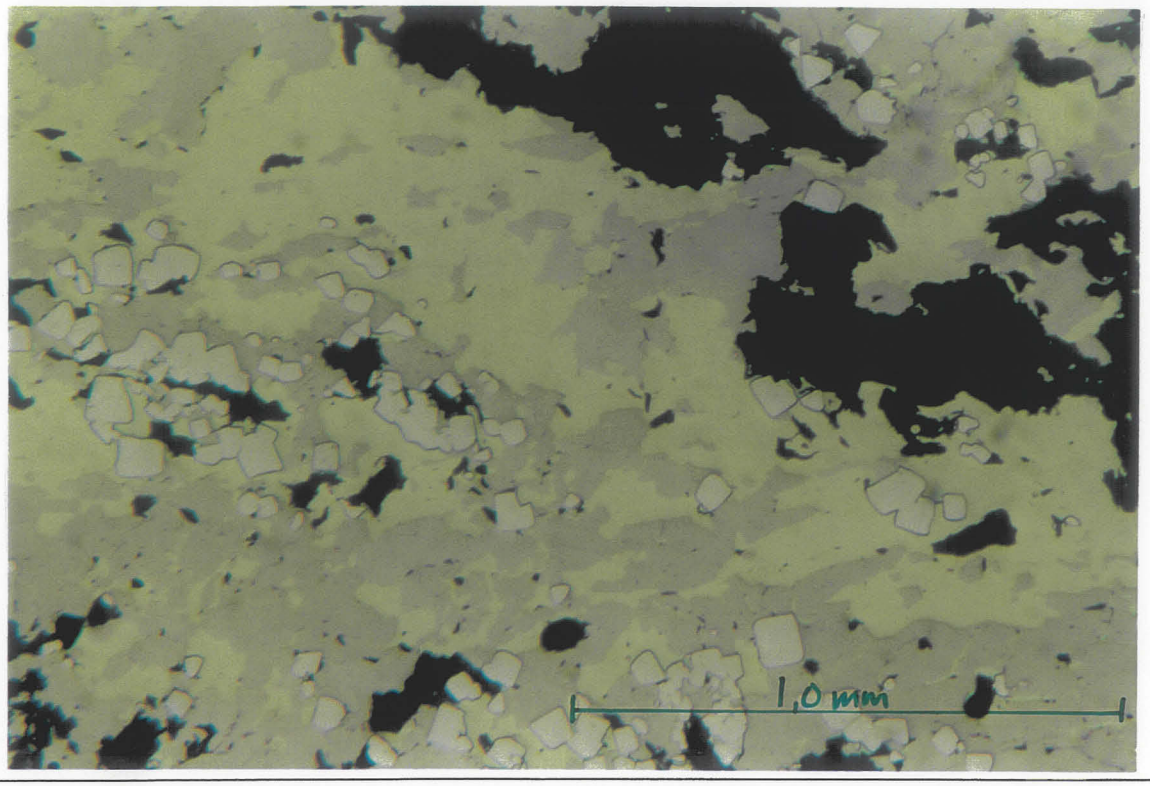
Figur 5. Kompressive spenningstekstur (trykkoppløsning) i massiv pyrittmalm. Slip 16.



Figur 6. Cu-rik pyrittisk malm, type 1. Slip 16.

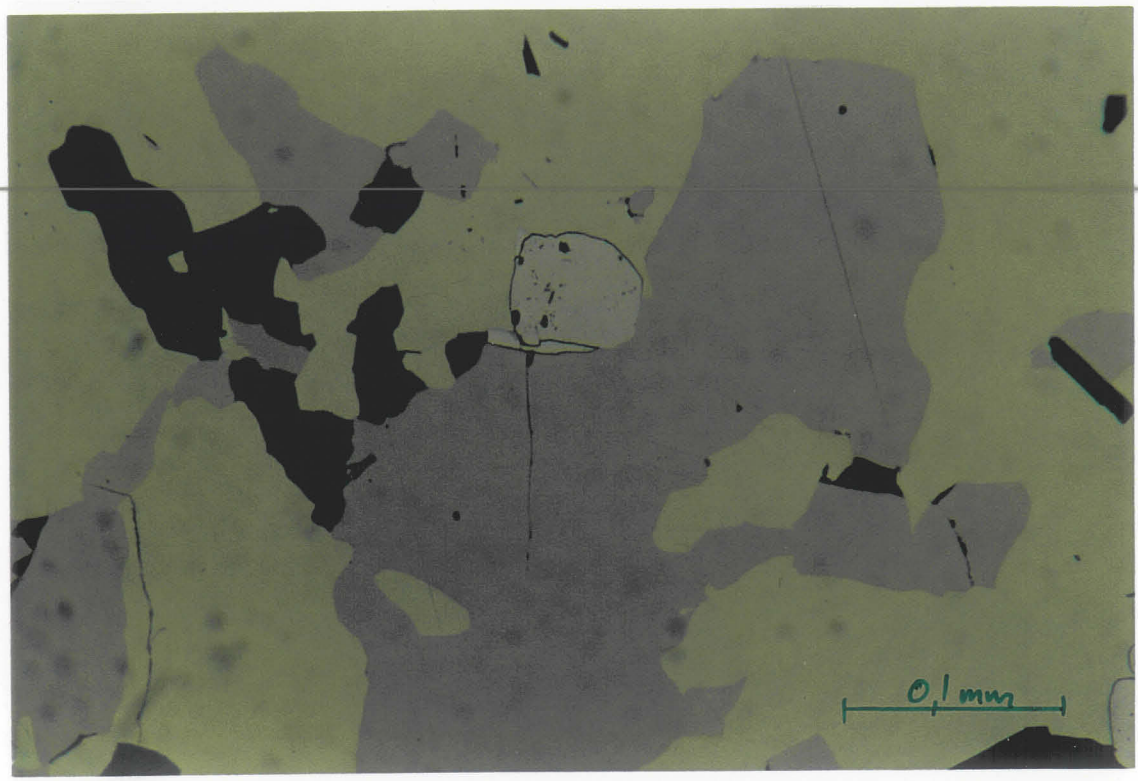


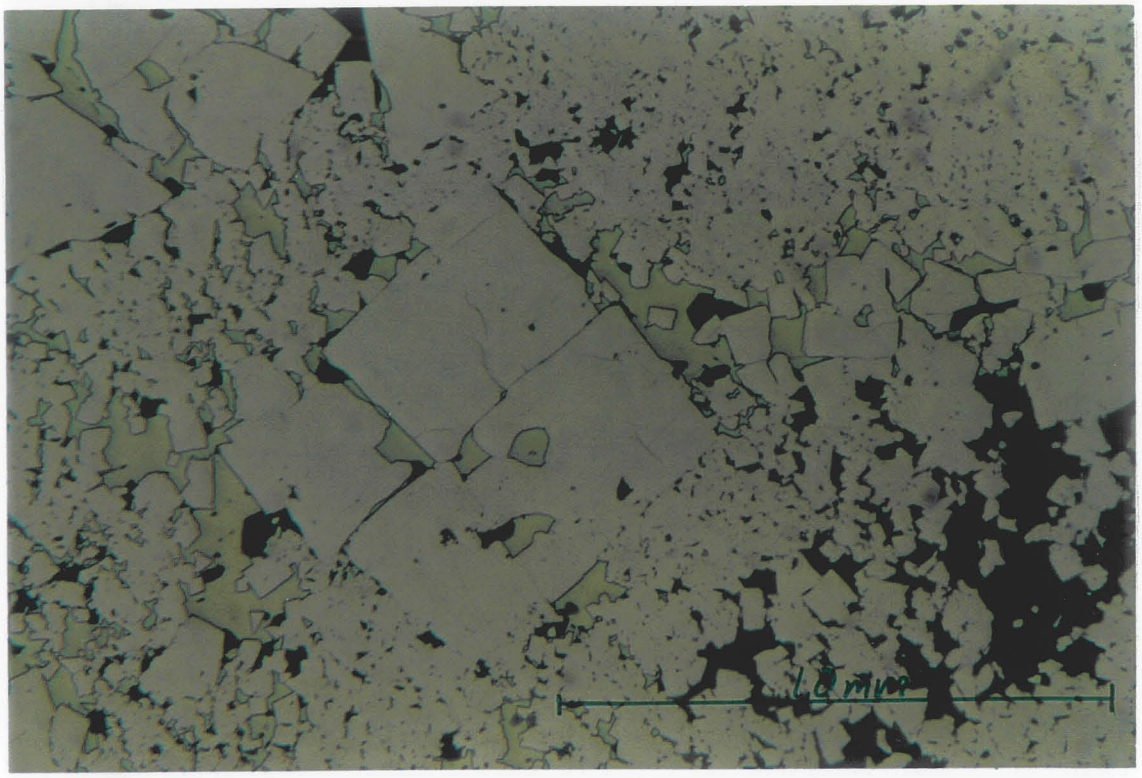
Figur 7. Kobberkis og magnetkis har erstattet pyritt i kantene og langs sprekker i pyrittkorn. Her opptrer også kobberkis som intergranulære "korn" i pyritten. Type 1. Slip 16.



Figur 8. Pyrittkorn i en matriks bestående av irregulære, anhedrale, monokline magnetkis- og kobberkiskorn. Type 2. Slip 7.

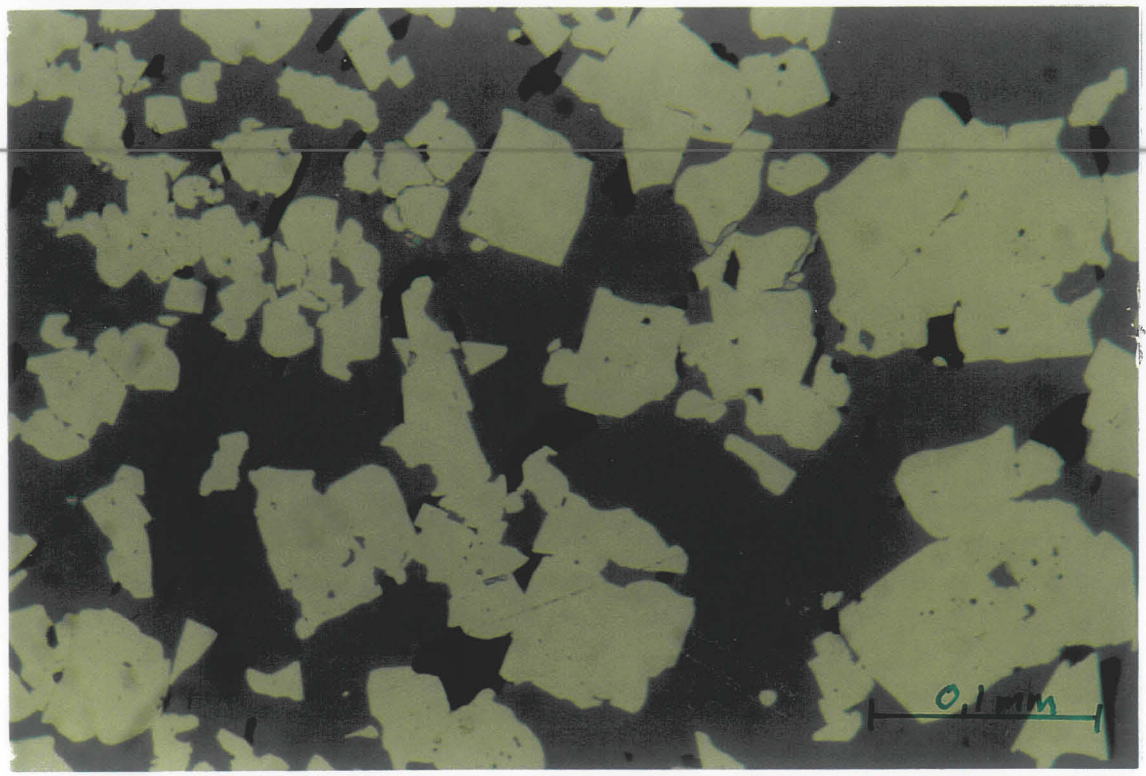
Figur 9. Pyritt og ukjent sølvmineral (?) i magnetkis- og kobberkismatriks. Type 2. Slip 7.





Figur 10. Kobberkis og sinkblende som erstatning langs kanter og i sprekker i pyritt. Type 3. Slip 19.

Figur 11. Sinkblende-rik malm med pyritt. Type 4. Slip 14.



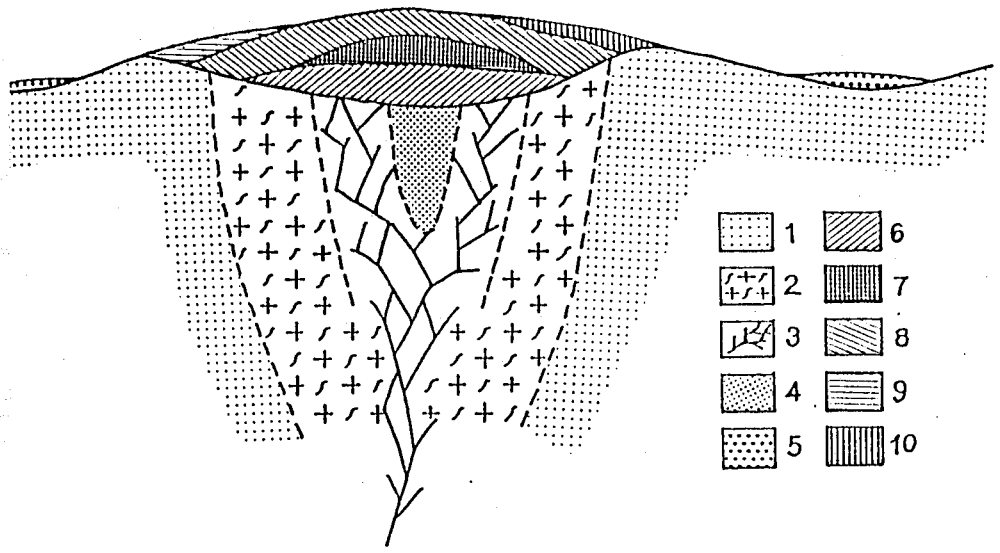
Feedersonen/sulfid-stringerfasen

Et stockwerksystem av sammenbundne pyrittiske kvarts-kalsittårer med assosiert utbredt hydrotermal sidesteinsomvandling opptrer i, og skjærer gjennom, det metafelsiske vulkanske komplekset direkte under den massive malmhorisonten, noe som tolkes som en feeder-sone eller rot-sone.

I tilfellet med Gjersvik-forekomsten, vil de individuelle tynne sulfidårene i feeder-sonen (vanligvis flere til titalls mm brede) ofte vokse sammen oppover langs sulfidhorisonten og inn i større mineraliserte soner som er flere meter brede og består av sulfidårer eller - kanaler som er tilknyttet mellomliggende omvandlinger eller tettere disseminerte sulfidmineraliseringer med intens omvandling i det keratofyriske pyroklastiske komplekset. Sonen med sterk omvandling er ofte assosiert med relativt sterk mineralisering karakterisert av disseminerte sulfider (fra noen få til ca. 40 vol.%) som for det meste består av pyritt (vanligvis over 80%) med mindre mengder kobberkis og spor av sinkblende og magnetkis. Den intermediære omvandlingssonen er karakterisert av sulfidmineralisering i små årer og ganger, og består enten av dominerende pyritt eller like mengder pyritt og sinkblende samt mindre mengder kobberkis. Den svake omvandlingssonen er kun assosiert med svak pyrittmineralisering (mindre enn 5 vol.%). Gangartsmineraler inkluderer kvarts, sericitt, albitt, kalsitt og mindre mengder kloritt.

Forekomstens sonering

Den massive malmhorisonten ligger direkte overlagret stringersonen, som representerer veien som de mineraliserte fluidene har beveget seg. I den massive malmkroppen opptrer en utpreget sonering der 5 forskjellige malmfacies er skilt ut (se **fig. 12**).



Ideal section and original zoning of the massive sulphide horizon, and of the hydrothermal alteration and mineralization in the feeder zone

1 - dark greenstone of tholeiitic composition; 2 - weak alteration zone (silicification) associated with slight pyrite mineralization within the keratophyric pyroclastic complex; 3 - moderate alteration zone (silicification, sericitization and carbonitization) with obvious veining, veinlet and stockwork pyrite, sphalerite, and chalcopyrite mineralization within the keratophyric pyroclastic complex; 4 - intense alteration zone (silicification, sericitization) with strong or slight disseminated Cu-rich pyrite mineralization within the keratophyric pyroclastic complex; 5 - magnetite-rich cherl; 6 - massive, compact pyrite + chalcopyrite ores; 7 - massive, compact pyrite + chalcopyrite + pyrrhotite ores; 8 - massive to banded pyrite ores; 9 - massive pyrite + sphalerite (with magnetite) ores; 10 - massive to banded pyrite + magnetite ores

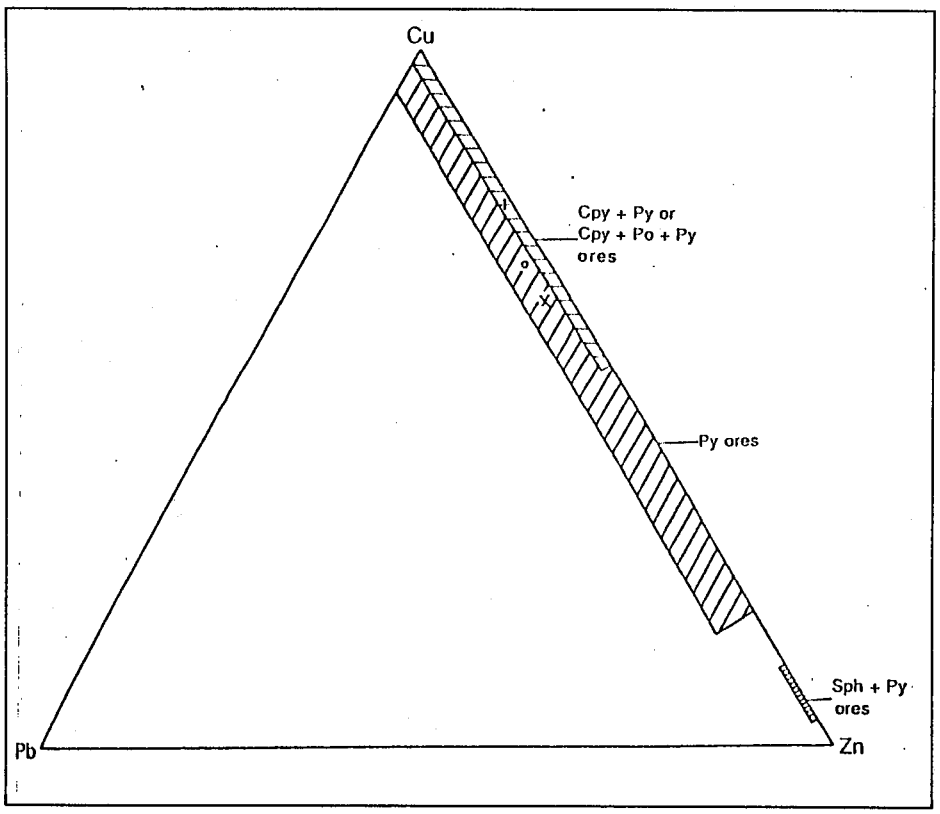
Figur 12. Ideelt snitt og opprinnelig sonering av den massive sulfidhorisonten. (Figuren er hentet fra Sun Haitian, 1991).

Hydrotermal sidesteins-omvandling

De hydrotermale omvandlingene er hovedsaklig, men godt, utbredt i forbindelse med feeder-soner og åremineraliseringen utgjøres av silisifisering, sericittisering, karbonatisering og klorittisering. På grunnlag av hovedmineralselskap, omvandlingsgrad og romlig fordeling, kan omvandligssoner knyttet til feeder-soner i de keratofyriske pyroklastiske kompleksene direkte under den massive sulfid-horisonten, deles i tre; svak, intermediær og intens.

Fordelingen av omvandlingssonene øker gradvis i "styrke" mot den massive sulfidhorisonten. Den svake omvandlingssonen er karakterisert ved mindre forskjeller fra uomvandlet metafelsiske pyroklastiske bergarter i mineralogi, mens den intense omvandlingssonen nesten utelukkende består av omvandlete mineraler (Sun Haitian, 1991).

Den svake omvandlingssonen er karakterisert av svak omvandling som innebærer silisifisering som opptrer utenfor de felsiske kompleksene ved siden av de intermediære og



Figur 13. Trekantplott av Cu-Zn-Pb i de forskjellige malmtypene i Gjersvikforekomsten.(Figuren er hentet fra Sun Haitian, 1991).

Forekomstens opprinnelse

Geologiske miljø

Det er antatt at forekomsten opptrer i en umoden eller primitiv vulkansk øybue som ble bygd opp på havbunnen i forbindelse med riftmiljøene der kontinentalskorpe er totalt fraværende og sediment-tilførsel fra kontinentene ikke forekommer. Studier av den vulkanske stratigrafiske rekkefølgen viser ut fra petrologi og geokjemi at tidlig riftingsaktivitet var karakterisert av vulkanske prosesser av de udifferensierte tholeiittiske basaltene som var relatert til subduksjon mellom havbunnsplatene. Det senere utviklede rift-miljøet var assosiert med nye vulkanske prosesser av de differensierte tholeiittiske basaltene som kom fra dypere mantelkilder. De keratofyriske pyroklastiske kompleksene ble dannet i et tidsrom mellom de tidlige og sene stadier av riftingen. Den massive sulfidmineraliseringen er assosiert med de keratofyriske pyroklastiske kompleksene, som er kontrollert av ekstensjonsforkastninger; noe som indikerer at sulfidmineraliseringen også kontrolleres av disse.

Malmdannende system

Mineralisering i Gjersvik-øybuen kan tilsynelatende deles inn i tre typer: massive sulfidmalmer assosiert direkte med en feeder-zone, ekshalative sedimenter og åre-sulfidmineralisering; de to siste typene uten noen verdi når det gjelder utvinning. Den massive sulfidhorisonten er hovedsaklig assosiert med de keratofyriske pyroklastiske kompleksene. De ekshalative sedimentene er for det meste tilstede i de mørke grønnsteinene (putelavaen) som en distal utvidelse av de ekshalative massive

sulfidhorisontene, eller ligger mellom mørk og lys grønnstein, se det vertikale profilet i **vedlegg 3**.

Åremineraliseringen knyttet til tilstedeværende hydrotermal omvandling, er begrenset til å opptre i de underliggende mørke grønnsteinene. Noe som er mer interessant er at åre-mineraliseringen og feeder-sonen direkte under den massive sulfidhorisonten er overensstemmende når man ser på både metalliske mineraler og de omdannede mineralselskapene så vel som omvandlingstyper. De ekshalative sedimentene kan også sammenlignes med de massive sulfidkroppene når man ser på mineralselskapet. Videre er massivmalmen hovedsaklig finkornig, kompakt og massiv i de sentrale delene av malmkroppen som ofte går over til båndete malmtyper når man beveger seg opp- og utover mot de mørke grønnsteinene. De ekshalative sedimentene har en finkorning tekstur og inneholder ofte veldig gode primære sedimentære bånd eller lamina til tross for senere foldinger.

Sonering i den massive sulfidmalmen både når det gjelder mineralselskap og metallsammensetning viser en opprinnelig og genetisk opptreden relatert til akkumulasjon av en sulfid-voll rundt en åpning. Ut fra foreliggende observasjoner, er det derfor naturlig å anta at disse tre typene av mineralisering har en primitiv og genetisk sammenheng ved de malmdannende prosessene. De massive sulfidene med feeder-sonen er foreslått å være dannet på eller nær utløpet (åpningene) av de submarine hydrotermale systemene.

Åremineraliseringen representerer antakeligvis et produkt fra reaksjonen mellom sirkulerende hydrotermale løsninger langs sprekkesoner og underliggende tholeiittiske basalter. De ekshalative sedimentene tolkes til å være dannet ved kjemisk utfelling av kolloidale jernpartikler og silika, eller deres oksider i distale eller stratigrafisk høyere posisjoner i forhold til malmkroppen som følge av eksplosiv spredning i det reduserende submarine miljø.

Physico-kjemiske forhold

Mineraliseringen i Gjersvik øybuekompleks er hovedsaklig relatert til en periode med felsiske magmatiske prosesser mellom avsetninger av tholeiittiske basalter. Metabasaltene, spesielt de relativt eldre mørke grønnsteinene er nært knyttet til de submarine putestrukturene og vesikulære teksturene som indikerer et dypvannsmiljø. Kantene rundt putene i den mørke grønnsteinen er ofte assosiert med pyritt, noe som er en god indikator på distal mineralisering.

Mineraliseringen er tolket til å være dannet hovedsaklig i det sterkt reduserende miljø der løsningene ble utfelt. Tolkningen bygger på at den massive malm-horisonten hovedsaklig består av pyritt, kobberkis, magnetkis og sinkblende med mindre mengder magnetitt, mens de ekshalative sedimentene for det meste består av magnetitt og pyritt. Sammensetningen av metalliske mineraler i malmen har vist at forekomsten ble dannet ved relativt høye temperaturforhold, sannsynligvis over 300^0 C. Soneringen i forekomsten viser at de sentrale facies (pyritt + kobberkis og pyritt + kobberkis + magnetkis) ble dannet under forhold med de høyeste temperaturene relativt til de utenforliggende facies (pyritt og sinkblende + pyritt og pyritt + magnetitt) (Sun Haitian, 1991).

Malmdannende løsning

De petrologisk tydelige omvandlingssonene som opptrer i de keratofyriske pyroklastiske kompleksene direkte over den massive malmhorisonten, eller i den underliggende mørke grønnsteinen, er tolket til å være dannet ved en progressiv reaksjon mellom stigende malmdannende løsninger og sidesteinen i et sirkulerende hydrotermalt system. De hydrotermale omvandlingene utgjøres for det meste av silisifisering, sericittisering og karbonatisering, samt mindre og variabel klorittisering (Sun Haitian, 1991). Sericittiseringen er et resultat hovedsaklig fra dannelsen av omvandlet sericitt ved nedbrytning av albitt i feeder-sonen, eller det kan skyldes erstatning av kloritt i den underliggende åremineraliseringen under forhold med tilførsel av K-rike fluider. Silisifisering og karbonatisering er resultat av utfelling av kvarts og kalsitt ved hydrotermal omvandling. Kjemiske undersøkelser av omvandlingssonene har vist at K, Ca, Si og Mg er de viktigste tilførte komponentene, mens Na og Al er de viktigste komponentene som er gått tapt.

På den andre siden er samlingen av gangartsmineralene i den massive sulfidmalmen hovedsaklig kvarts og kalsitt. Disse to mineralene har paragenetiske teksturer med sulfidkornene og opptrer som tynne bånd som veksler med sulfidbånd, noe som er en tydelig sedimentær opptreden.

I feeder-sonen og i åremineraliseringene opptrer kvarts og kalsitt stort sett som en hydrotermal innfylling, som erstatningsmineraler og som utfelte mineraler sammen med andre omdannede mineraler. Affiniteten til mineralkomponentene i den massive malmen og i feeder-sonen viser at Si, CO_2 og Ca har spilt en viktig rolle i de malmdannende løsningene som sulfidene ble utfelt fra. Forskjeller i teksturer og opptreden viser ulike måter og forhold som utfellingen har skjedd under (Sun Haitian, 1991).

Kilder til malmdannende material

Cu, Zn og Fe som de viktigste malmdannende metaller i Gjersvikforekomsten antas å være hovedsaklig utlutet fra den underliggende mørke grønnsteinen som de malmdannende løsningene passerte gjennom. Denne konklusjonen har basis i sammenlikning av forholdene mellom Cu, Zn og Pb i malmen med andre viktige, men forskjellige typer av bergarter i Gjersvik-øybuen.

Drift i Gjersvik

Innledning

De første skjerpinger i Gjersvik-feltet ble gjort i 1910, og diamantboringer ble utført i 1911 og 1912. Allerede i 1911 kom det på tale å danne et aksjeselskap med tanke på drift i Gjersvik-feltet. Et norsk selskap, A/S Elektrokemisk Industri, ble støttet av fransk kapital. Selskapet ble konstituert i 1912, og dermed var Grong Gruber A/S formelt etablert. Aksjekapitalen utgjorde 6,4 millioner kroner, fordelt på 3400 aksjer. Vegarbeid fra Brekkvasselv til Gjersvik startet med stikking av vegen i 1912, og i 1914 var veganlegget nesten fullført. Bare en kort strekning helt framme ved Gjersvika var ikke ferdig gruset. Sommeren 1914 gikk man så løs ved selve gruvestedet. I Gjersvik var det satt opp kontorbygg, brakker og boliger. Det var etablert handel, og man fikk posthus og sykestue, samt en liten kraftstasjon.

I august 1914 mottas et telegram som forteller at det er brutt ut krig mellom Tyskland og Vestmaktene. Virksomheten tok med ett slag slutt.

I over 30 år lå virksomheten i Gjersvik nede. Gruveselskapets forsøk på å finne interesse for å sette i gang produksjon, lykkes ikke. Flotasjonsforsøk med Gjersvik-malmen ble prøvd i 1930-årene, uten tilfredsstillende resultater. Nye diamantboringer, flotasjonsforsøk og prosjekteringer på 1950-tallet førte til at tanken om produksjon i feltet måtte skrinlegges (Ola Hjulstad, 1982).

Steinar Foslie rapporterer fra Gjersvikfeltet i NGU-skrift nr.127 fra 1926. Han beskriver forekomsten utfra 21 borhull og 3 stoller, og mener forekomsten er godt kjent i sin utstrekning. Foslie har også utført en malmberegning som gir følgende resultater:

	Tonnasje	% S	% Cu
Kobbermalm	54 000	20	6,3
Kobberrik svovelkis	220 000	42	4,5
Kobberholdig svovelkis	963 000	42,3	1,7
Oppredningsmalm	185 000	44	2,1
Sannsynlig og mulig malm	Intet		
Totalt	1 422 000	42,5	2,2

Tabell 1. S. Foslies malmberegning fra 1926.

I ettertid har det vist seg at denne malmberegningen er utilstrekkelig fordi den i likhet med prøvetakningen forutsetter at man tar ut en større mengde gråberg som er holdt utenfor gehaltsberegningen. De høye gehaltene skyldes dels at analysene ligger konsekvent høyt i forhold til nyere analyser, dels at kjernetap i malmsonen ikke er tatt hensyn til, og dels at spesifikk vekt for gråberg er satt til 2,6 g/cm^3, mot 2,8 i de nyeste malmberegningene.

Nyere malmberegninger gir følgende resultater:

År	Kilde	Malmareal (m^2)	Mektighet (m)	Spes. vekt (g/cm^3)	Tonnasje (tonn)	% Cu	% Zn	Metode
1967	Dir. Larsen og Gjestad	88 854	4,59	4,01	1 637 538	1,57	0,90	Polygon
1973	Ø. Pettersen	77 786	5,61	3,72	1 622 089	1,55	0,84	Polygon
1996	O. Eriksen	71 171	5,6	4,1	1 619 110	1,71	1,03	Polygon

Tabell 2. Nyere malmberegninger

Beregningene fra 1967 og 1973 bygger på langt flere diamantborhull enn de eldre (87 mot 21 borhull). I tillegg har de bedre kjernedekning og bygger på mer omfattende prøvetaking enn de tidligere beregningene.

De siste malmberegningene utført av gruvemåler Ola Eriksen (Norsulfid A/S, avd. Grong Gruber) og bekreftet av undertegnede, bygger på 178 borhull med en samlet kjernelengde på 5 987 m.

I august 1992 forelå det på grunnlag av malmberegninger fra 1973, en anbefaling fra adm.direktør Arve Haugen om å starte brytning av malm i Gjersvik. I 1993 (uke 32), 80 år etter de første planene, var den første malmtransporten på vei fra Gjersvik til Joma.

Produksjon

Innledning

Driften i Gjersvik begynte så smått i uke 32 i 1993. Siden dengang , ved avslutning av driften den 13. februar 1998 er det tatt ut 514 600 tonn med gjennomsnittlig 1,77% Cu og 0,79% Zn. I **tabell 3** er det satt opp en oversikt over resultatene i årenes løp. **Vedlegg 4** viser de områdene hvor driften har vært konsentrert på halvårsbasis fra produksjonsstart.

Mannskap, maskinpark og utstyr

Mannskapet i Gjersvika har for det meste bestått av 1 gruvemåler/driftsingeniør, 1 arbeidende stiger, 1 reparatør og 4 gruvearbeidere (arbeiderne behersker alle kjøretøyene, reparatøren og stigeren noen). Driften har foregått på to skift.

Maskinene er alle dieseldrevne og har stort sett bestått av 2 hjuldrevne lastere (Toro 500 DL), 1 borrigg (Strømnes 252 m/2 bommer og 14 fots borstenger, elektrisk-hydraulisk drevet), 1 renskerigg (Scamec 2000), 1 lade-/bakstuffrigg (Volvo BM 860), 1 traktor m/graver (til rensking foran stuff), 1 traktor med kompressor for lading, samt 3 varebiler [illegible]ll- og varetransport. Høsten 1997 var også en langhullsrigg (Tamrock Data-[illegible]svik på utlån fra Joma.

[illegible]ide i grunnstollen er det plassert en container med et komplett [illegible]er for olje. En container med sprengstoff har tidvis vært plassert [illegible]yttet ut grunnet plassmangel.

Ventilasjonen besørges av et blåsende system som suger inn luft ved dagåpningen, og en sugende vifte plassert i den gamle feltorta øst i forekomsten. I tillegg er det en nødfaring/ventilasjonssjakt i de nordvestre deler av forekomsten som fungerer som en naturlig ventilasjon for luft ut fra gruva.

Driftsvann til gruva føres i rør fra Langtjønna nordvest for gruva. Siden det er relativt lite naturlig tilsig av vann til gruva, er ikke behovet for et stort utpumpingssystem i de dypere deler av gruva tilstede. 3 pumpesumper har imidlertid vært i bruk for utpumping av vann høsten 1997, grunnet drift i de sydligste områdene. Vannmengden som pumpes ut er ca. 11-15 000 m^3 pr. år. Det er etablert en slam- og oljeavskiller i grunnstollen, samt et settlingsbasseng i den gamle dagåpningen, 20 m øst for dagens. Røret som vannet renner ut i den regulerte innsjøen Limingen gjennom ligger på 10 m vanndyp ved laveste vannstand. Det utpumpede vannet er ikke påvist å forurense vannet i innsjøen.

Ved sprengning brukes sprengstoff fra Dyno. Bulksprengstoffet Anolit brukes som pipeladning, Dynamit som bunnladning og opptenning av Anoliten, og det ikke-elektriske tennersystemet Nonel LP som brukes i kombinasjon med detonerende lunte. Dette systemet har vist seg å fungere godt. Sprengninger har skjedd hovedsaklig ved arbeidsdagens slutt kl 2130. Dette for å unngå sprenggasser, som vil være luftet ut til neste arbeidsdag.

Malmtransporten til Joma besørges av lokale entreprenører med lastebiler og semitrailere som tar ca. 28 tonn.

Driftsmetoder

På grunn av forekomstens opptreden og beliggenhet i forhold til dagen, har den mest vanlige driftsmetoden vært konvensjonell ortdrift. I oppstartsfasen utvidet man tverrsnittsarealene i de gamle stollene og ortene med bruk av vanlig ortrigg. Da dette arbeidet var utført, drev man ortene videre i de sentrale og østlige deler av forekomsten. I årenes løp har man også benyttet en form for rom og pilar-driving som kan kalles strossing med gjensetting av fester.

Disse driftsmetodene har vært de eneste aktuelle på grunn av malmens mektigheter som har vært i området 1-8 m. Arealet på ortene har vært ca. 25 m^2, noe som har gitt et volum på ca. 100 m^3 stein pr.salve. Dette medfører at salvene har gitt ca. 400 tonn malm. Salvedeling og selektiv bryting har også vært utført der dette har vært påkrevd.

I et område (sentralt og øst, i orta kalt ON2, se **vedlegg 2**) er det også benyttet en langhullsrigg for langhullsbryting. I disse områdene har mektighetene på den massive malmen og impregnasjonsmalmen vært opptil 15 m, slik at vanlig ortdrift med heng-strossing hadde blitt utforholdsmessig dyrt og lite effektivt.

I det siste driftsåret har man hovedsakelig konsentrert seg om tilbaketrekking med slanking/røving av pilarene i form av heng-, ligg- og sidestrossing.

Driftsresultater

Det første driftsåret var det relativt liten produksjon i Gjersvik. Dette skyldes at oppfaring og tilredning først ble igangsatt i midten av april, med produksjonsstart først i uke 32. I de gamle stollene måtte tverrsnittsarealene utvides fra ca. 8 m^2 til 35 m^2 inn til verkstednisja, og videre innover gruva til 25 m^2. Diverse andre anlegg måtte også installeres. Dette resulterte i et halvårsresultat på tilnærmet 22.000 tonn. Gehaltene er usikre siden det ikke ble foretatt stuffanalyser, men de antatte verdiene fremkommer av **tabell 3**. I 1994 økte produksjonen til nærmere 100.000 tonn, med sikre gehalter på 1,62% Cu og 0,86% Zn. Året 1995 ga gehaltsøkninger hva gjelder kobber, men lavere sink, mens 1996 kun ga en liten økning i kobber. Årene 1995 og 1996 ga i overkant av 120.000 tonn råmalm. I 1996 ble det stort sett drevet i de nordlige områdene i forekomsten (se **vedlegg 4**), og det var en del overraskelser i positiv retning som dukket opp. Resultatene hva angår tonnasjen overskred forventningene.

For året 1997 endte produksjonen på 130 000 tonn med 1,94% Cu og 1,01% Zn. Prognosene som tilsa store mengder sink, slo feil. Ut fra malmberegningene skulle det være mulig å få ut relativt mye, men på grunn av beliggenheten (se vertikalprofilene i **vedlegg 14 og 15**), viste det seg umulig å få tatt ut forventet tonnasje. Driftsåret ellers var stort sett preget av tilbaketrekking, kun noen få orter og områder ble drevet videre. Strossing av sider, ligg og heng var den vanligste metoden. I områder med spesielt gode gehalter, gikk man gjennom pilarene. At sidestrossing ble benyttet framfor flere tverrslag, skyldes malmens opptreden. Ved sidestrossing fikk man mindre gråbergstilblanding, og når man har i bakhodet at malmen stuper ca. 20^0 mot sør, ser man at dette har vært en fornuftig vurdering. Malmens heng og ligg er fulgt meget nøyaktig, og gråbergstilblandingen har vært minimal.

I 1998 var det kun små mengder malm igjen i Gjersvik. Det dreide seg om litt strossing av sider og ligg, samt langhulls-området i ON2. Produksjonsresultatet ble 19 800 tonn med 2,02% Cu og0,25% Zn.

I **vedleggene 23 og 24** kan man se den kvartalsvise produksjonen når det gjelder både tonnasje og gehalter i hele produksjonsperioden.

Som **tabell 3** viser, er det totalt tatt ut 514 600 tonn med 1,77% Cu og 0,79% Zn. Fra en gjennomført pilarberegning viser det seg at det som står igjen i de 53 pilarene, er 240 400 tonn med gjennomsnittsgehalter på 1,91% Cu og 0,61% Zn. Mange pilarer er kraftige (se kart i **vedlegg 25**), dette skyldes at gehaltene til dels er for lave til at det pr. i dag kan drives økonomisk forsvarlig og at det er naturlig at pilarene som er slanket, står igjen på grunn av overdekningen og bergmekaniske/-tekniske forhold.

Produksjonsår	%Cu	%Zn	Tonnasje
1993	1,75	1,00	23 000
1994	1,60	1,00	97 000
1995	1,72	0,71	120 800
1996	1,73	0,42	124 000
1997	1,94	1,01	130 000
1998	2,02	0,25	19 800
[redacted]	**1,77**	**0,79**	**514 600**

Tabell 3. Produksjonsresultater for Gjersvik

Malmreserver og mineralressurser

Ut i fra den siste malmberegningen er det utarbeidet en oversikt over malmreserver og mineralressurser etter metoden beskrevet i "Australasian code for reporting of identified mineral resources and ore reserves" fra 1996. Alle tallene presenteres som in-situ verdier i **tabell 4**.

Malmreserver

Malmreservene er som **tabell 4** viser på 240 400 tonn, med gehalter på 1,91% Cu og 0,61% Zn. Ut fra budsjettpriser for 1998 på 13460 kr/tonn for kobber og 8710 kr/tonn for sink, og med en definert cut-off verdi på 1,85% Cu-ekvivalenter, er de eneste påviste reservene bundet opp i pilarer som må stå igjen. Dette medfører at man mener å ha tatt ut all drivverdig malm. *

skal være 2,31%

Mineralressurser

Kategori	%Cu	%Zn	Tonn
Malmberegning	1,71	1,03	1 619 110
Produksjonsresultat	2,01	0,89	453 028
Malmreserver	1,91	0,61	240 400
Mineralressurser	1,51	1,21	925 682

Tabell 4. Påviste mineralressurser in-situ.

Som det fremgår av **tabell 4** er de påviste og bekreftede mineralressursene på 925 682 tonn med 1,51% Cu og 1,21% Zn. At dette kun regnes som ressurser skyldes dels lave mektigheter, dagnære mineraliseringer, lave gehalter og vanskelige og uøkonomiske driftsforhold. Produksjonsresultatet for mineralressursberegningen er korrigert for en gjennomsnittlig gråbergstilblanding på 12%, noe som er trukket fra tonnasjeverdiene i tabell 3. Dette medfører dermed økte gehalter og redusert tonnasje.

* **Rettelser:**

s.31: Det står at definert cut-off er på 1,85 %Cu-ekvivalenter. Det riktige tallet er 2,31 %Cu-ekvivalenter.

Kostnader og produktivitet

Kostnader

Gjersvik-forekomsten ligger 25 km fra Joma. Siden også oppredningsverket ligger i Joma, medfører dette store kostnader i forbindelse med transport av malm fra Gjersvik. Kostnader for fordring er i størrelsesorden 21,56 kr/tonn (1993) til 26,21 kr/tonn (1997) for malmen fra Gjersvik, mot Jomas 6,55 kr/tonn (1994) til 10,69 kr/tonn (1997). Både boring, lading og lasting av malmen i 1997 var rimeligere i Gjersvik enn i Joma. Dette skyldes i stor grad at Gjersvik er en liten gruve med vellykkede sprengninger (få pilsalver) og kort avstand fra stuff til lastenisjen, samt at driftsmetodene har vært som beskrevet.

Driftskostnadene i Gjersvik har avtatt med årene, noe som hovedsaklig skyldes avskrivning av lån på driftsutstyret (under posten fellesutgifter i **vedlegg 26**). Men også kostnadene i forbindelse med boring, lading og lasting har avtatt.
I **tabell 5** er det satt opp en del nøkkeltall (oppgitt i kr pr. påsatt tonn) for Gjersvik sammenliknet med Joma, som det er naturlig å sammenlikne med. Alt tallmateriale er hentet fra interne kostnadskalkyler i bedriften som omfatter kostnadene i årene 1993-1997. Disse kalkylene er ikke fullstendige, da en del kostnader kun belastes Joma. Dette gjelder blant annet knusing, felleskostnader og en del lønninger i administrasjonen (gruvesjef, gruvemåler, etc.).

KR PR TONN

	Gjersvik	Joma
Boring	5,91-12,18	6,86-9,93
Lading	6,33-16,21	5,97-10,99
Lasting	5,13-6,36	5,97-9,60
Fordring	21,56-26,21	6,55-10,69

Tabell 5. Nøkkeltall for kostnader/påsatt tonn for Gjersvik sammenliknet med Joma, 1993-1997.

Produktivitet

Produktiviteten i Gjersvik må sies å være relativt høy. Statistikken i **tabell 6** bygger på tallmateriale fra 1995-97, for årene 1993 og 1994 er det ikke ført separate statistikker hva angår antall timer. Tabellen viser at Gjersvik har en produksjon fra 7,85 tonn/time i 1995, 8,57 tonn/time i 1996 til 9,85 tonn/time i 1997.

I tillegg til dette viser tabellen at Gjersvik har sørget for mer og mer malm i de aktuelle årene, samtidig som antall arbeidstimer har øket i forhold til totalen. Dette skyldes nedbemanning i Joma.

Det som imidlertid er viktigst i denne sammenhengen, og som direkte kan sammenliknes, også med andre gruver, er antall produserte tonn pr.time.

Produktivitet i Gjersvik sammenliknet med Joma, pr. 010198

Prosentsats viser hvor mye Gjersvik utgjør av det totale

		Total	Joma	Gjersvik	Prosentsats
Produksjon (tonnasje)	1995	635350	514550	120800	19,01
	1996	561381	437390	123991	22,09
	1997	457440	327226	130214	28,47
		Totale timer	**Joma**	**Gjersvik**	**Prosentsats**
Timer (inkl. overtid)	1995	73046	57663	15383	21,06
	1996	60583	46109	14474	23,89
	1997	55354	42140	13214	23,87
		Totalt	**Joma**	**Gjersvik**	
Tonn/time	1995	8,70	8,92	7,85	
	1996	9,27	9,49	8,57	
	1997	8,26	7,77	9,85	

Tabell6. Produktivitet i Gjersvik sammenliknet med Joma for årene 1995-1997.

Kvalitetssikring og prøvetakningssystem

For kontinuerlig å kunne kontrollere gehaltene i forekomsten, utføres det fire typer kvalitetskontroll (omtalt i avsnittet under). I tillegg til disse foretas det stikkprøver av pågangen til oppredningsverket i Joma flere ganger i døgnet. Imidlertid vil Gjersvikmalmen og malmen fra Joma blandes i grovknuseren, slik at analyseresultatene kun gir en pekepinn på gehaltene i de to forekomstene. Dette krever nøye oppfølging av hva som til enhver tid kjøres inn i grovknuseren, og derfor utføres det jevnlig kontroll av dette.

Prøvetakingssystem i Gjersvik

1. Diamantboringer. Det er i alt utført 21 boringer i 1912 (borhull nr. 1-21), 26 boringer i 1956-58 (borhull nr. 22-48) og 37 boringer i 1962 (borhull nr. 49-60 og 203-229), noe som gir en total på 84 borhull for de eldre undersøkelsene. På 90-tallet er det gjort kompletterende undersøkelser; i 1993 ble det boret 48 hull (borhull nr. 61-107, samt nr. 120), i 1994 13 borhull (nr. 108-119, samt 121) og i 1995 ble de siste 30 borhullene boret opp (nr. 122-151). Totalt gir dette at Gjersvikforekomsten er beskrevet av 178 borhull. Samlet lengde av de tidligere borkjernene er 2172m, mens kjernene fra 1993-1995 har en lengde på 3815m, noe som gir en total på 5987m som beskriver forekomsten. Borhullene er ikke utsatt etter et bestemt rutenett, og borhullene er heller ikke avviksmålt. Logging av kjernene gir svar på mektigheten til malmen i de aktuelle posisjonene, malmens gehalter, dens spesifikke vekt og eventuelle geologiske strukturer som kan ha betydning for driften.

2. Stuffkartering. Mellom hver salve blir stuffen kartlagt av en geolog/ malmkontrollør. Kartene er detaljrike, noe som skyldes at malmen er komplisert når det gjelder strukturelle forhold. Kartene brukes i planleggingsfasen for å kunne dirigere

ortdriften. I tillegg er stuffkartering nødvendig for å klare og konstruere tverrsnitt/ vertikale profiler, men også for å tolke strukturer observert i diamantborhullene.

3. Borkaksprøver. Operatørene på boreriggen har ansvaret for å samle inn borkaks fra hver ortsalve. Borkaks fra flere borehull fordelt på det ønskede arealet samles i en bøtte. Borkaksprøvene brukes i vurdering av malmkvaliteten i en ort, og resultatene gir en pekepinn på om orta er drivverdig eller ikke. I tillegg brukes prøveresultatene i produksjonsplanleggingen som en indikasjon på kvaliteten.

4. Knakkprøver og slissprøver. Disse to metodene for prøvetaking foretas av geologen/ malmkontrolløren, som samler inn en representativ prøvemengde. Metodene blir brukt i mindre utstrekning enn borkaksprøvetakning, siden resultatene kun representerer et areal og ikke et volum.

Borkaksprøvene og eventuelle andre prøver leveres til laboratoriet i Joma for analyse ved bruk av absorbsjonsspektrometer, der prøvene analyseres på Cu, Zn og i noen tilfeller på Fe og Ag.

Stuffprøvetaking versus malmberegninger

Totalt er det i årene 1994-1997 foretatt 504 prøver (pr. 311297) i form av borkaks-, knakk- og slisseprøver. Disse prøvene gir gjennomsnittsgehaltergehalter på 1,71% Cu og 0,52% Zn og representerer ca. 60% av den produserte malmen. Sammenliknet med de siste malmberegningene fra 1996 viser det seg at Cu-gehaltene er nøyaktig like, mens Zn-gehaltene er høyere i malmberegningen. Dette skyldes at de rikeste Zn-områdene ligger for nært dagen til å kunne utnyttes (se **vedlegg 14** og **15,** profil nr. X-764120 og X-764140). Disse resultatene viser derfor at det er godt samsvar mellom analysene av diamantborkjerner foretatt før driftsstart, og analysene fra stuffen under drift.

Når stuffprøvene inndeles i klasser på 0,25% Cu og Zn, framkommer frekvenshistogrammene i **vedleggene 27** og **28**. Disse diagrammene kan sammenholdes med kartet i **vedlegg 4** og produksjonsresultatene i **tabell 3** for å få en oversikt over hvilke områder som ble drevet og hva de ga av tonnasje og gehalter.

Sluttord

Med dette er enda et kapittel i norsk bergverkshistorie skrevet. Det skulle gå 80 år fra de første planene ble lagt til de ble realisert. Og realiseringen kom som et resultat av at et annet bergverk som allerede var iverksatt (Joma), trengte tilskudd av malm fra en satellitt-gruve. Produksjonsresultatet har vært såpass bra at gruven i dag anses som tømt.

Denne sluttrapporten har forsøkt å oppsummere det vesentligste vedrørende Gjersvik-forekomstens geologi og drift.

Referanser

Haitian, Sun. 1991: Geology of the volcanogenicmassive Cu-Zn sulphide deposits in Gjersvik area, Central Norway. Universitetet i Trondheim, Norges Tekniske Høgskole.

Hjulstad, Olav.1982: Grong Grubers historie 1912-1982.

Lutro, Ole. 1979: The geology of the Gjersvik area, Nord-Trøndelag, Central Norway. Norges geologiske undersøkelser 354, 53-100.

Outokumpu Metals & Resources OY, Mine Technology Group. 1996: Evaluation Procedures Manual, mining.

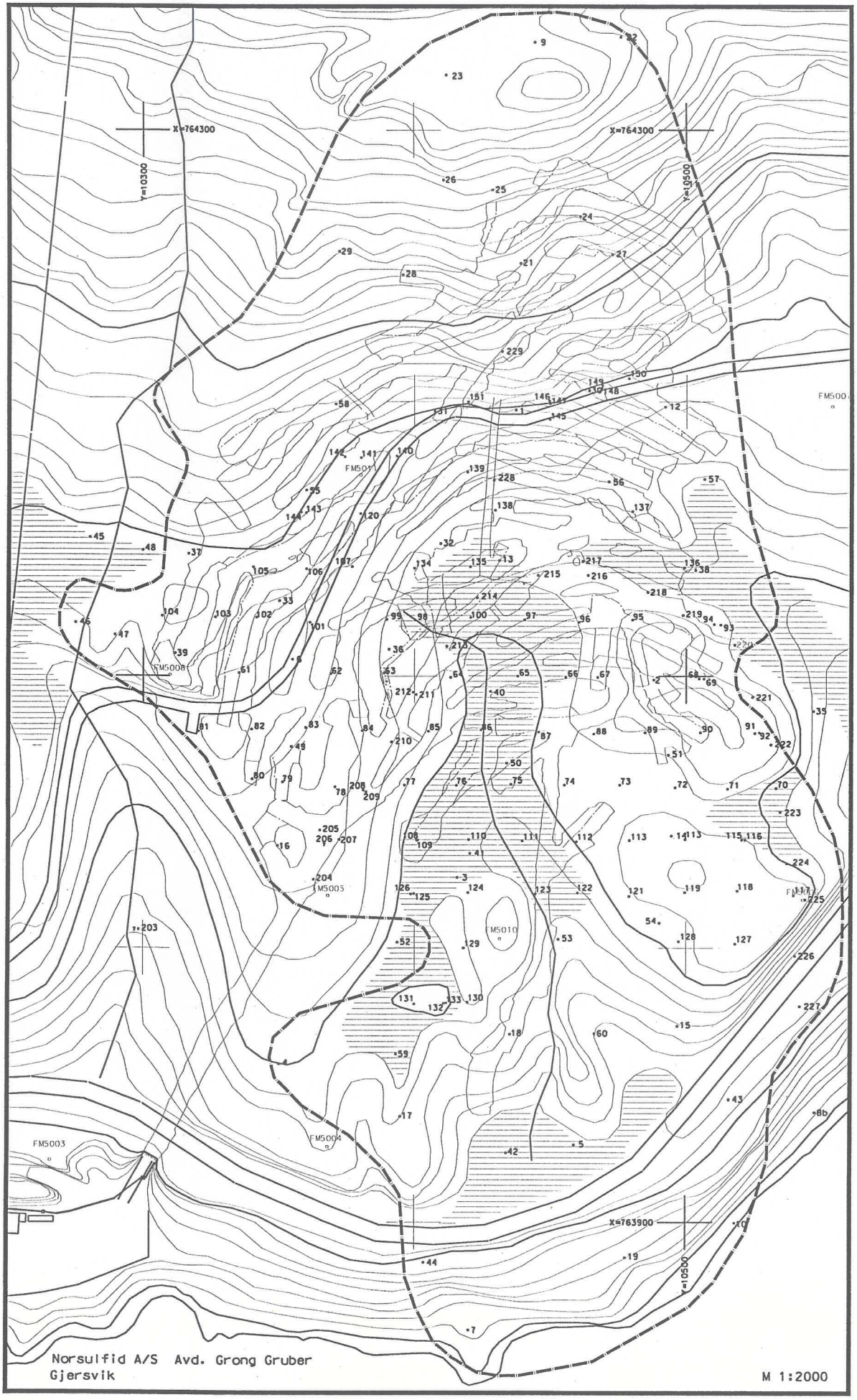
Pettersen, Øystein. 1973: Upublisert rapport internt i Grong Gruber.

Stephens, Michael B et al..1986: Stratabound sulphide deposits in the Central Scandinavian Caledonides. 7th IAGOD SYMPOSIUM, excursion guide no. 2, 1986. SGU, avhandlingar och uppsatser i A4, Nr. 60.

Vedleggsoversikt

Vedlegg 31: Gruvekart med liggpunkt. Målestokk 1:500.

Vedlegg 1



p:\gruve\dgn\gjtopo.dgn Jan. 30, 1998 22:20:00

Vedlegg 2

Norsulfid A/S - Avd. Grong Gruber

GJERSVIK - POLYGONKART

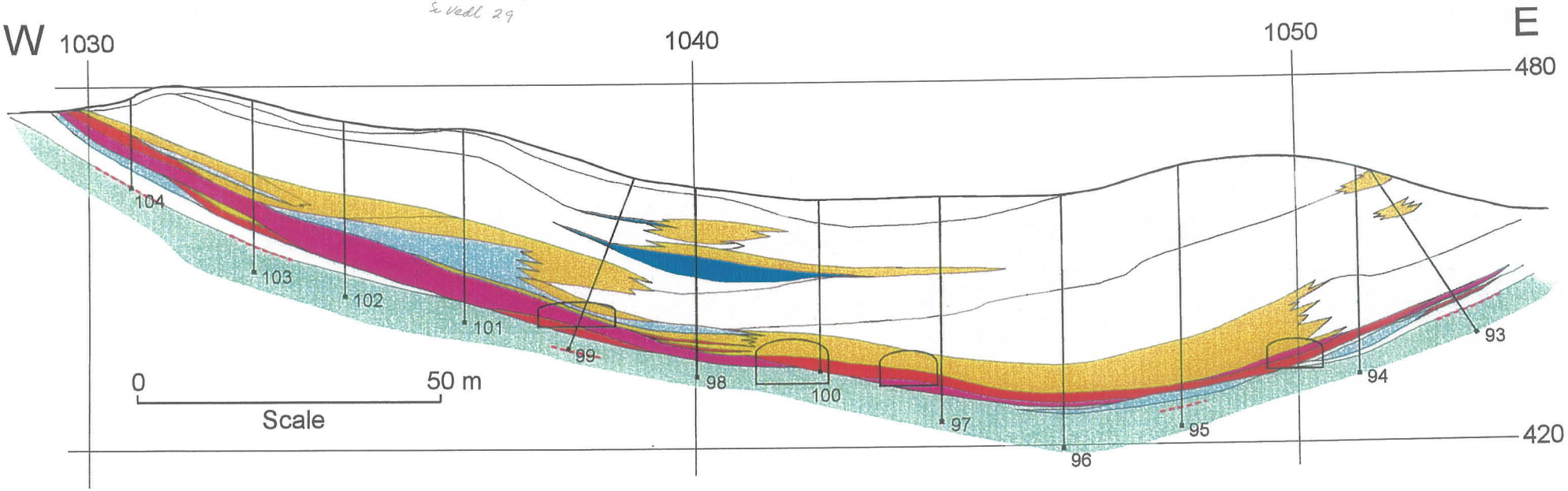
M 1:2000

p:\gruve\dgn\gjpolygn.dgn Jan. 30, 1998 22:16:56

Vertical cross-section, Gjersvik Mine

profile X764120

Se vedl 29



Ore types

- Massive pyritic (<1.5 % Cu and <1.5 % Zn)
- Cu-rich massive pyritic (1.5-3.0 % Cu)
- Zn-rich massive pyritic (>1.5 % Zn and <1.5 % Cu)
- Cu-rich massive pyrrhotitic (>3.0 % Cu)
- Disseminated ore (>1.5 % Cu or >1.5 % Zn); veins and disseminations in dark qtz-chl and pale qtz-sericite alteration rocks

Country rocks

- Felsic metavolcanite, partly altered with sulphide veins and disseminations
- Dark, qtz-chl-rich altered metabasalt with sulphide veins and disseminations
- Dark, massive metabasalt
- Magnetite-bearing recrystallised chert

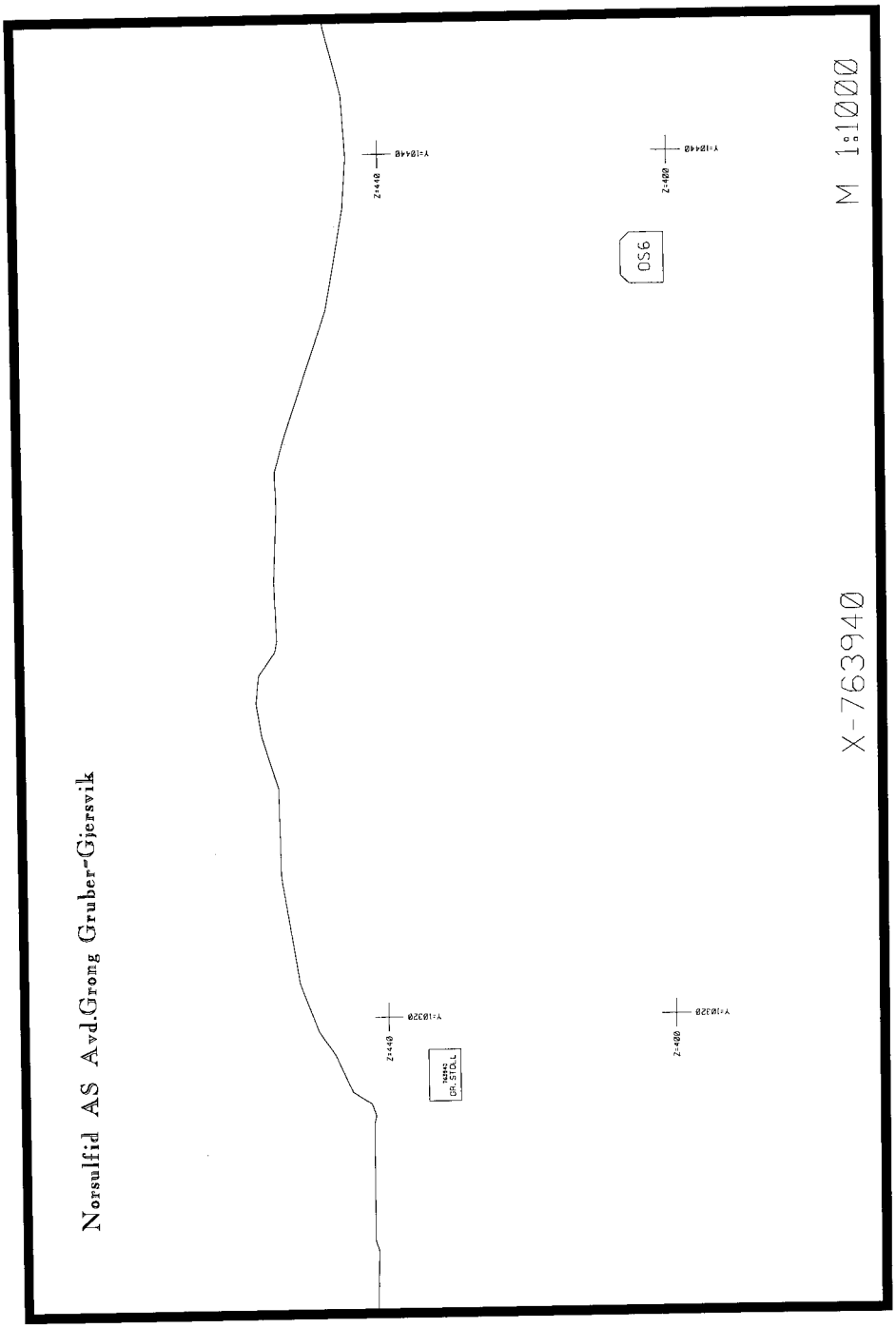
Vedlegg 3

Vedlegg 4

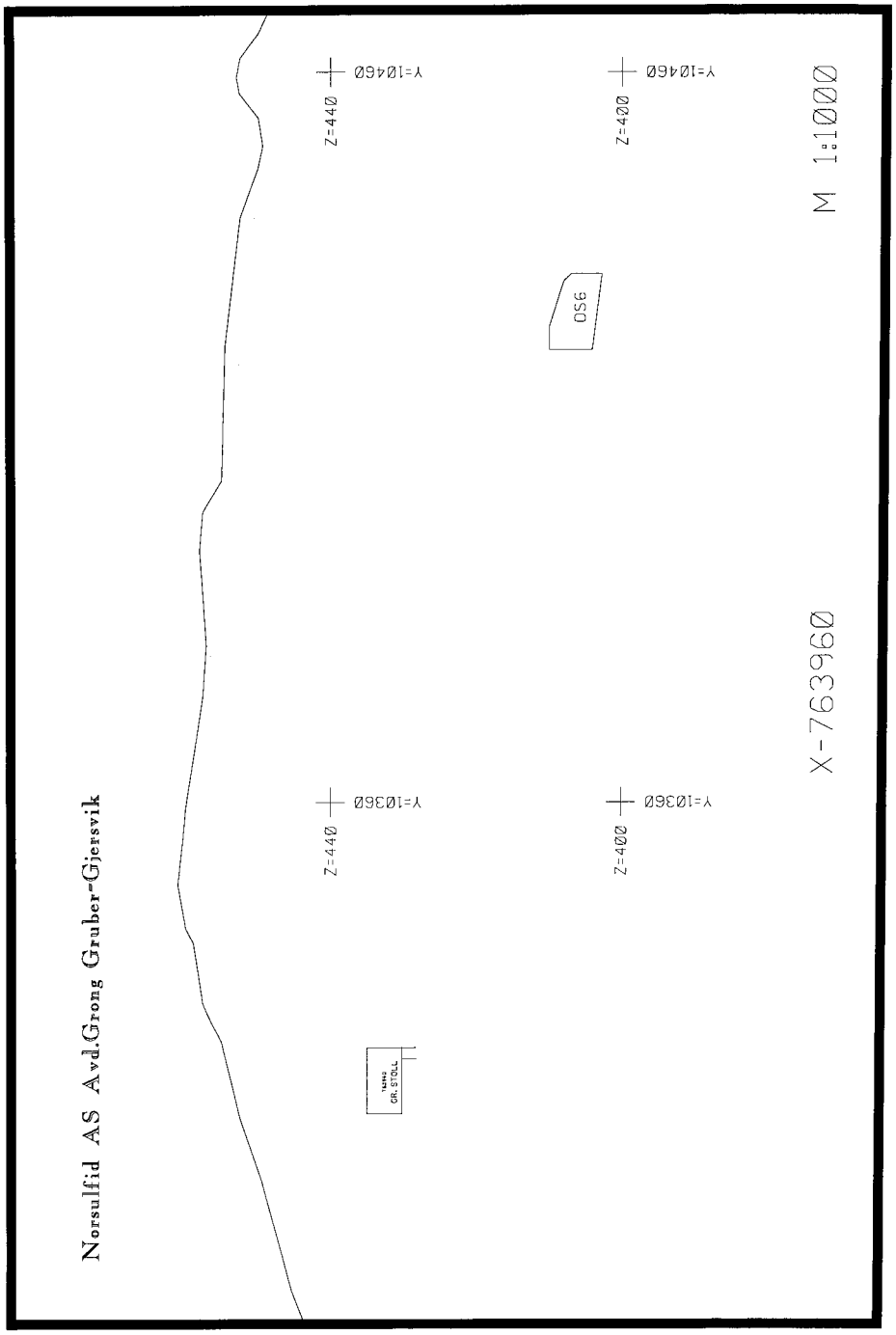
Norsulfid A/S - Avd. Grong Gruber

M 1:2000

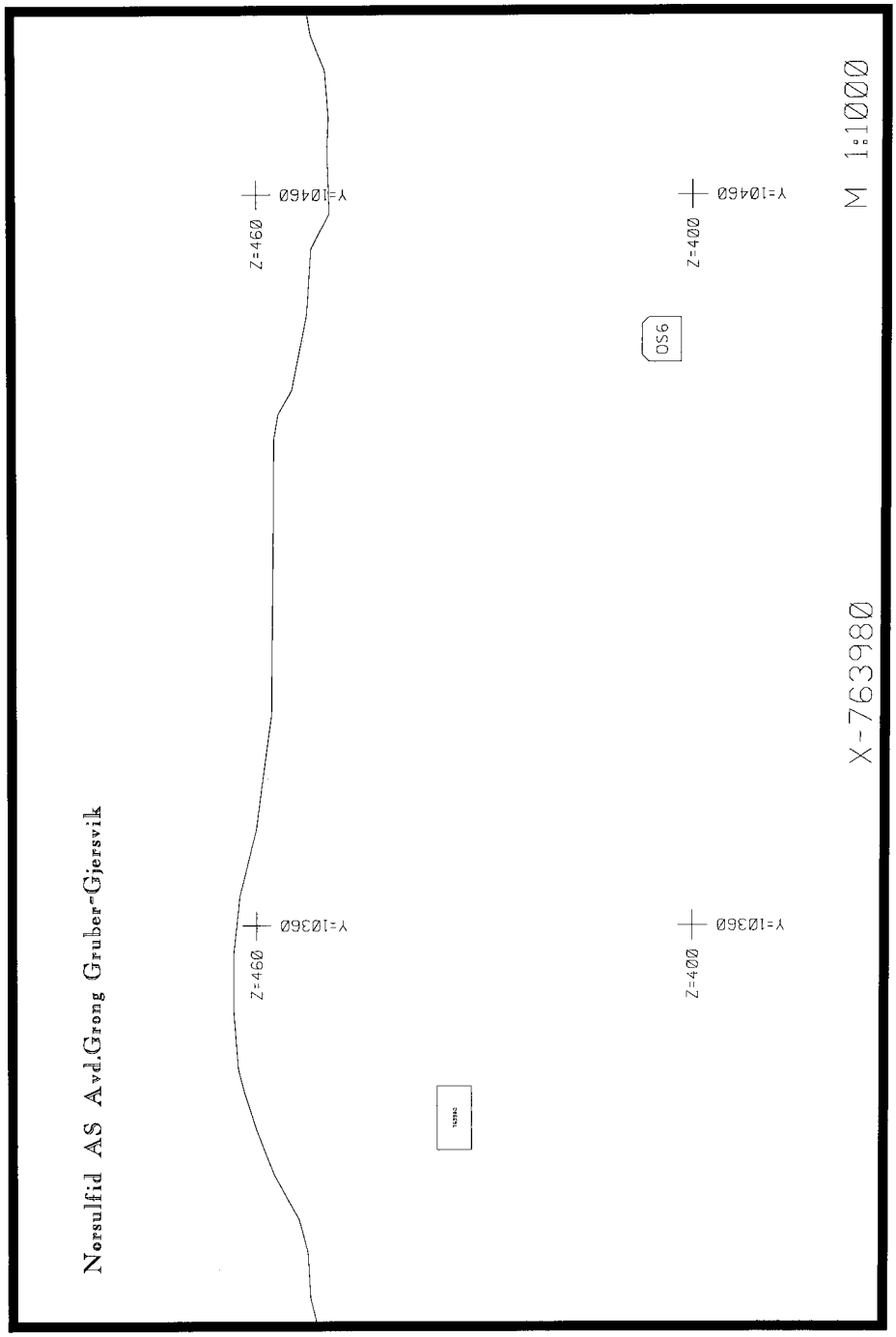
p:\gruve\dgn\gjpolygn.dgn Jan. 29, 1998 13:55:32



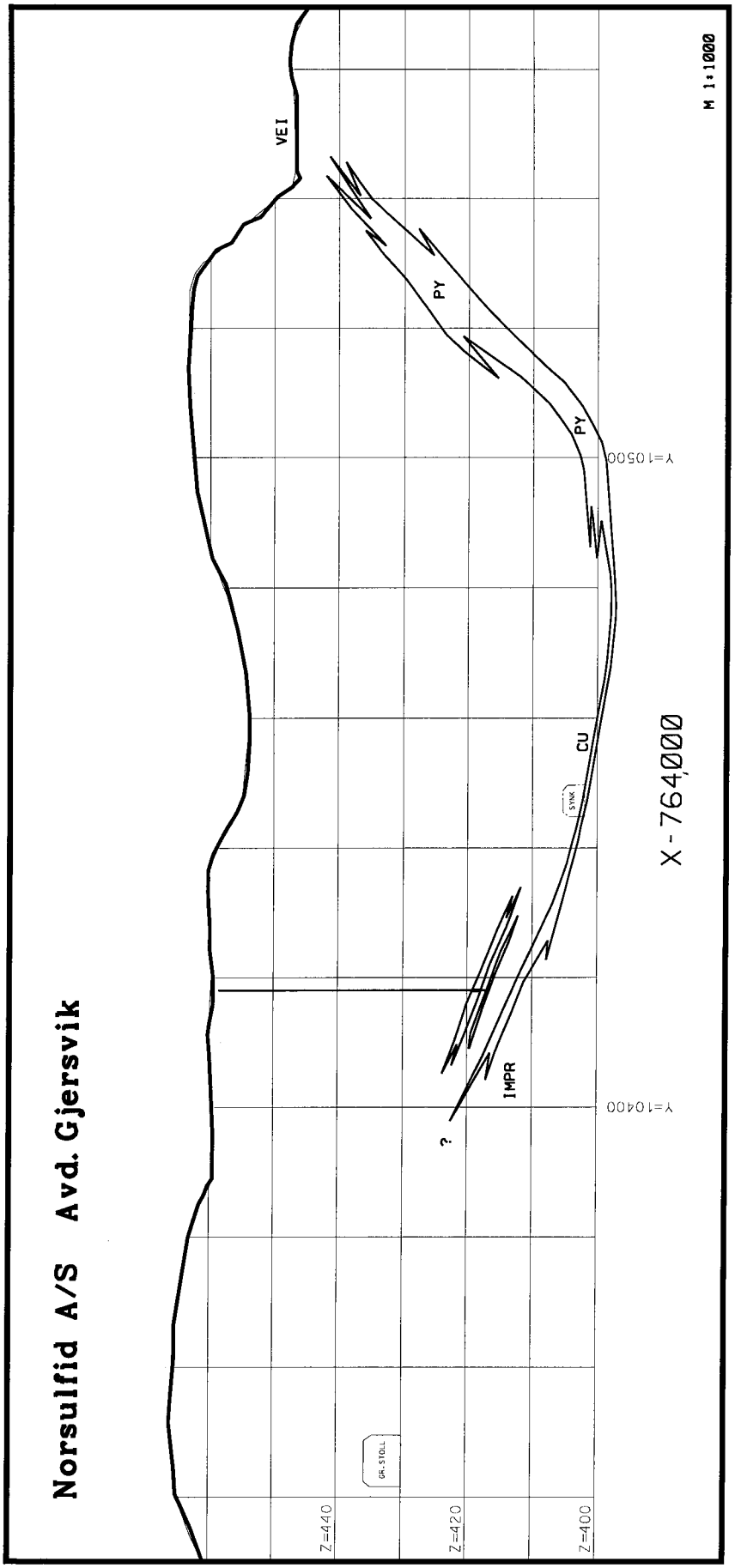
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 15:39:44



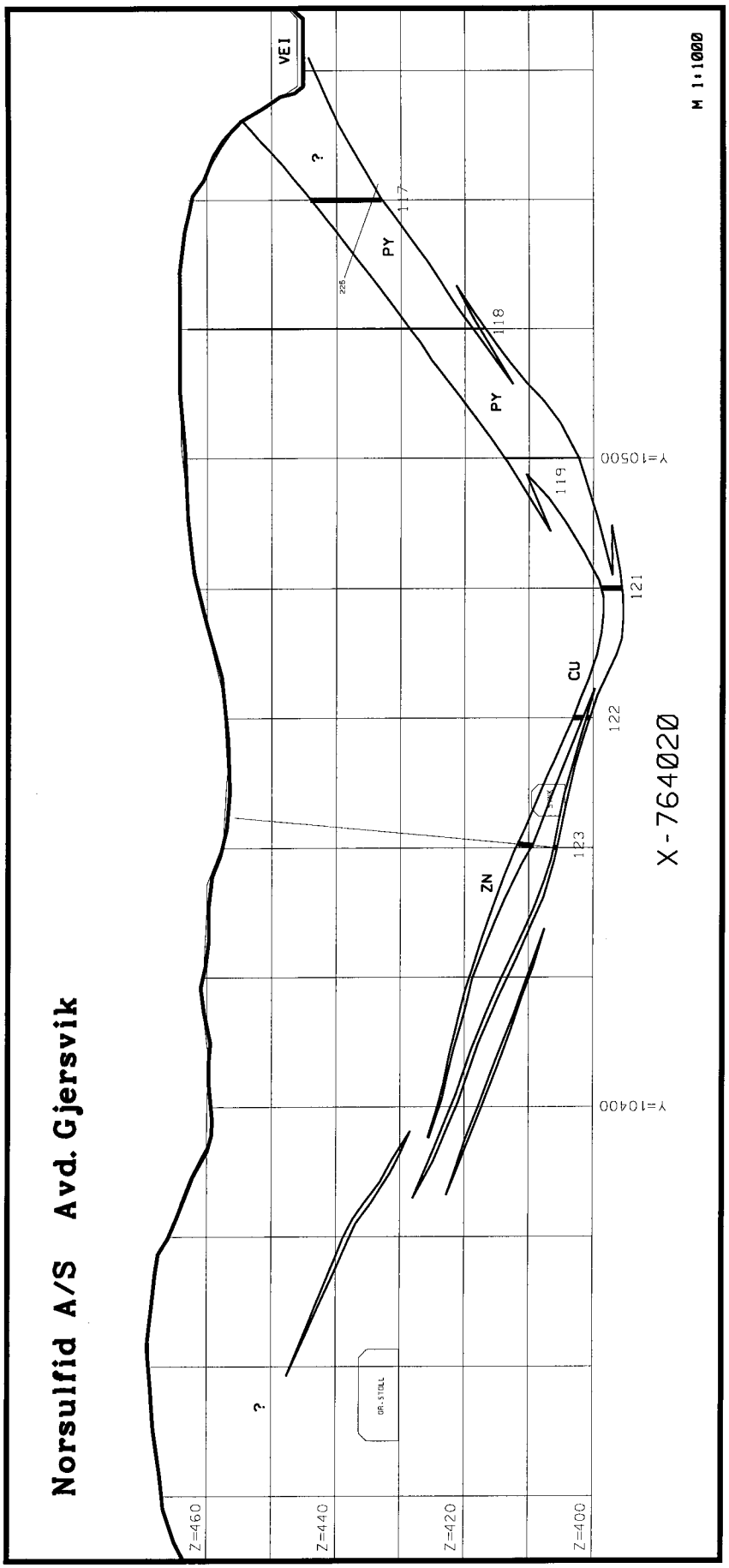
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 15:05:21



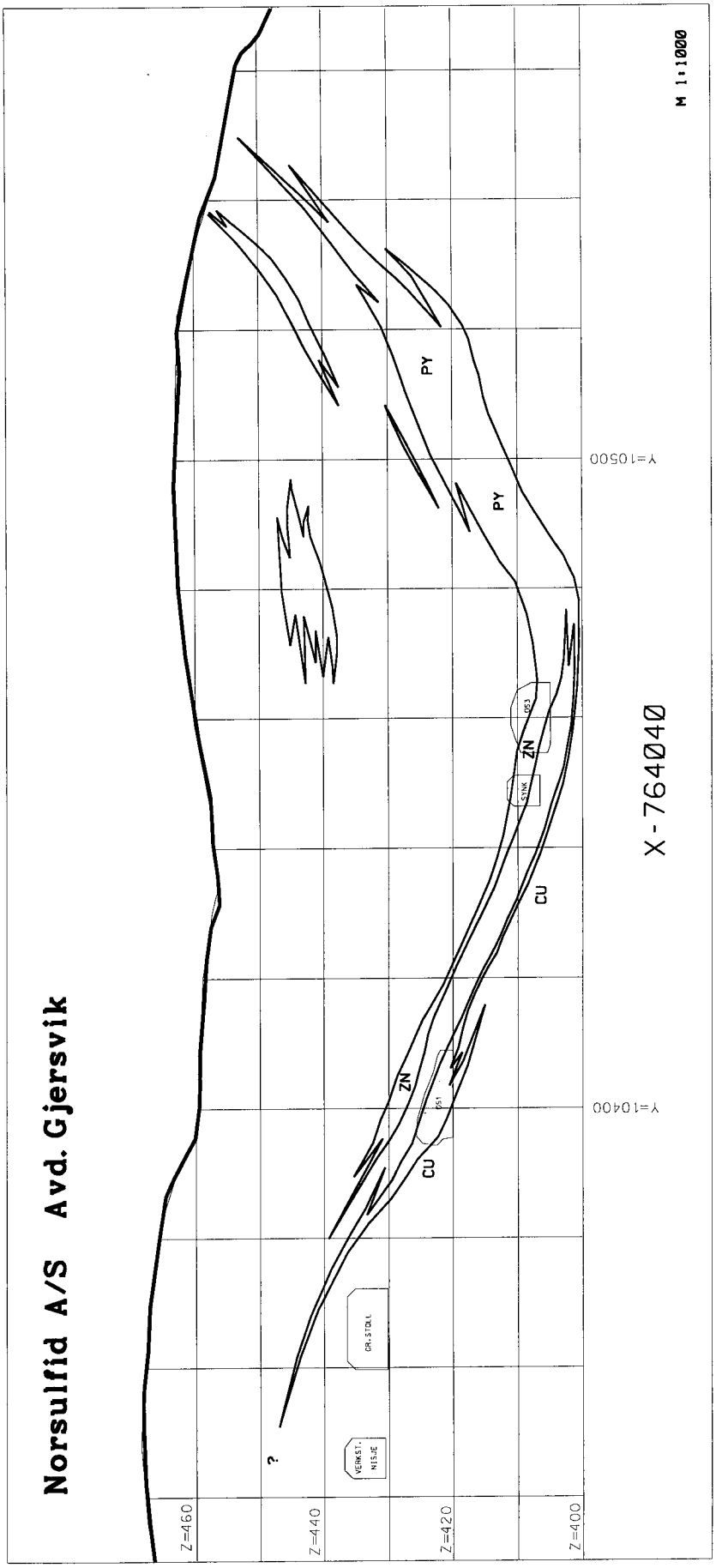
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 14:58:03



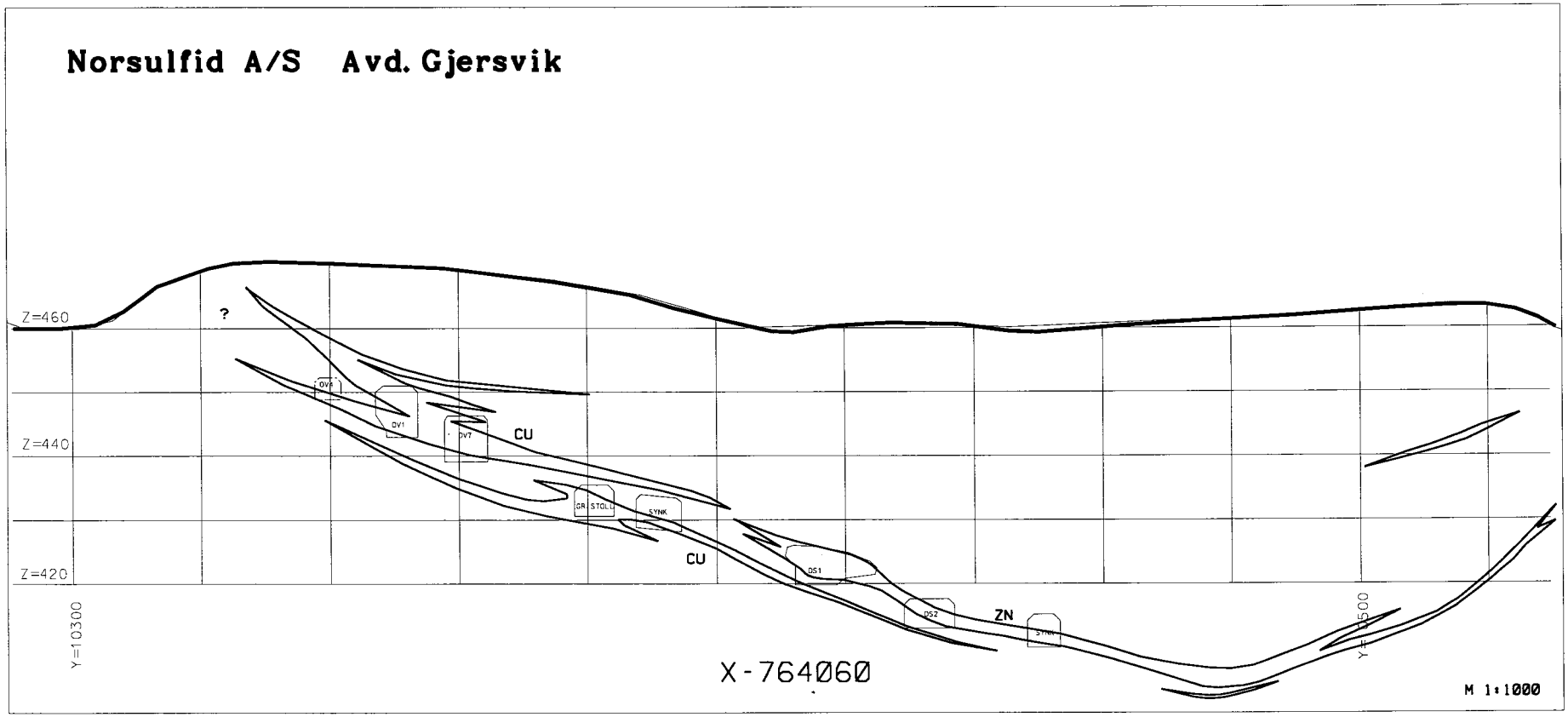
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 12:52:55



p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:03:07

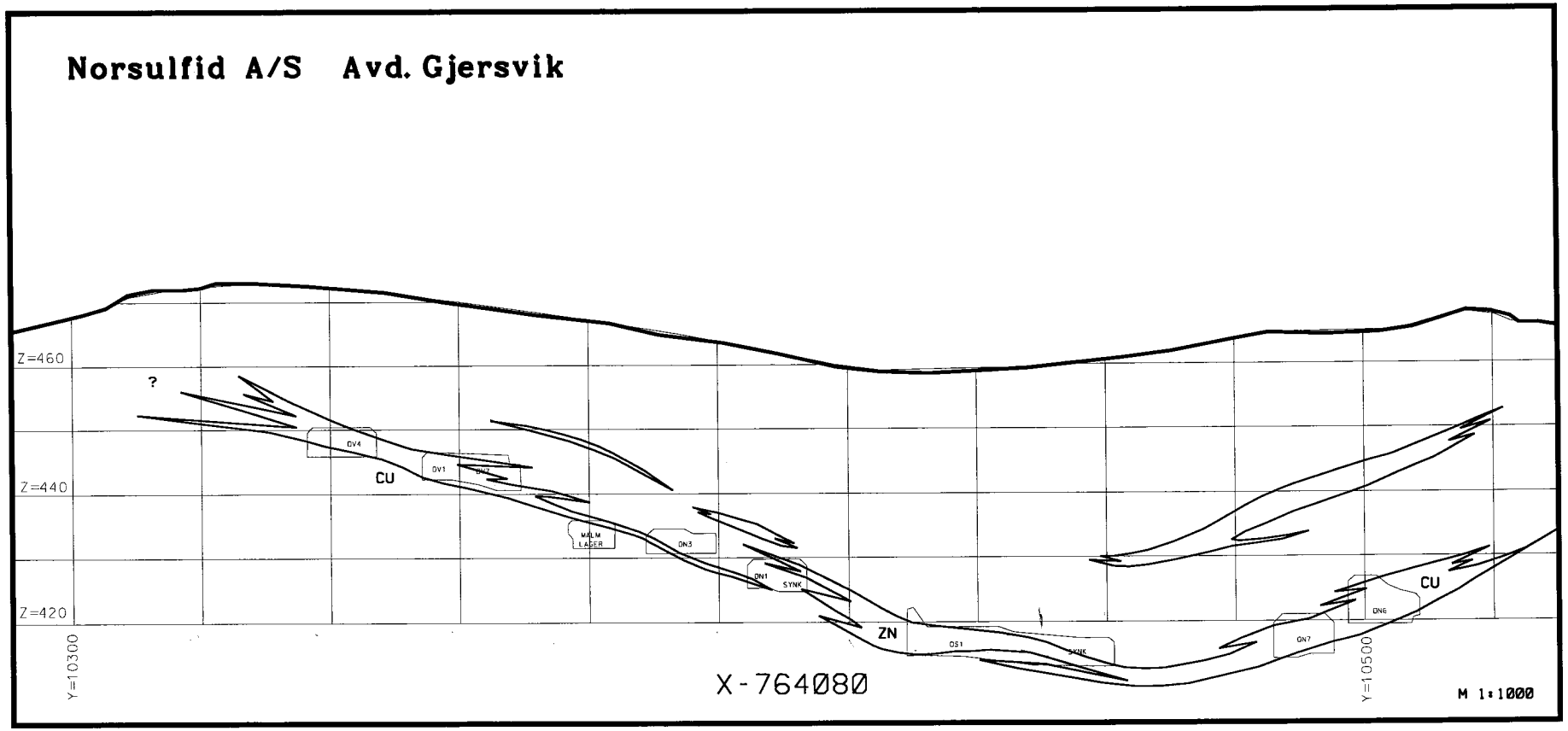


p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:10:41



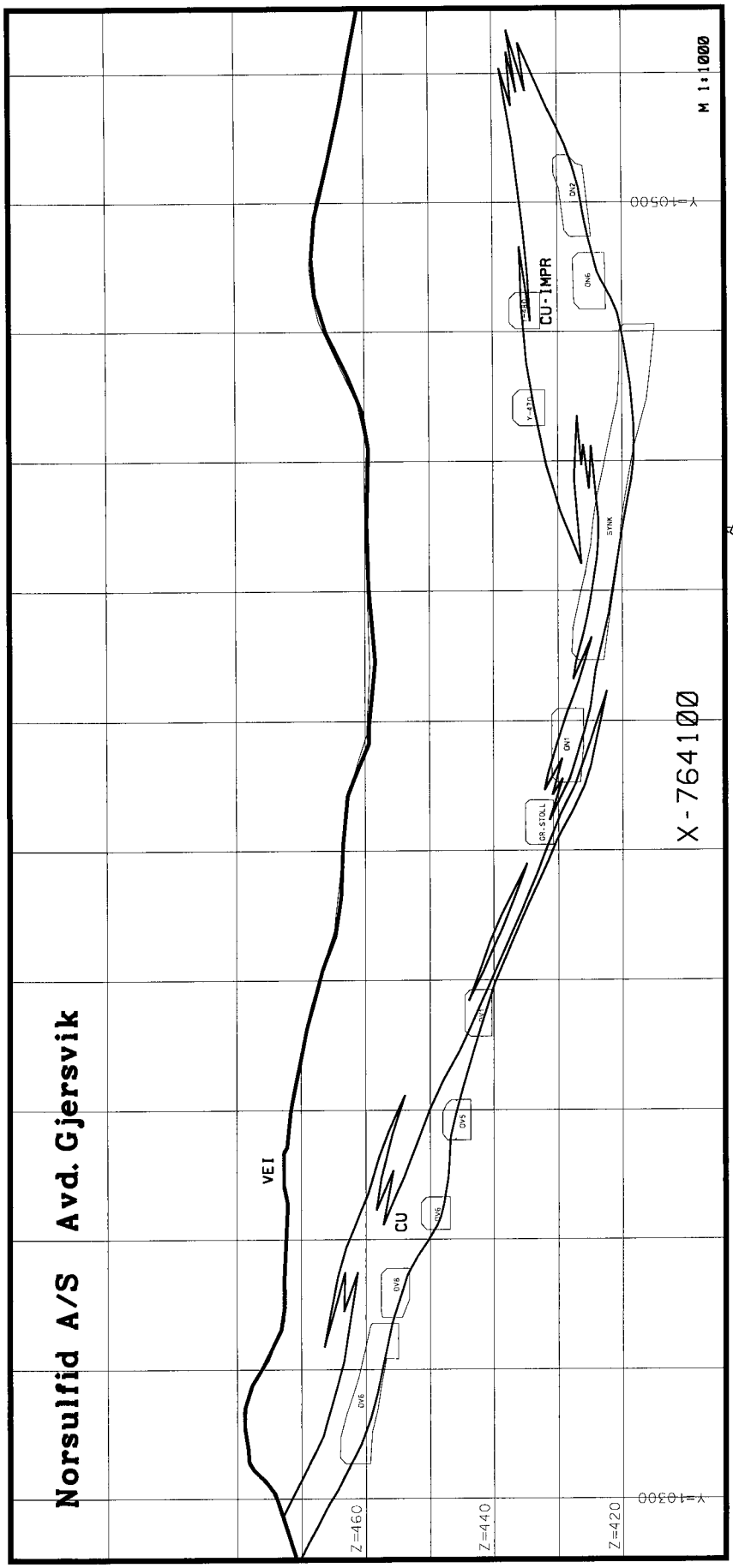
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:14:46

Vedlegg 11

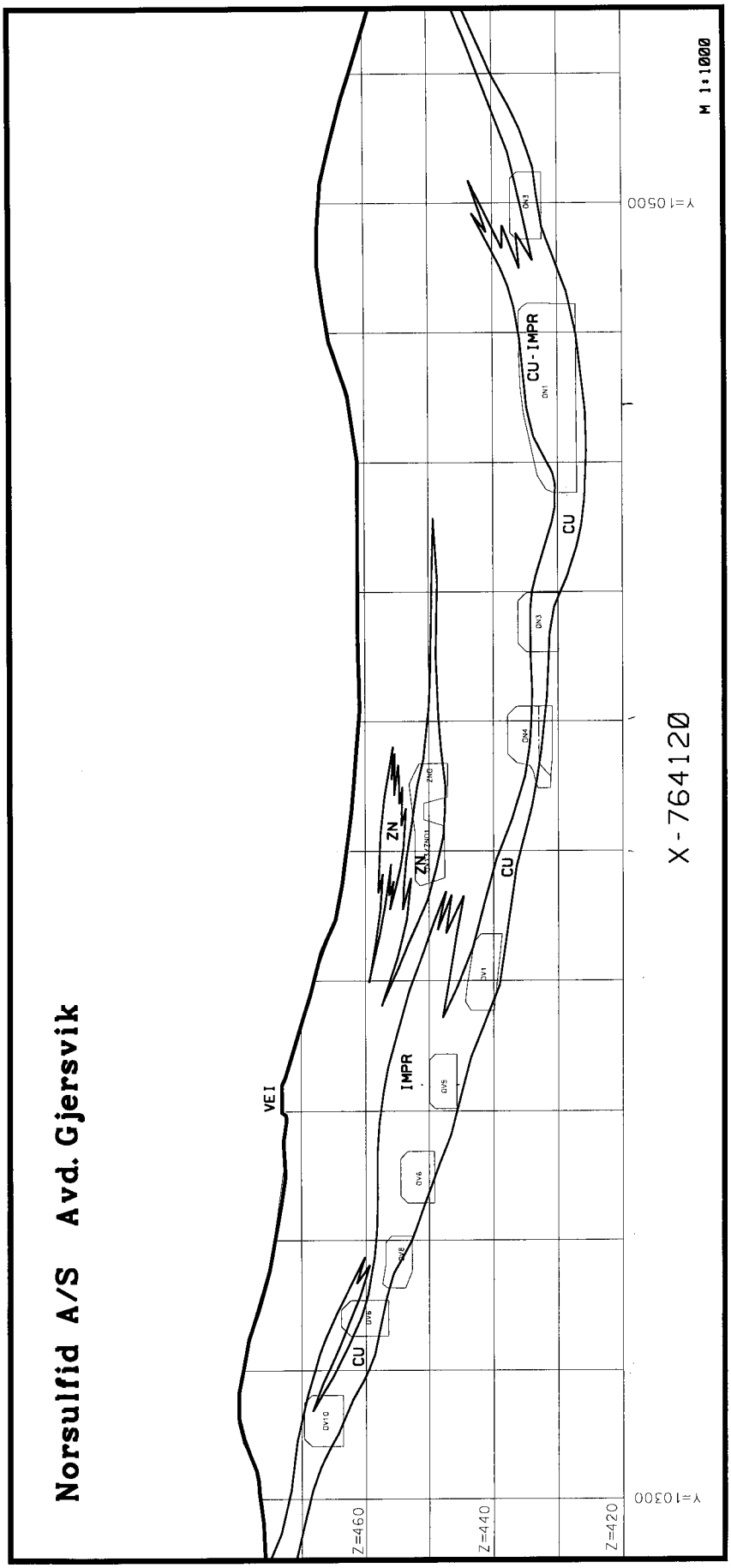


p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:36:56

Vedlegg 12

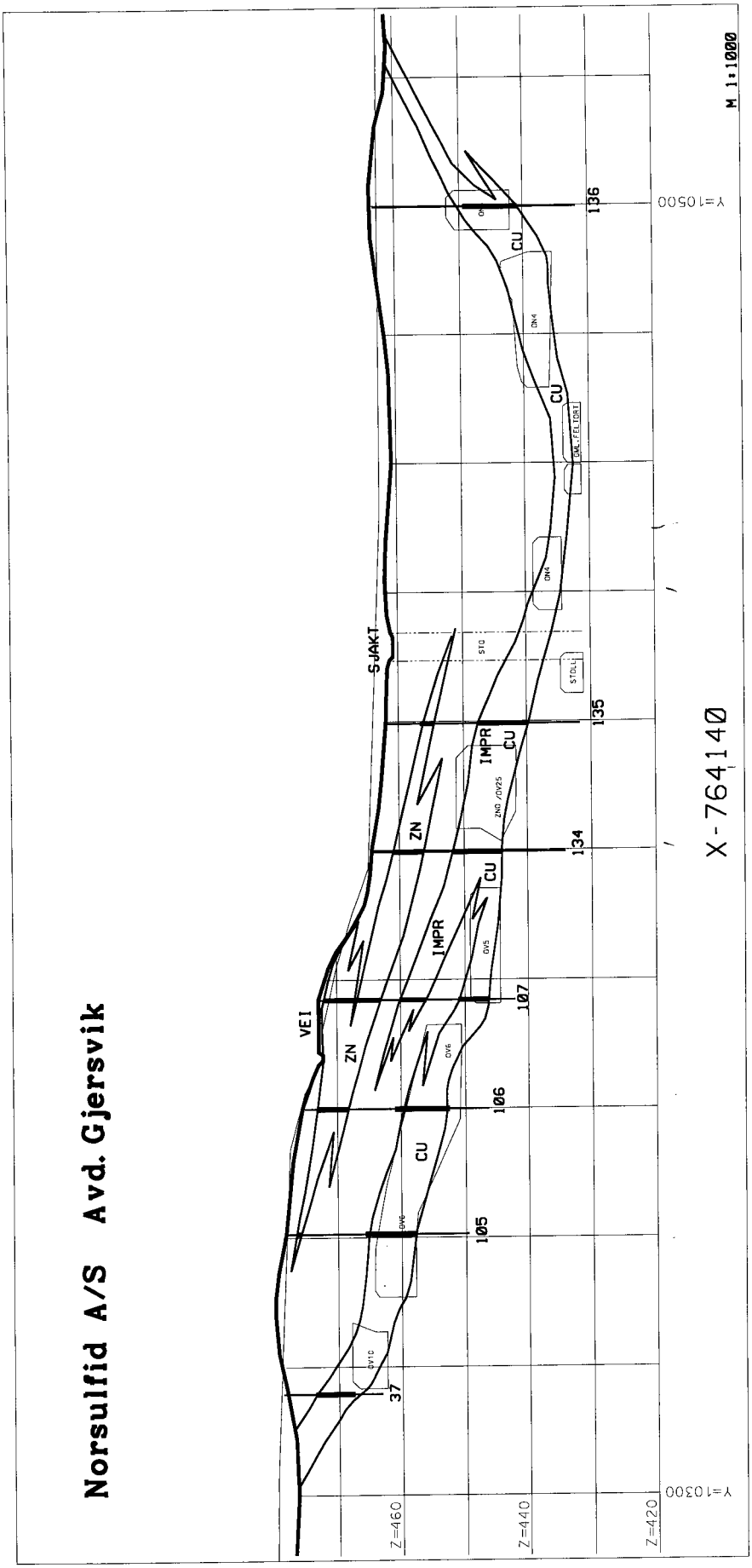


p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 12:31:43



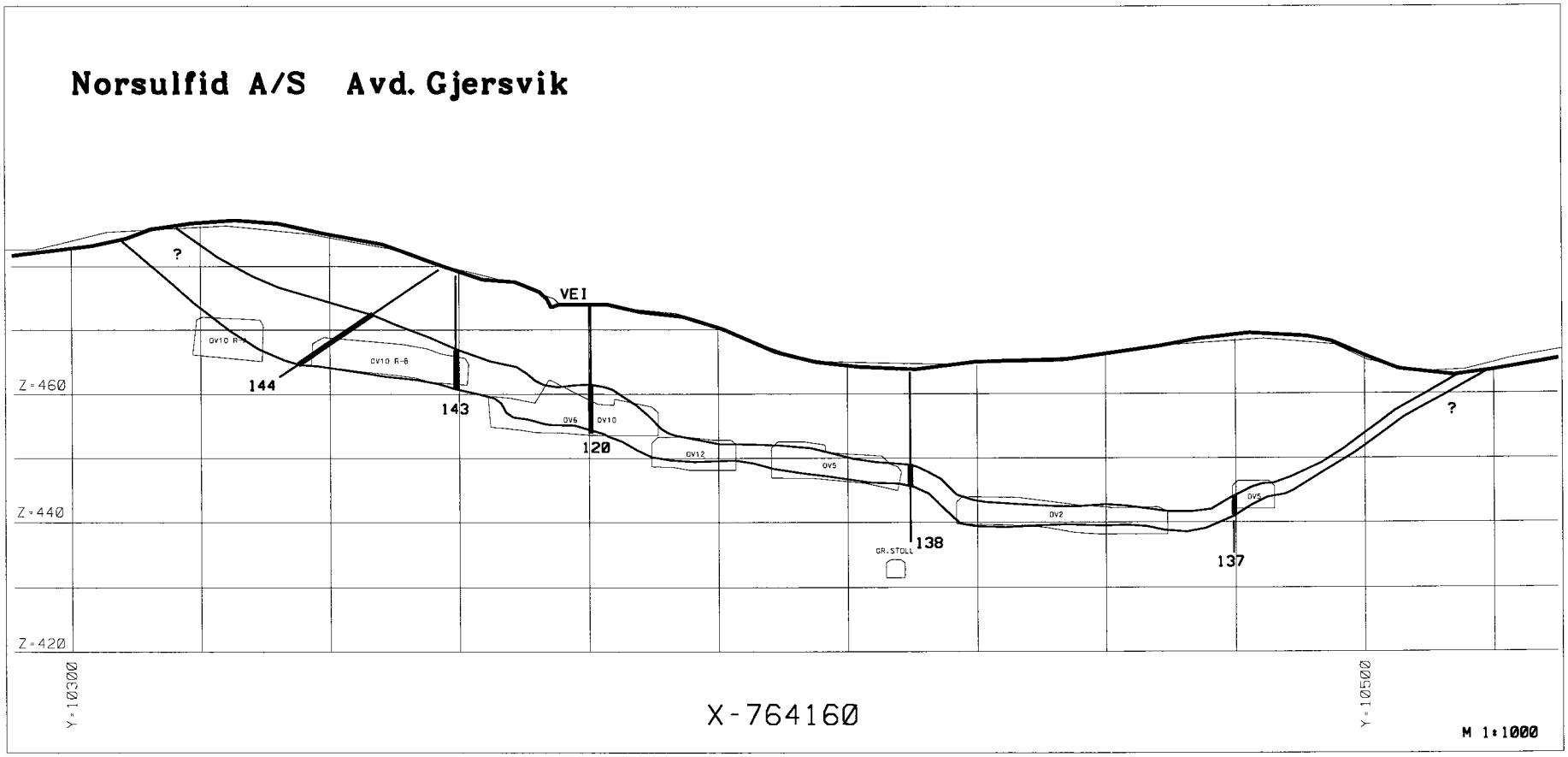
y = 10400

p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:39:39



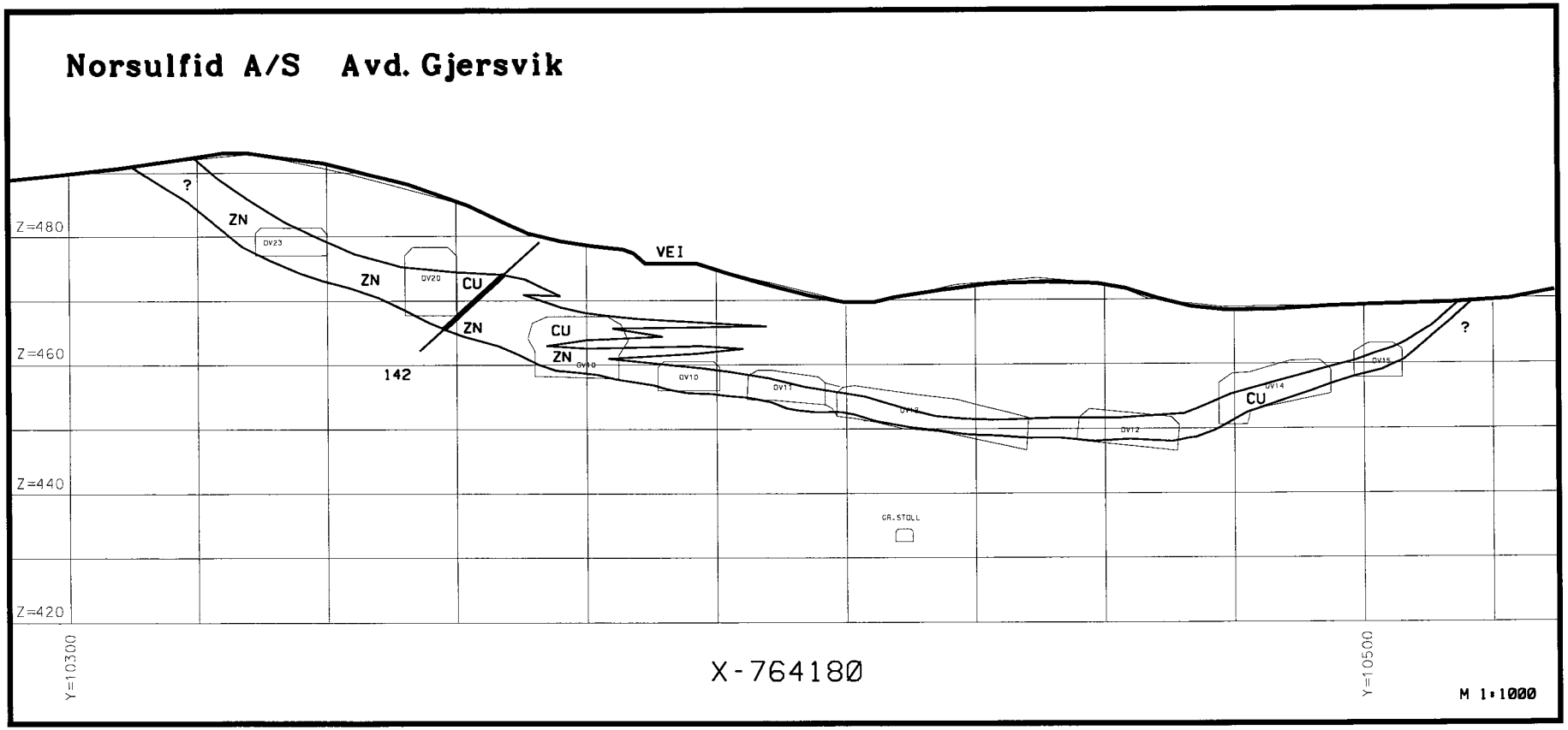
10450

p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:42:17



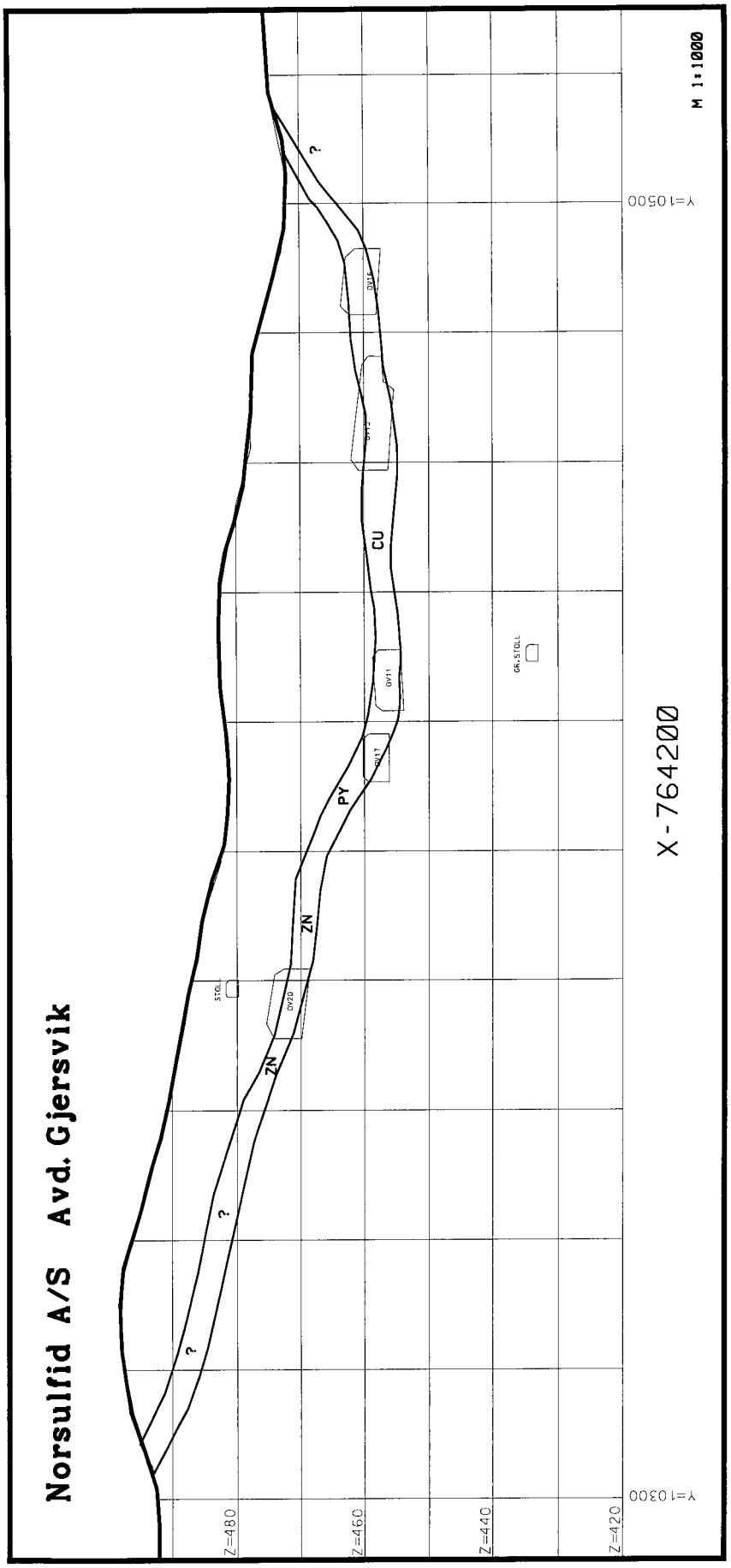
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:53:09

Vedlegg 16

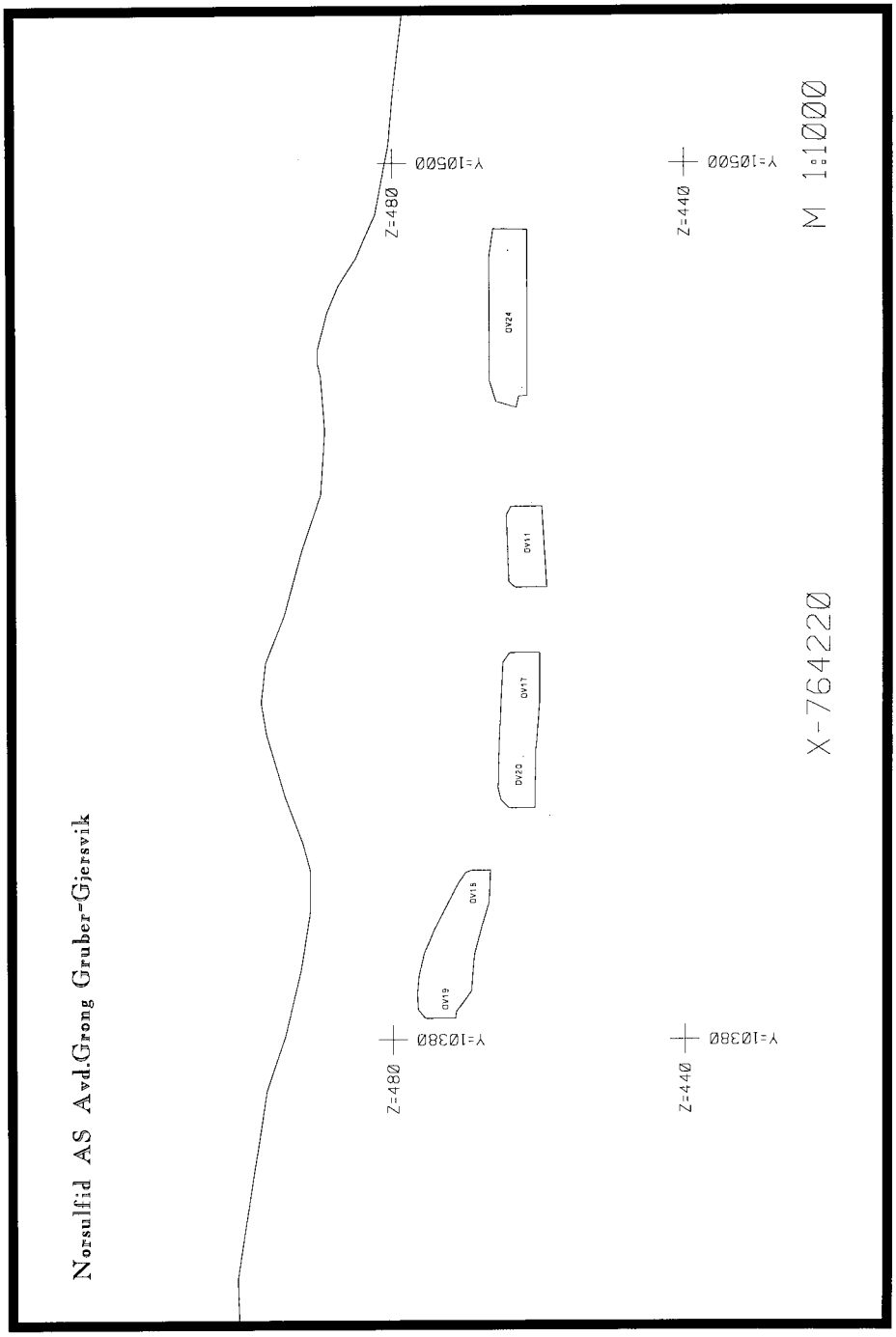


p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:50:03

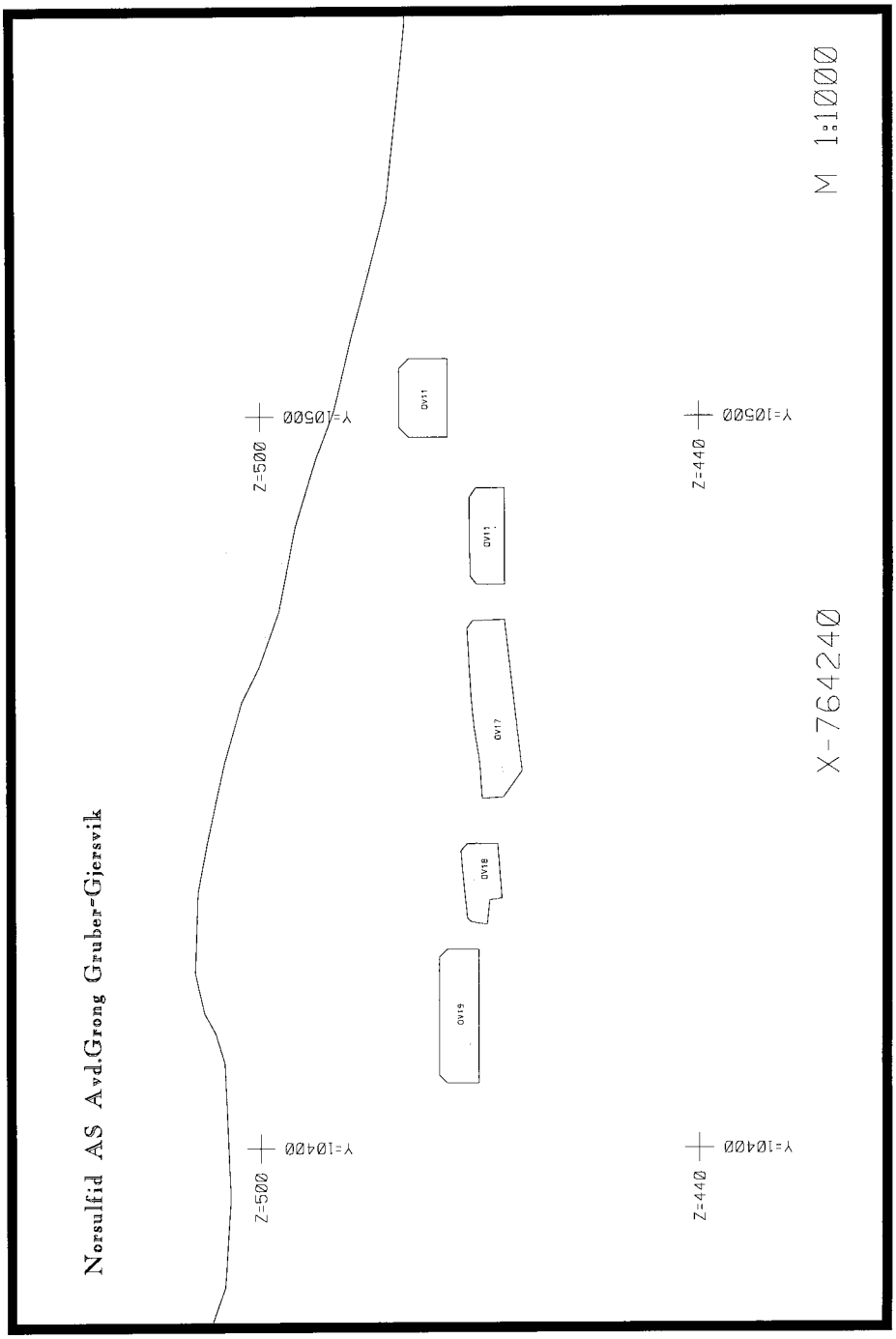
Vedlegg 17



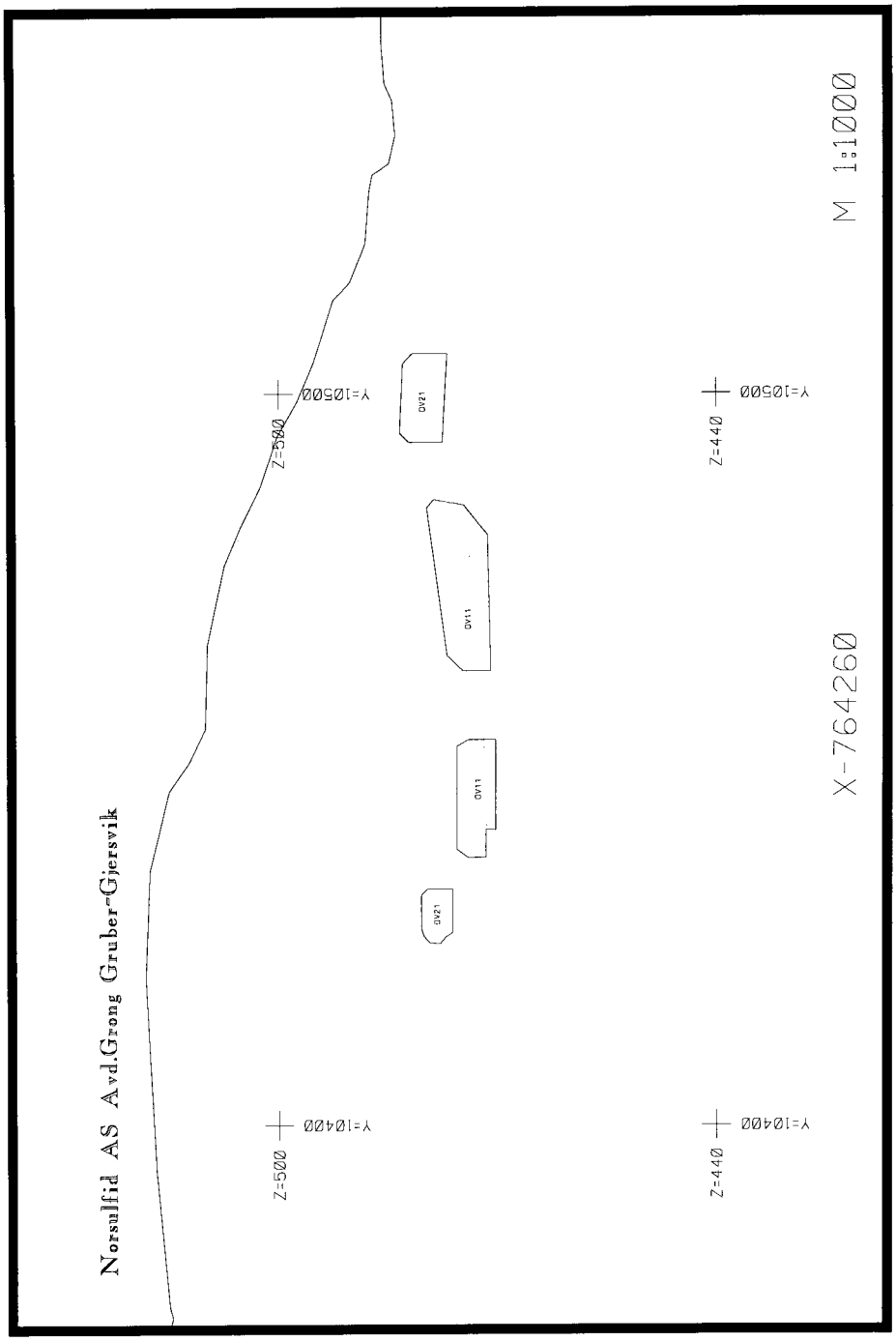
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 13:56:03



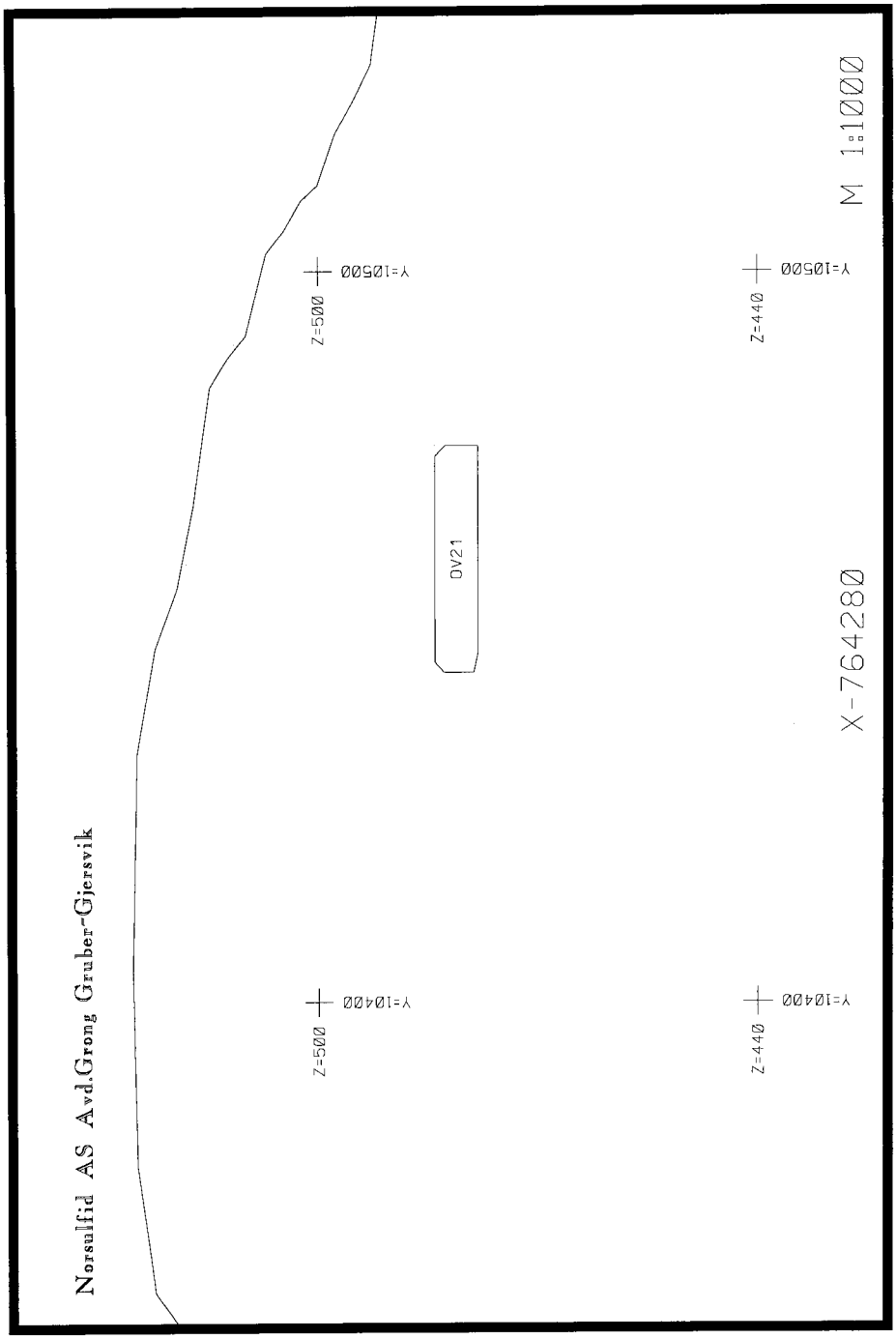
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 14:15:13



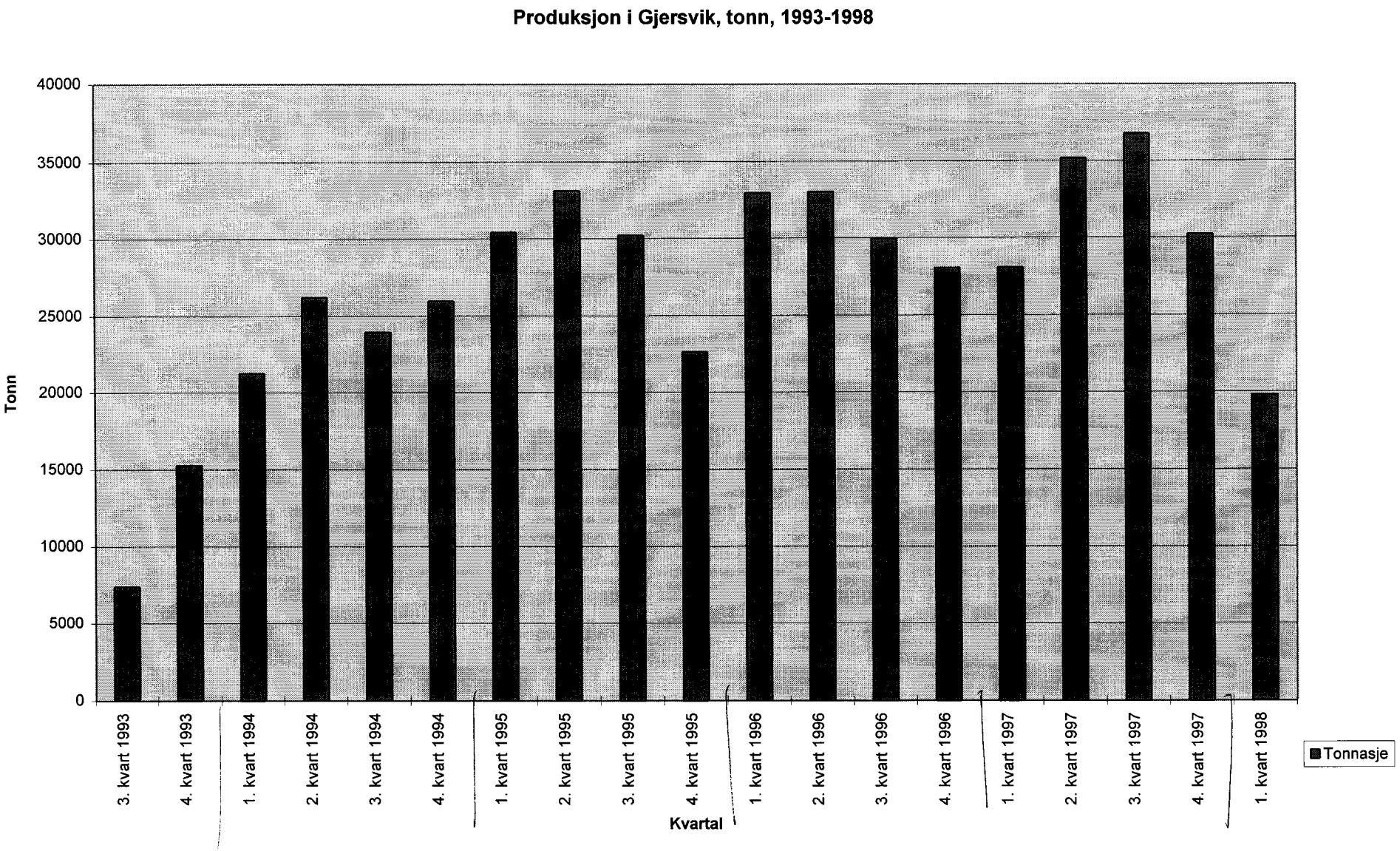
p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 14:12:35

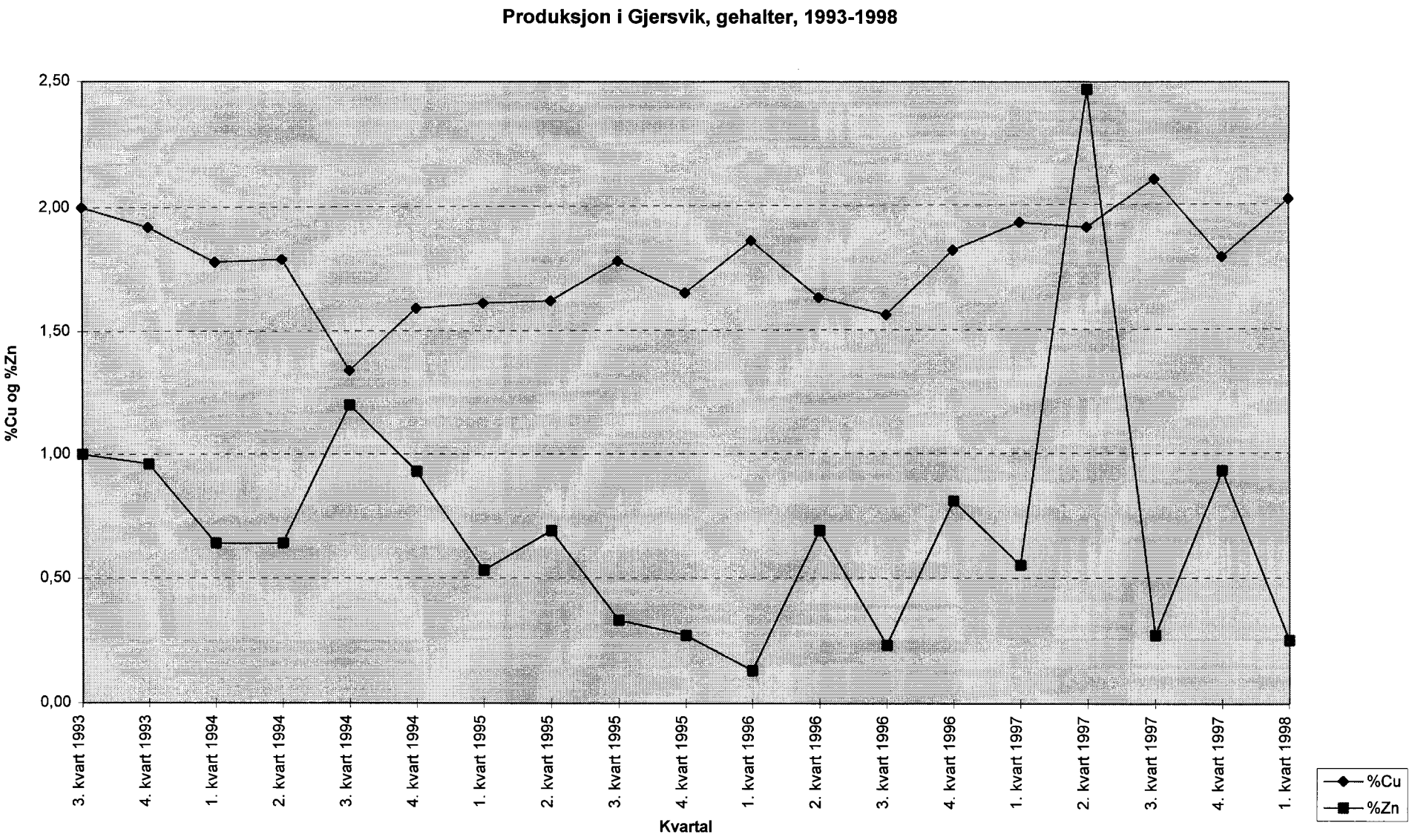


p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 14:20:32



p:\gruve\dgn\gjxprof.dgn Jan. 30, 1998 14:25:39


Produksjon i Gjersvik, tonn, 1993-1998
Tonn
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
3. kvart 1993
4. kvart 1993
1. kvart 1994
2. kvart 1994
3. kvart 1994
4. kvart 1994
1. kvart 1995
2. kvart 1995
3. kvart 1995
4. kvart 1995
1. kvart 1996
2. kvart 1996
3. kvart 1996
4. kvart 1996
1. kvart 1997
2. kvart 1997
3. kvart 1997
4. kvart 1997
1. kvart 1998
Kvartal
Tonnasje


Produksjon i Gjersvik, gehalter, 1993-1998
%Cu og %Zn
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
3. kvart 1993
4. kvart 1993
1. kvart 1994
2. kvart 1994
3. kvart 1994
4. kvart 1994
1. kvart 1995
2. kvart 1995
3. kvart 1995
4. kvart 1995
1. kvart 1996
2. kvart 1996
3. kvart 1996
4. kvart 1996
1. kvart 1997
2. kvart 1997
3. kvart 1997
4. kvart 1997
1. kvart 1998
Kvartal
%Cu
%Zn

Norsulfid A/S - Avd. Grong Gruber
GJERSVIK-PILARKART PR 08.01.98
M 1:2000

p:\gruve\dgn\gjpilar.dgn Jan. 30, 1998 22:13:38

avd.GRONG GRUBER

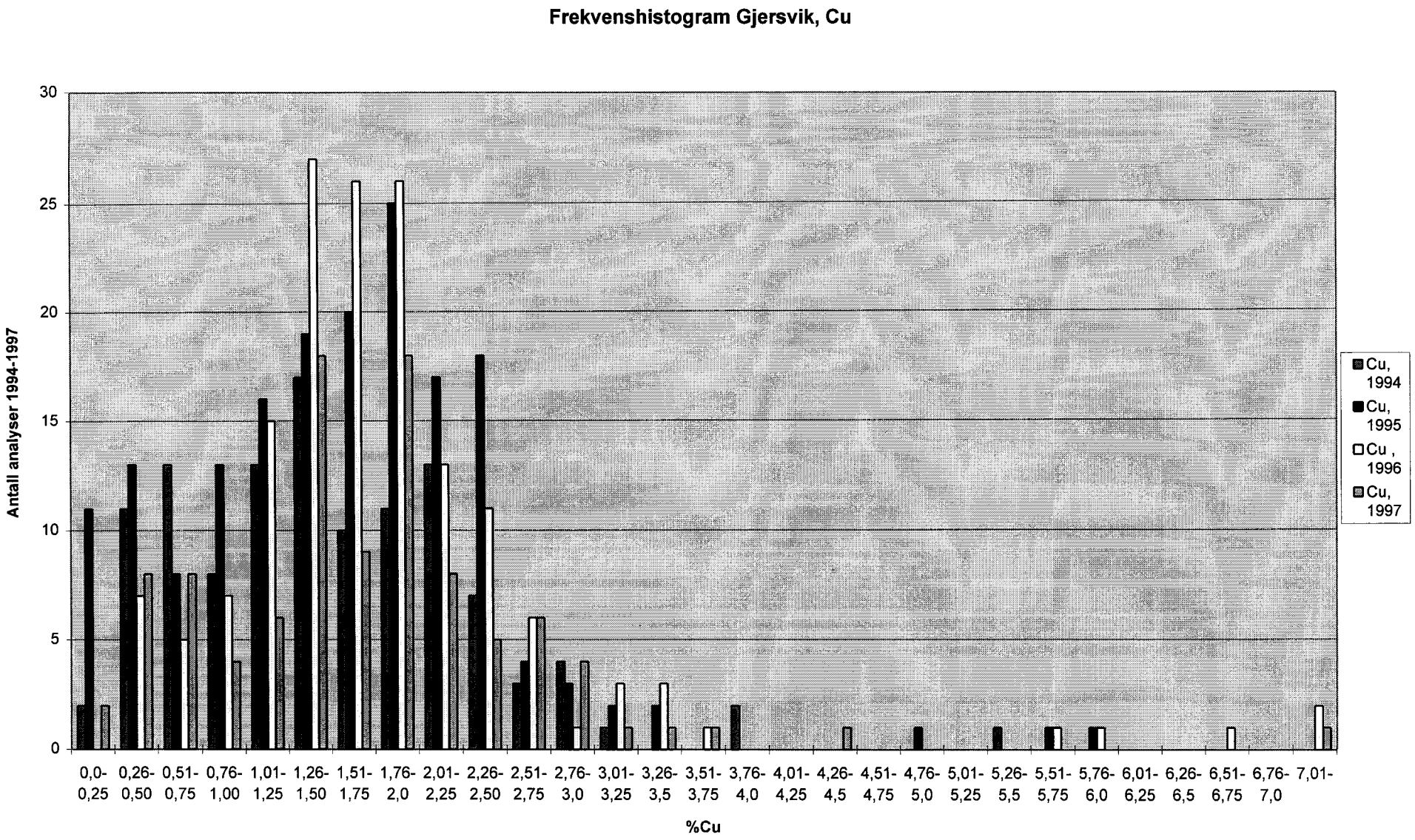
Vedlegg 26

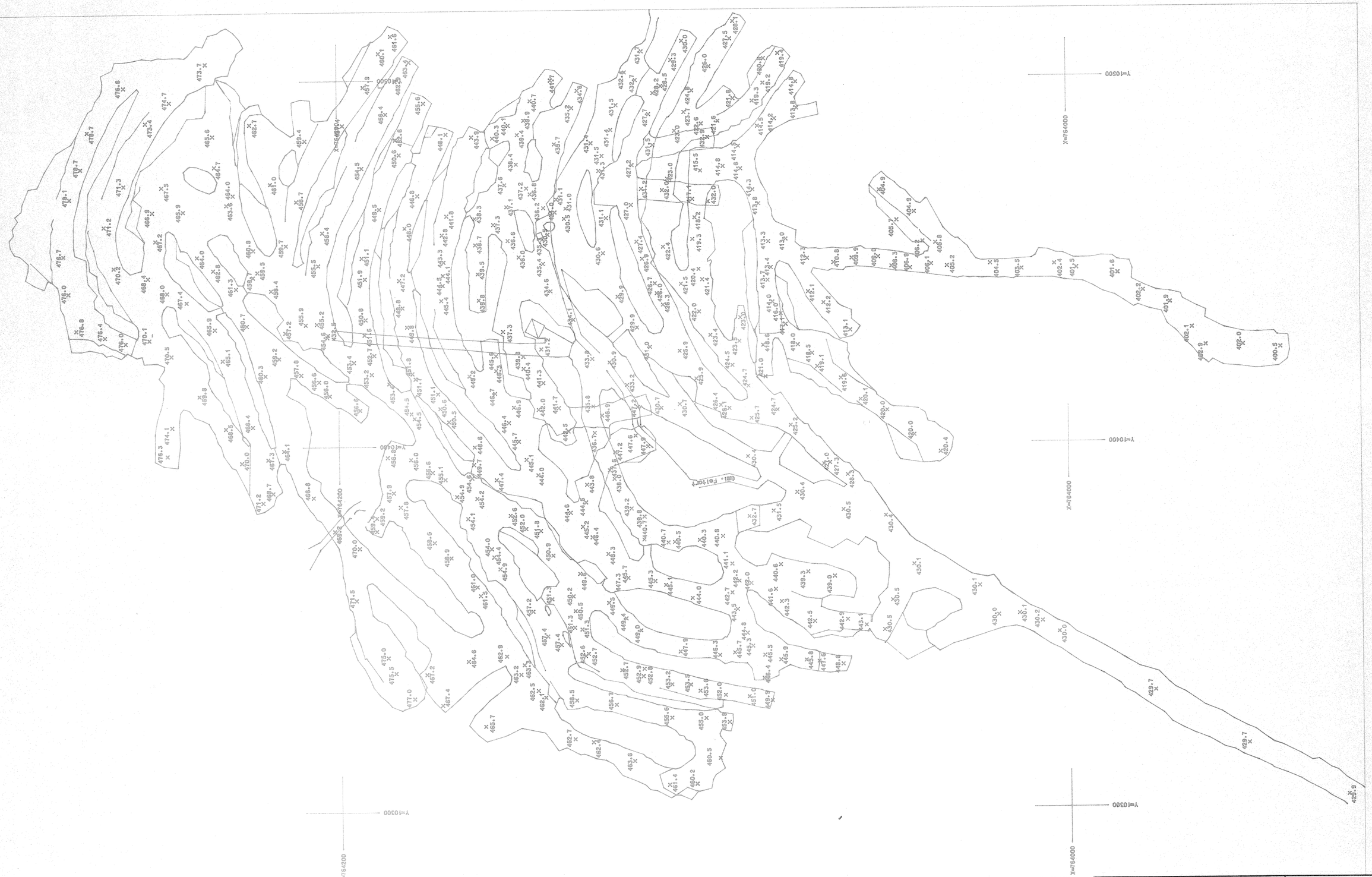
DRIFTSKOSTNADER GRUVE -
DESEMBER 1997
1000 kr pr sted. Kr pr påsatte tonn - fordelt Joma og Gjersvik.

Påsatt		Måned	Akkumulert
mølle	Joma-malm	26604	303711
(ttv)	Gjersvik-malm	8510	120942

Antall mndr. 1 12

KOSTNADER STED		I PERIODEN 1000 kr	I PERIODEN pr.tonn	AKKUMULERT 1000	AKKUMULERT pr.tonn	Årsplan 6 mnd pr tonn
300	Felleskostnader	391	14,70	4488	14,78	10,56
301	Malmundersøkelser	34	1,28	376	1,24	1,22
302	Diamantboring	3	,11	21	,07	,38
310	Boring	150	5,64	3016	9,93	10,66
320	Lading	323	12,14	3338	10,99	8,80
330	Rensk og sikring	86	3,23	1408	4,64	3,67
340	Lasting	264	9,92	2917	9,60	8,80
350	Fordring	567	21,31	3247	10,69	6,48
360	Kassearrangement	0	0	4	,01	,00
361	Vei og grøft	15	,56	714	2,35	1,77
363	Trykkluft	0	0	32	,11	,23
364	Vannforsyning	21	,79	87	,29	,21
365	Vannlensing	53	1,99	263	,87	1,35
366	Hovedventilasjon	9	,34	133	,44	,77
367	Stuffventilasjon	15	,56	140	,46	1,20
370	Forbygninger	0	0	4	,01	,06
371	El.forsyning	15	,56	356	1,17	2,49
380	Faste serviceinst.	52	1,95	856	2,82	2,34
381	Div. anlegg og utstyr	5	,19	91	,30	,50
382	Transport mannsk/matr.	78	2,93	774	2,55	1,99
390	Knusing	81	3,04	2616	8,61	5,60
SUM 3 - Joma		2162	81,27	24881	81,92	69,10
Gjersvik						
300	Felleskostnader	85	9,99	904	7,47	4,59
301	Malmundersøkelser	0	0	0	0	,00
302	Diamantboring	0	0	0	0	,00
310	Boring	16	1,88	715	5,91	7,82
320	Lading	54	6,35	765	6,33	13,06
330	Rensk og sikring	2	,24	195	1,61	,88
340	Lasting	16	1,88	740	6,12	5,72
350	Fordring	231	27,14	3170	26,21	21,00
361	Vei og grøft	0	0	74	,61	,45
362	Uteanlegg	0	0	0	0	,25
363	Trykkluft	1	,12	9	,07	,14
364	Vannforsyning	2	,24	13	,11	,33
365	Vannlensing	0	0	57	,47	,65
366	Hovedventilasjon	0	0	23	,19	,11
367	Stuffventilasjon	0	0	22	,18	1,69
370	Forbygninger	0	0	0	0	,06
371	El.forsyning	1	,12	42	,35	1,98
380	Faste serviceinstall.	0	0	16	,13	,39
381	Div.anl./utstyr	5	,59	49	,41	,22
382	Transp.manssk/materiel	3	,35	109	,90	,28
390	Knusing Gj-malm	0	0	0	0	2,06
SUM 3 - Gjersvik		416	48,88	6903	57,08	61,67


Frekvenshistogram Gjersvik, Cu
Antall analyser 1994-1997
30
25
20
15
10
5
0
0,0-0,25
0,26-0,50
0,51-0,75
0,76-1,00
1,01-1,25
1,26-1,50
1,51-1,75
1,76-2,0
2,01-2,25
2,26-2,50
2,51-2,75
2,76-3,0
3,01-3,25
3,26-3,5
3,51-3,75
3,76-4,0
4,01-4,25
4,26-4,5
4,51-4,75
4,76-5,0
5,01-5,25
5,26-5,5
5,51-5,75
5,76-6,0
6,01-6,25
6,26-6,5
6,51-6,75
6,76-7,0
7,01-
%Cu
Cu, 1994
Cu, 1995
Cu , 1996
Cu, 1997



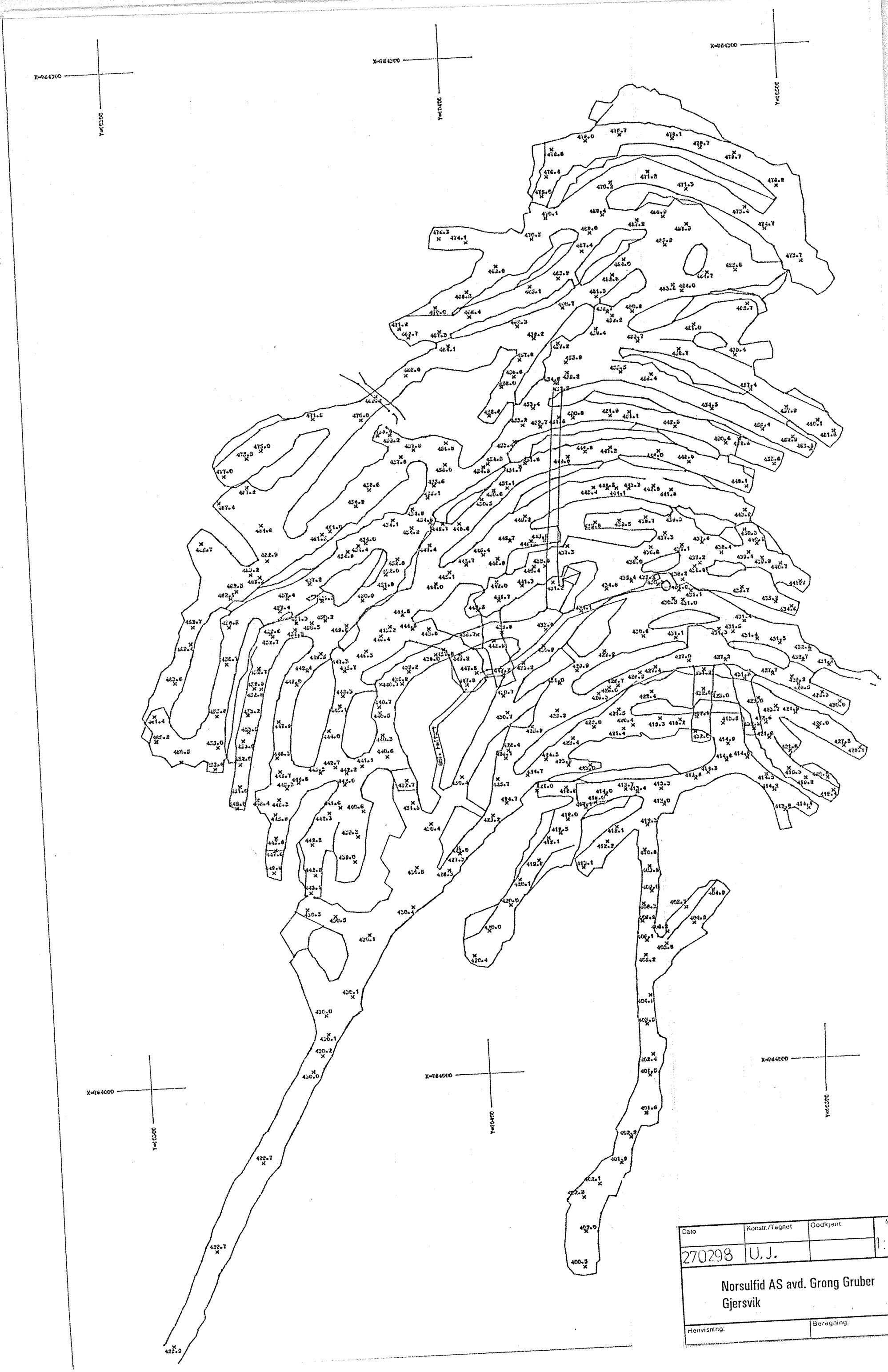
pc\grove\dgn\gjgrove.dgn Feb. 27, 1998 12:56:12

Dato	Konstr./Tegnet	Godkjent	Målestokk	Vedlegg 31
270298	U.J.		1:500	

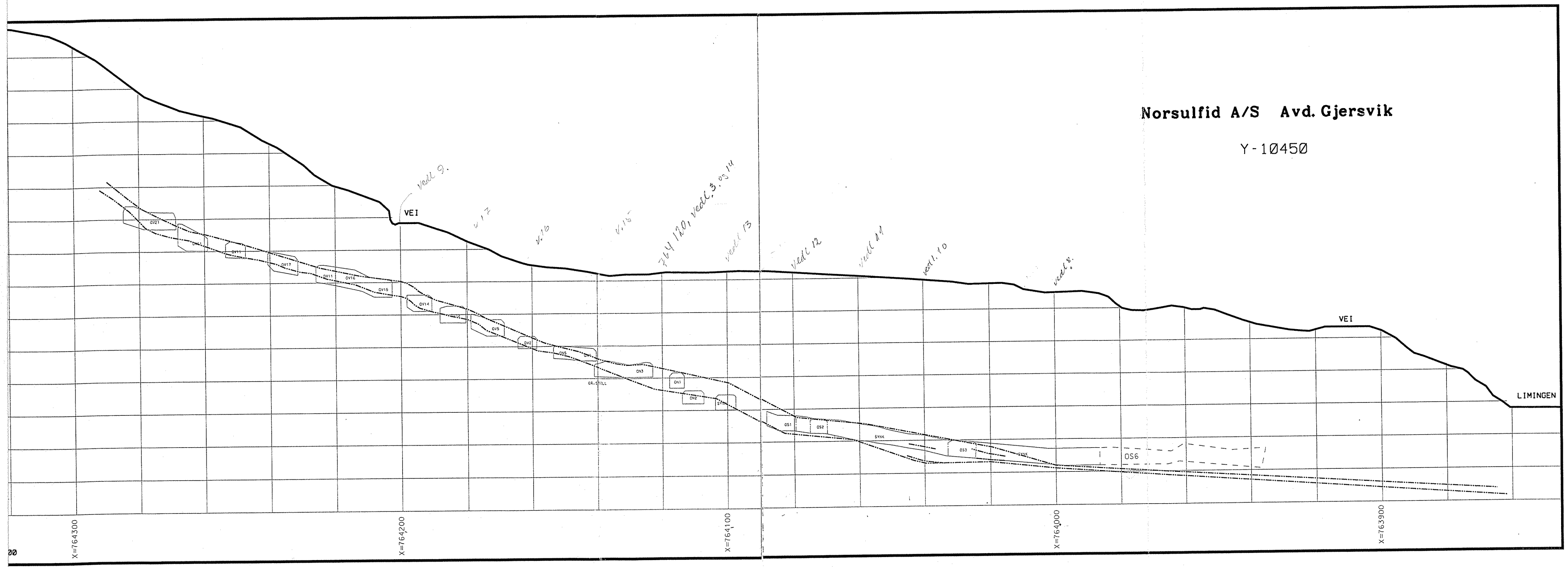
NORSULFID AS avd. GRONG GRUBER

GJERSVIK

Henvisning:	Beregning:	Erstatning for:	Erstattet av:



i:\gruve\dgn\gjgruve.dgn Feb. 27, 1998 13:10:32


Norsulfid A/S Avd. Gjersvik
Y-10450
VEI
VEI
LIMINGEN
OS6
X=764300
X=764200
X=764100
X=764000
X=763900

Frekvenshistogram Gjersvik, Zn