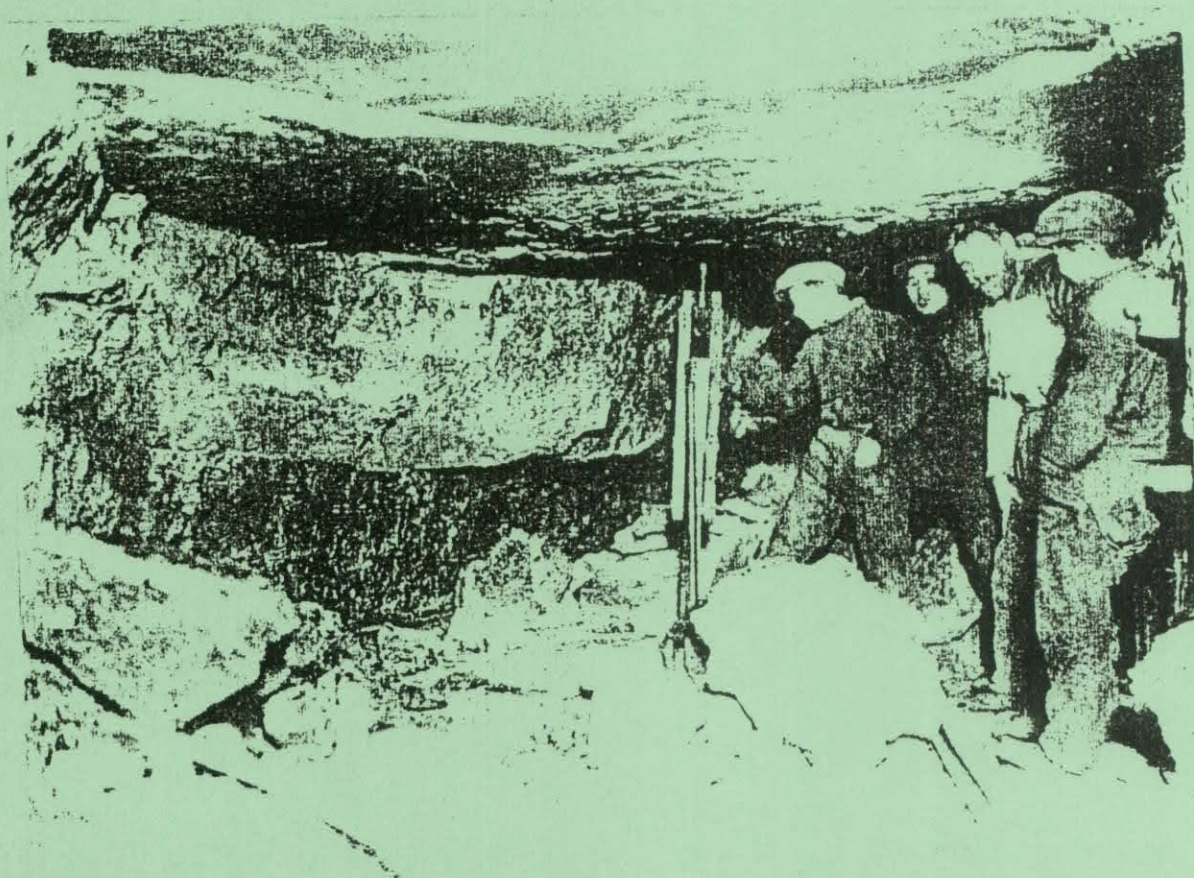


Tungmetalforurening i forbindelse med mineraludvinding



Margot Albrecht C908005
Pernille Nielsen C908618

Forord

Vi vil gerne benytte os af lejligheden til at takke en del mennesker for, at dette projekt har været muligt.

Først en stor tak til Sven Karup-Møller, som er hovedvejleder på projektet, for råd og bistand igennem projektforsløbet.

Der næst en tak til Arne Villumsen, som ved en ihærdig indsats, muliggjorde selve turen.

Sidst men ikke mindst skal Sihn Hy Nguyen have en stor tak for sin hjælp og tålmodighed i den 3-ugers periode, hvor vi arbejdede i laboratoriet.

Vi er meget taknemmelige for, at Arktisk Station blev stillet til rådighed og retter samtidig en tak til Leif og Johanne Skytte.

Toralf Albrecht
19/10/2011

Resume

Minedrift på Grønland har i en årrække givet anledning til betydelig forurening med tungmetaller, hvorfor man idag er meget opmærksom på miljømæssige konsekvenser. Idag bestræber man sig på at udføre baggrundsmålinger inden minedriften påbegyndes. I dette projekt er en sådan baggrundsmåling blevet udført langs et profil ud fra Blæsedalen ved Godhavn på Disko.

Disko er domineret af tertiære basalter, hvorfor en tænkt nikkel-magnetkisforekomst er placeret i området omkring Blæsedalen. Der er således foretaget baggrundsmålinger af nikkel og kobber, ligeledes blev zink, bly og cadmium inkluderet.

Yderligere er sedimentprøvernes vandindhold, indhold af organisk stof samt kornstørrelsesfordelinger blevet bestemt. Udvalgte prøver er blevet kvalitativt og kvantitativt analyseret for lerminerale.

Et egnet monitoringsområde til kontrol ved minedrift er foreslået, placeret 7 - 8 km fra kysten.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	Side 1
2. Minedrift på Grønland	- 2
2.1. Maarmorilik	- 3
2.2. Ivigtuut	- 4
2.3. Mestersvig	- 5
3. Dannelseshistorie for Disko	- 8
3.1. De prækambriske bjergarter	- 8
3.2. Sedimenter fra Kridt- og Tertiærtiden	- 8
3.3. Tertiære vulkanske bjergarter	- 11
4. Dannelse og forvitring af magmatiske bjergarter	- 14
4.1. Krystallisationsprocesser	- 14
4.1.1. Indhold af tungmetaller	- 16
4.2. Forvitring	- 19
4.2.1. Lerminerale	- 19
5. Sorption	- 23
5.1. Sorption af tungmetaller	- 23
6. Prøvetagning - hvor og hvordan	- 25
6.1. Profilet i havet	- 25
6.2. Prøveoptagningsstederne	- 26
6.3. Prøveoptagningsredskaberne	- 28
6.4. Visuel beskrivelse af prøverne	- 29
7. Metoder	- 31
7.1. Vandindhold	- 31
7.2. Glødetab	- 31
7.3. Kornstørrelsesfordeling	- 31
7.3.1. Sedigraph	- 32
7.4. Lerminerale	- 33
7.4.1. Røntgendiffraktometer	- 34
7.5. Tungmetaller	- 36

8. Databehandling og resultater	Side 37
8.1. Vandindhold og glødetab	- 37
8.2. Kornstørrelsesfordeling	- 38
8.3. Lermineralanalysen	- 39
8.3.1. Kvalitativ bestemmelse	- 39
8.3.2. Kvantitativ bestemmelse	- 44
8.4. Tungmetalanalyser	- 45
9. Diskussion	- 48
9.1. Profilet	- 48
9.2. Tungmetaller	- 49
9.2.1. Tungmetallerne's placering	- 51
9.2.1. Gnejs eller basalt	- 54
9.3. Monitoringsområde	- 56
10. Konklusion	- 57
11. Litteraturliste	- 58

1. Indledning

Dette projekt tager udgangspunkt i en studietur til Grønland arrangeret af Institut for Geologi og Geoteknik samt Institut for Landmåling. Turen fandt sted fra den 6. august til den 23. august 1996.

Vi har begge en miljømæssig baggrund, hvorfor tungmetalforurening i forbindelse med mineraludvinding blev emnet til dette projekt.

Grønland er rig på mineralforekomster, og der har forekommet betydelig mineaktivitet gennem tiden, som har medført forurening af større områder. Idag tages der større miljømæssige hensyn end tidligere, man udfører bl.a. baggrundsmålinger i områder, hvor man planlægger en kommende mine, for at fastlægge det naturlige indhold af tungmetaller.

Formålet med vores projekt var at udføre sådanne baggrundsmålinger samt at fastlægge et egnet monitoringsområde, hvor kontrolmålinger ville kunne foretages, når mineaktiviteten påbegyndes. Vores aktiviteter var afgrænset til området omkring Godhavn på øen Disko, men her findes ingen mineralforekomster. Den nærmeste mineralforekomst ligger på det nordvestlige hjørne af Disko. Dette er en nikkel-magnetkis forekomst. Denne mineraltype er almindeligt forekommende i basalter. Da vi som før nævnt var afgrænset til område omkring Godhavn, valgte vi en tænkt mine af denne type placeret i Blæsedalen. Udover at udføre baggrundsmålinger for nikkel og kobber valgte vi at medtage tungmetallerne zink og bly, da disse har kommerciel betydning, samt cadmium, som er et følgemetal. Sædvanligvis inkluderer baggrundsmålinger analyser af levende organismers indhold af tungmetaller. Dette var også vores oprindelige hensigt, men da dette ikke var teknisk muligt, har vi udelukkende analyseret på sedimentprøver. Dette gjorde vores projekt mindre end tiltænkt, hvorfor vi for at kompensere for dette har valgt at give en detaljeret beskrivelse af sedimentet i prøveoptagningsområdet.

2. Minedrift i Grønland

Der har været minedrift i Grønland i over 300 år, og fra 1860 - 1990 var der uafbrudt en eller flere miner i drift, der producerede mineralske råstoffer til eksport. Størstedelen af produktionen har været centreret omkring tre store mineralforekomster, som vil blive beskrevet i det følgende. Alle de tidligere miner er nu tømt eller lukket. Den sidste mine lukkede i 1990 /1/.

Minedriften har givet anledning til forurening - specielt med tungmetaller, i forbindelse med spild og deponering af restprodukter. Spredning af metalholdigt støv har også vist sig at være en vigtig kilde til forurening. De fleste tungmetaller er, når de kommer fra minen, kompleksbundet og ikke toksiske. Det er, når tungmetallerne er på opløst form, at de er toksiske /2/.

Tungmetaller optages forskelligt afhængig af, hvilke tungmetaller det drejer sig om. Fordelingen af metaller i de enkelte organismer er ikke jævn, de fleste metaller har tendens til opkoncentrering i levervæv og i mindre grad i nyrevæv. Tungmetallerne cadmium og zink opkoncentreres dog primært i nyrevæv, mens bly opkoncentreres i knoglevæv /2/. De fleste optages i fødekæden, og ved akkumulation i denne kan koncentrationer med toksiske effekter på dyr og mennesker opstå. Det er især tungmetaller som bly, zink, krom, cadmium og kviksølv, som har toksiske effekter /1/. Det er af stor betydning, at det marine liv er upåvirket af tungmetaller. Befolkningen i Grønland ernærer sig af en stor del fisk og havdyr. Derfor kan det have katastrofale konsekvenser, hvis forurening af havmiljøet betyder, at der ikke længere kan fiskes eller fanges i større områder. For at vurdere forureningens omfang og effekter på miljøet kan der udføres miljøundersøgelser i de pågældende områder. Disse undersøgelser omfatter tungmetalanalyser af udvalgte levende organismer. Organismer er specielt egnede, hvis de lever meget stationært, og hvis de akkumulerer tungmetaller. Almindeligt brugte organismer til analyse er tang, blåmuslinger, rejer, diverse fisk og lav.

Når disse organismer analyseres for deres indhold af tungmetaller, fås et direkte mål for, hvor stor en konsekvens forureningen har haft. I denne forbindelse er det en fordel at kende områdets naturlige koncentrationsniveau, så man ved hvor stort et indhold, der kunne forventes hos upåvirkede organismer. Biomonitoring, som det kaldes når man bruger organismer som forureningsindikatorer, giver et billede af, hvordan dyre- og plantelivet påvirkes både af direkte forurening fra den oprindelige kilde men også via fødekæden gennem bioakkumulation. Yderligere kan man ud fra denne metode vurdere, om der er sundhedsfare for mennesker, hvis pågældende organismer fortæres.

2.1. Maarmorilik

Bly-zink minen i Maarmorilik i Vestgrønland, også kaldet "Den Sorte Engel", var i produktion fra 1973 til 1990. Minen var underjordisk og malmen blev primært brudt ved "room and pillar"-metoden, hvor man bryder det meste af malmen men lader enkelte søjler stå tilbage, for at undgå at fjeldet styrter sammen. Kun mindre dele af malmen blev brudt ved "cut and fill"-metoden, hvor man fylder den brudte mine op med for eksempel nedknust affald, således at søjlerne også kan brydes.

Malmen blev grov-knust i selve minen, og den løse malm blev transporteret til et oparbejdningsanlæg, hvor malmen blev knust til pulver. Pulveret blev derefter behandlet i to flotationsanlæg, hvor der blev fremstillet et zinkblende (ZnS)- og et blyglans (PbS)-malmkoncentrat /1/.

I en flotationsproces anvendes kemikalier, som er behæftet med stor hemmelighed fra mineselskabernes side, hvorfor deres sammensætning ikke er kendt.

Hvilken slags kemikalie der anvendes, afhænger af det mineral man isolerer fra pulveret. Formålet ved anvendelse af kemikalier er bl.a. at øge mineralets hydrofobe egenskaber, således at mineralkornet, når det kommer i kontakt med en luftboble vil bindes til og transporteres opad med denne. Ligeledes sørger kemikalierne for, at de bobler, der dannes, har passende egenskaber over for relevante mineraltyper. Boblerne skabes ved at luft gennembobler væsken bestående af vand, malmpulver og tilsatte kemikalier. Flotationsprocessen udnytter at mineralerne i pulveret har specifikke fysisk-kemiske overfladeegenskaber /3/.

Mineralkoncentraterne blev sejlet til smelteværker i Tyskland og Finland, mens den resterende del, som var et affaldsprodukt, også kaldet "tailings", blev skyllet i havet. Deponering af tailings i havet gav anledning til, at der opløstes flere tons bly og zink årligt. En anden kilde til forurening ved minedriften var det udsprængte materiale, som ikke var malm. Materialet betegnes gråbjerg, og dette affaldsprodukt blev skubbet ud over de stejle fjeldsider og ned i havet. Der opstod således gråbjergsdepoter med størrelser på flere hundrede tusinde tons på havbunden, som indeholdt betydelige mængder af både bly og zink. Den sidste forureningskilde, som medtages her, er det bly og zinkholdige støv, som blev spredt til omgivelserne ved brydning og transport af malmen /4/.

Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Arktisk Miljø (tidligere Grønlands Miljøundersøgelser (GMU)) har siden minedriftens start i 1973 medvirket ved tilsyn og miljømæssig regulering. Desuden er der blevet udført undersøgelser af omgivelsernes påvirkning. Disse undersøgelser viste allerede kort tid efter produktionens start, at

miljøpåvirkningen var betydelig, som følge af de store mængder opløst bly og zink fjordene ved Maarmorilik blev tilført /5/.

Efter minens lukning i 1990 har DMU forsat med jævnlige miljøundersøgelser af området. Undersøgelserne var baseret på en fastlæggelse af koncentrationerne af primært bly og zink i selve havvandet, men også i udvalgte organismer, såsom lav, blåmuslinger, rejer, tang samt diverse fisk og fugle. Miljøundersøgelserne viser, at forureningen af havvand er faldet betydeligt siden minedriftens ophør. Der afgives nu relativt små mængder af bly fra tailings og gråbjerg deponeret på havbunden. Der frigives stadig zink, dog i betydeligt mindre grad end da minen var i drift.

Man ønskede at vurdere i hvilket omfang støv fra minen spredte sig, derfor målte man på visse lavarter over en årrække. Man indsamlede kun frisk levende lav, der voksede oven på dødt organisk materiale for at undgå, at det indsamlede lav ikke havde optaget metaller fra underliggende bjergarter. Man kunne på baggrund af disse målinger konstatere at indhold af støvspreddt bly var faldet med 50 % fra minens lukning og frem til 1995. Samme faldende tendens ses ligeledes for støvspreddt zink. Resultaterne indikerede, at spredningen primært fandt sted, mens minen var i drift /4/.

Analyser af tang fra tidevandszonen og af fisk og rejer i området viser alle, at indholdet af bly og zink falder med tiden siden minens lukning. Visse fiskearter har idag et blyindhold, der er på samme niveau som hos fisk i upåvirkede områder, mens andre har forhøjede blyindhold i lever- og benprøver men ikke i kødprøver. Dette skyldes, som før nævnt, at bly akkumuleres i disse vævstyper. Man har vurderet, at der ikke er sundhedsfare ved fortæring af dyr med de pågældende koncentrationer.

Analyser af blåmuslinger, som er kendt for at bioakkumulere, samtidig med at de lever stationært, viser markante fald af både bly og zink; over 50 % fra 1994 til 1995. På trods af dette fald er koncentrationerne stadig så høje, at det frarådes at indsamle og fortære blåmuslinger fra fjordområdet /4/.

2.2. Ivigtuut

Minedrift af en stor kryolitforekomst ved Ivigtuut i Sydgrønland har også medført forurening med tungmetaller. Brydningen fandt sted i årene 1855 - 1962. Forekomsten bestod af et øvre kryolitlegeme og et nedre kvartslegeme. Kryolitlegemet var en såkaldt jernspatkryolit bestående af ca. 70 % kryolit (Na_3AlF_6), 25 % jernspat (FeCO_3) og nogle procent sulfider; hovedsageligt blyglans, zinkblende, kobberkis og svovlkis. Hele kryolitlegemet blev fjernet under brydningen og tilbage stod et åbent vandfyldt hul. I alt produceredes 3,7 millioner tons malm med en lødighed på 58 % for kryolit, 25 % for

jernspat og 8 % for fluor /3/. Det var kun selve brydningen der fandt sted ved Ivigtuut. Alt kryolitten blev oparbejdet i København.

I de første mange år af minens levetid kunne kryolitten kun anvendes, når den var næsten ren, d.v.s. at malmen skulle have en høj lødighed. Der blev produceret store mængder uren kryolit, som ikke kunne sælges. Dette blev istedet brugt som fyldmateriale ved bygning af moler, kajanlæg og veje. Senere blev metoderne til oparbejdning af kryolit forbedret således, at det blev rentabelt at anvende de gamle kryolitholdige fyldmaterialer. Dette medførte en omfattende opgravning af det lavlødige kryolit, og aktiviteten i området fortsatte frem til 1987 /6/.

I årene 1982 - 1992 udførte GMU en række miljøundersøgelser i området, hvilket skyldes, at man blev opmærksom på, at området var belastet af høje koncentrationer af især bly og zink /6/. Man fandt, at det især var tidevandszonerne omkring landdeponeringerne, som var stærkt belastet /7/. Undersøgelserne påviste forhøjede tungmetalkoncentrationer i fjordsedimenter, tang, muslinger og lav men ikke i fisk og rejer. Undersøgelserne omfattede tungmetallerne bly, zink, cadmium og kobber. I den pågældende årrække fandt man, at blybelastningen af muslinger og tang var svagt faldende, mens zinkbelastningen forblev uændret. Blyindholdet er dog stadig af en størrelse, hvor det anbefales ikke at indsamle muslinger over en kyststrækning på 32 km /6/.

2.3. Mestersvig

Den sidste af Grønlands tre store forekomster, der blev udnyttet, var bly-zink forekomsten ved Mestersvig i Østgrønland, også kaldet "Blyklippen". Blyglans (PbS) og zinkblende (ZnS) udgjorde hovedbestandelen af en stor sulfidlinse. Minedriften fandt sted i årene 1956 - 1962. Forekomsten var underjordisk og brydningen fandt sted ved "cut and fill"-metoden. Knusning, formaling samt oparbejdning blev udført under jorden. Der blev i alt brudt 560.000 tons malm med en lødighed på 10 % for zink og 9,5 % for bly /3/.

Selve minen og tailings-depoter ligger inde i en dal ca. 5 - 15 km fra udskibningshavnen Nyhavn ved Kong Oskars Fjord (Nyhavn ligger 1 - 3 km fra Mestervig lufthavn).

De første miljøundersøgelser af området omkring Mestersvig minen blev gennemført i 1979. Undersøgelserne viste en markant blybelastning af tangplanter, og de højeste koncentrationer, man fandt, var centreret omkring det havneområde, hvor udskibning af blykoncentratet fandt sted. På denne baggrund har man tolket, at der har været omfattende spild i forbindelse med oplagring og lastning af malmskibene, mens der ved minen ikke synes at være nogen forurening af betydning /8/.

Senere miljøundersøgelser fra 1985 viste, at området omkring havnen stadig var belastet af høje bly koncentrationer. Visse muslinger og tangplanter indeholdt op til 100 gange mere end den naturlige blykoncentration /8/.

Generelt er forureningen fra minedrift blevet formindsket. Tidligere var man ikke opmærksom på den kilde til forurening, der lå i restprodukter som tailings og gråbjerg, hvorfor der ikke blev taget specielle miljømæssige hensyn til, hvor disse blev deponeret. Der blev udelukkende taget økonomiske hensyn.

Selv om der idag ikke er mineaktivitet i Grønland, er problemstillingen omkring deponering af især tailings i kystnære områder stadig aktuel. Dette skyldes fund af forekomster, der kan vise sig at være rentable. I dag forsøger man at bruge affaldet som opfyldningsmateriale, j.v.f. "cut and fill"-metoden, hvorved man sikrer, at der ikke sker en udsivning til det omgivende miljø. En anden måde at håndtere tailings på er blevet benyttet ved den canadiske mine Nanisivik, som er beliggende kystnært i et arktisk klima. Her har man fået positive erfaringer, som muligvis kan udnyttes i fremtiden. Bly-zink minen Nanisivik kom i produktion i 1976, og man gjorde sig mange overvejelser omkring deponering af tailings. Løsningen, der blev valgt, tog både miljømæssige og økonomiske hensyn og gik ud på at deponere restprodukterne i en nærliggende ferskvands sø med et naturligt fattigt dyre- og planteliv. Tailings føres til søen via rørsystemer for at minimere kontakten med det omgivende miljø. Løsningen har tilsyneladende fungeret, men man har måtte revurdere situationen, idet minens levetid er blevet længere end først antaget, og søen kun har en vis kapacitet til formålet.

Man har sammenlignet effekterne på miljøet ved Maamorilik, Ivittuut og Nanisivik. Disse sammenligninger peger på, at den mest miljørigtige model er den der er blevet brugt i Nanisivik (p.g.a. de kontrollerede forhold der er, idet søen er afgrænset) /7/.

Fremtidige fund af forekomster vil, hvis det viser sig at være en forekomst egnet til brydning, betyde, at man bør udføre en undersøgelse, der vurderer områdets naturlige belastning af relevante tungmetaller. Ved Citronen Fjord i Nordgrønland fandt man i 1993 en større zinkforekomst. Efterfølgende miljøundersøgelser viste høje koncentrationer af opløst zink, bly, cadmium og kobber i en flod, der gennemløb et område med forvitrede sulfider. Undersøgelsen konkluderede, at blottede forekomster af sulfider er en betydelig kilde til opløste tungmetaller p.g.a. forvitring. Forvitningsprocessens omfang skyldes, at der i en tre måneder lang periode hvert år er betydelig vandafstrømning over

de blottede sulfider. Vandet, som har høje koncentrationer af bly, zink og jern, løber ud i Citronen fjord. Afstrømningens årsvariation betyder, at den samme variation af koncentrationer af metallerne kan findes i havvandet omkring fjorden. Dette forhold har gjort, at man anbefaler, at analyser fra området tages over hele året fremover. Ligeledes anbefales det også, at baggrundsundersøgelser foretages, før en evt. brydning igangsættes og understreger vigtigheden af at kende de naturlige tungmetalkoncentrationer i området /9/.

3. Dannelseshistorie for Disko

På Grønland findes de ældste bjergarter, som er aldersbestemt noget sted på jordkloden. Isua-området i bunden af Godthåbsfjorden giver aldre på op mod 3.800 millioner år. Man er således istand til at spore Grønlands geologiske historie tilbage til måske rester af jordklodens første skorpedannelse, idet jorden anses for at være ca. 4.600 millioner år gammel /11/.

Grundfjeldet på Disko når dog ikke helt op på samme alder. I det følgende gives en så detaljeret dannelseshistorie for Disko som muligt.

3.1. De prækambriske bjergarter

Grundfjeldet på Disko er en del af det yngre grundfjeld, som kaldes Nassugtoquiderne. Dette grundfjeld er domineret af en nordøstlig folderetning, som strækker sig fra Søndre Strømfjord og helt op til den nordlige Disko Bugt. Navnet har det fået efter det vidt forgrenede fjordkompleks - Nordre Strømfjord, hvis grønlandske navn er Nagssugtôg, som betyder rensdyrtak.

Nassugtoquidernes bjergarter, som fortrinsvis er gnejser, giver med kalium/argon-metoden radiometriske aldre mellem 1740 og 1650 millioner år. Anvendes uran/bly-metoden fås imidlertid aldre på omkring 2500 - 2800 millioner år; et udtryk for at materialerne er oparbejdet ældre grundfjeld /11/. Grundfjeldet på Disko er således dannet for ca. 1700 millioner år siden, og det er dannet ved opsmeltning af ældre grundfjeld, hvis alder er 2500 - 2800 millioner år.

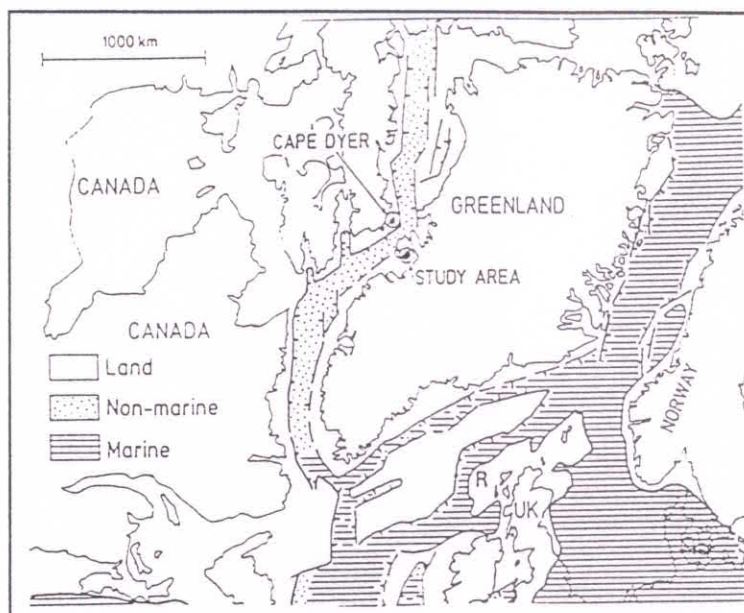
Grundfjeldet er blottet nogle få steder, hvor de overliggende lag er borteroderet (se figur 3.5).

3.2. Sedimenter fra Kridt- og Tertiærtiden

Efter at den nassugtoquideske bjergkædedannelse var afsluttet, skete der stort set ikke noget, geologisk set, i de næste ca. 1700 millioner år. Først i Kridttiden, d.v.s. samtidig med at skrivekridtet aflejres i Danmark, hvilket er ca. 100 millioner år siden, begynder aflejringen af sedimenter på ny i området /12/.

Indsynkningen af det prækambriske underlag, i området hvor det nuværende Disko, Nûgssuaq og Svartenhuk ligger, begynder i nedre kridt. Indsynkningsområdet er begrænset af forkastninger mod øst /10/. Området benævnes som det Vestgrønlandske

Bassin. Indsynkningen er en langsom proces, og selve aflejringen begynder først i Alb tiden. Kontinentalforskydningen har på dette tidspunkt endnu ikke skabt hav mellem Canada og Grønland (se figur 3.1).



Figur 3.1. Palæogeografisk kort af området på Alb tiden, hvor Vestgrønlands placering er vist relativt i forhold til Nordamerika og Nordvesteuropa /12/.

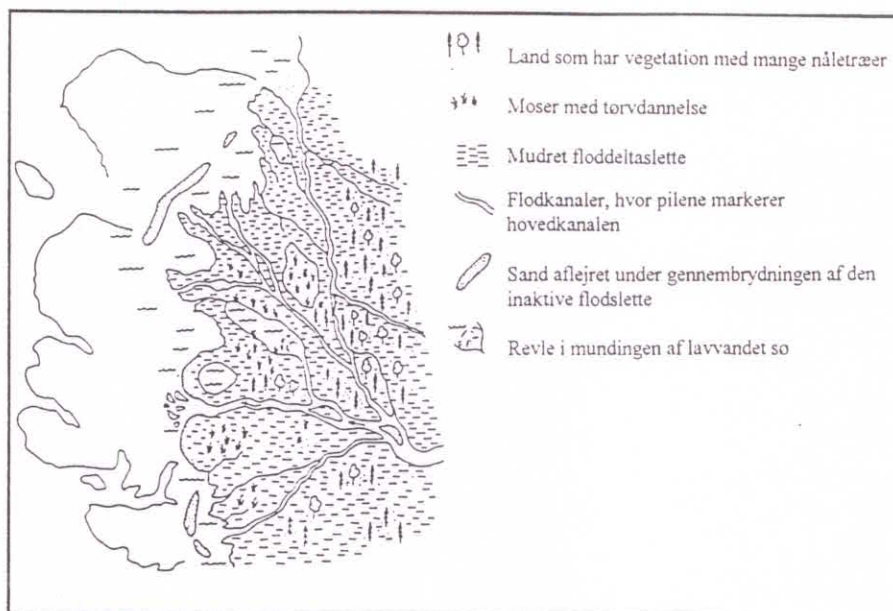
Som det ses af figur 3.1 er kridttidsaflejringerne på Disko ikke-marine, hvilket stemmer godt overens med, at ingen endnu har rapporteret om fund af marine fossiler i kridttidssedimenterne på Disko. Der er dog mulighed for, at området nogle gange kort har været overskyllet af hav /12/.

Området, der består af det nuværende Disko, Nuussuaq og Svartenhuk halvøen, udgjorde i denne periode et kæmpemæssigt delta ved munden af et stort flodsystem, som svarer til nutidens Mississippi. Flodsystemet har sandsynligvis afvandet store dele af det indre Grønland (se figur 3.2) /13/. Disse ikke-marine sedimenter aflejret i Kridttiden kaldes the Atane Formation /14/.

På selve Disko danner flodsystemet nærmest en vestliggående fane, som udsprede fra et punkt på den østlige side af øen /14/. Som før nævnt afvandede dette flodsystem formodentligt størstedelen af Grønland. Materialerne til aflejringerne stammer således fra nederoderet grundfjeld.

Sedimenterne er forskellige, alt efter hvor de aflejredes i flodsystemet. I flodkanalerne er sedimenterne mere grovkornede end aflejringerne på flodsletterne. Begge former for sedimenter består dog primært af sand, hvorfor bjergarten, dannet af aflejringerne fra

kridttiden, er sandsten. I disse sandsten kan der forekomme kullag. Kullagene forefindes i de områder, hvor plantevæksten har været frodig.



Figur 3.2. Palæogeografisk kort over Disko-Nûgssuaq området på Vestgrønland i den sene Kridttid /14/.

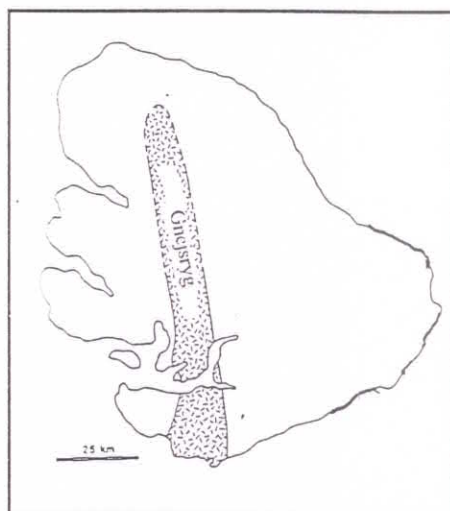
The Atane Formation er blottet tre steder på Disko; ved en lokalitet på Diskos østkyst, samt ved to lokaliteter på Diskos sydøst kyst, Skansen og Igdlunguaq (se figur 3.5 for placeringerne). Ved disse tre lokaliteter er the Atane Formation blevet kortlagt.

På Skansen og Igdlunguaq har aflejringer fra flodkanaler været dominerende. Disse aflejringer udgør ca. 75% af sedimenterne og forekommer som 10-30 m tykke lag af hvidt til gulligt, krydsaflejret, mellemkornet sand. Aflejringerne, som stammer fra flodslettemiljøet, udgøres af lerskiferlag, tynde kullag samt lag af finkornet sand. Disse tre typer af lag er tyndere men har en videre udstrækning. Kullagene har et meget højt aske indhold, hvorfor man har konkluderet, at når man sammenligner Kridttidens dannelser i dette område med dannelserne i det nuværende Mississippi, må den sydøstlige del af Disko mere præcist sammenlignes med Mississippis nedre flodslette /12/.

Nogle steder på Disko har plantevæksten være mere frodig end i de nævnte områder, bl.a. ved Qutdligssat på nordøst kysten. Her har plantevæksten været så frodig, at den har givet anledning til aflejring af kullag. Disse har været så tykke, at de har kunnet brydes /10/.

Denne form for sedimentær aflejring i floddeltamiljø strækker sig helt op i den ældre del af Tertiærtiden. I løbet af hele denne periode (Kridt- og ældre del af Tertiærtiden), aflejres en over 2000 meter tyk sedimentserie /11/. Serien er kun blotlagt og dermed

udsat for erosion på den østlige side af øen (se figur 3.5). På resten af Disko er serien velbevaret, da den hurtigt dækkedes af basaltlag. Disse basalter dækker også en gnejsryg (se figur 3.3 for placering). Man ved ikke om denne gnejsryg eksisterede i Kridttiden, eller om den først blev løftet op i forbindelse med forkastningerne, som fandt sted i sen Kridt eller tidlig Paleocæn /14/.



Figur 3.3. Kort over Disko, hvorpå gnejsryggen er optegnet /The nonmarine/.

3.3. Tertiære vulkanske bjergarter

Grønland har to store tertiære vulkanprovinser. De er ikke forbundet under indlandsisen /11/. Den ene er beliggende i det centrale Vestgrønland og den anden i det centrale Østgrønland, og de er ikke dannet samtidig. Den Østgrønlandske vulkanprovins blev dannet umiddelbart efter den Vestgrønlandske /15/. Man mener, at årsagen til disses dannelser er kontinentforskydning som følge af en hot spot.

Den Vestgrønlandske vulkanprovins omfatter udover Disko også Nugssuaq, Ubekendt Ejlend og Svartenhuk samt havdækkede områder på den Vestgrønlandske sokkel /11/. Langt den overvejende del af de tertiære plateaubasalter, som dækker dette område, blev dannet over en periode på kun 5-6 millioner år for ca. 60 millioner år siden i Danien-Paleocæntiden /15/. Denne korte periode med kæmpemæssig magmatisk aktivitet afløstes af en periode med langt mindre magmatisk aktivitet. Denne periode stoppede for ca. 30 millioner år siden, d.v.s. at den strakte sig ca. 20 millioner år ind i Oligocæntiden /11/. Perioden, hvor plateaubasalterne dannes, indledes med, at magma rigt på olivin strømmer direkte fra Jordens kappe op gennem spalter inden for gravsænknningen (det Vestgrønlandske Bassin). Aktiviteten er kraftigst i en zone fra det vestlige Disko til det

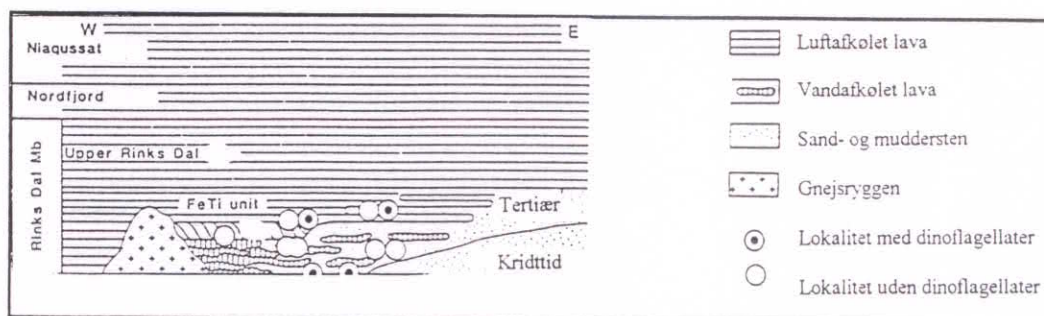
vestlige Svartenhuk, hvor et lavaplateau blev opbygget af talrige udbrud af reblavaer af den olivinrige bjergart pikrit /11/. Pikrit karakteriseres som et olivinrigt høj-temperatur magma. Det menes at være produceret i centrum af hot spotten /15/. De enkelte lavastrømme er typisk få meter tykke.

Den Østlige del af bassinet forblev længe vanddækket. Hvor magma flød ud i eller op i vand dannedes pudelavaer og glasbreccier /11/. Produktet af denne vulkanske aktivitet kaldes Vaigat Formationen.

Efter dannelsen af Vaigat Formationen skifter vulkanismen karakter og Maligât Formationen dannes. Den består primært af tykke massive feldspat-porfyriske lavastrømme. De er meget forskellige fra de tynde lavestrømme i Vaigat Formationen. Maligât Formationens tykkeste sted er i den centrale og vestlige del af Disko, hvor den uformelt opdeles i tre formationer: Rinks Dal, Nordfjord og Niaquussat /15/.

Da lavaudbrudene startede, eksisterede der et vandfyldt bassin, som var afgrænset mod vest af Disko Gnejsryggen, af Vaigat Formationen mod nord og af en lavtliggende flodslette mod øst. Hvad der afgrænsede bassinet mod syd, er stadig uklart /15/. Her dannedes den nedre del af Rinks Dal Formationen ved at magma flød ind i bassinet fra vest og nordvest, mens lerskifer og standsten aflejredes i bassinet fra øst og sydøst. Disse to bjergarter indskydes mellem hinanden /15/.

Ved dannelsen af den nedre del af Rinks Dal Formationen fyldes bassinet op, og de yngre lavaer fra den øvre del af Rinks Dal Formationen samt Nordfjord og Niaquussat Formationerne (den resterende del af Maligât formationen) "afsættes" alle på land, hvorved de karakteristiske søjlebasalter dannes.

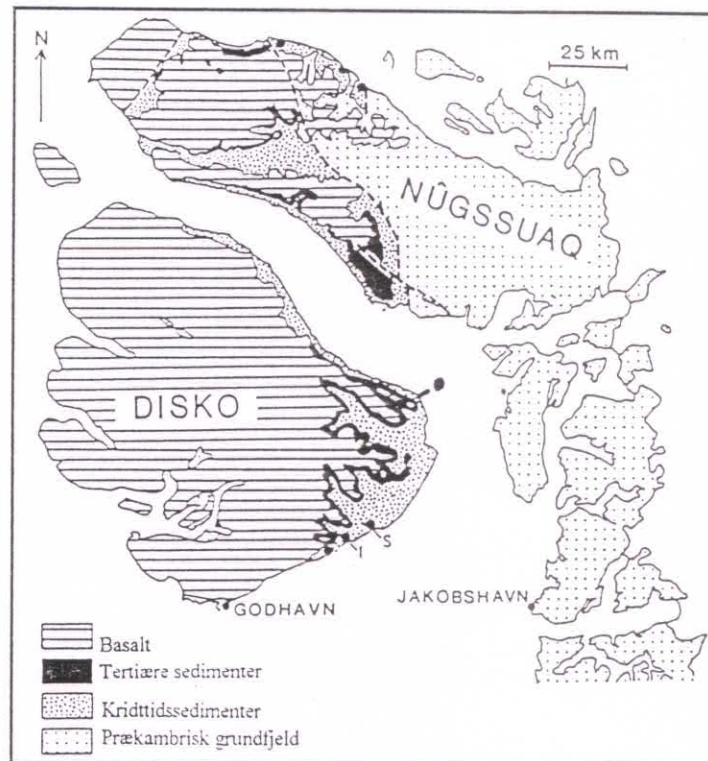


Figur 3.4. Et snit fra vest til øst igennem Maligât Formationen i den sydlige del af Disko /15/.

For overblikkets skyld, er der i figur 3.4 vist et snit gennem Maligât Formationen, hvor også de tre uformelle inddelinger er medtaget.

Maligât Formationen dækker næsten hele Disko. Som før nævnt overlever den sandsten fra kridttiden og tidlig tertær i den sydlige del af øen, mens den på den nordlige del af

øen dækker en del af Vaigat Formationen. Vaigat Formationen er således kun blotlagt ved nordkysten af Disko.



Figur 3.5. Geologisk kort over Disko og Nûgssuaq, som viser hvorledes området idag ser ud under kvartæraflejringerne. På kortet er de tre steder, hvor the Atane Formationen er blevet kortlagt, ligeledes afmærket; det ene på østkysten samt Skansen (S) og Igdlunguaq (I) på sydøstkysten /12/.

Det er således de tertiære basalter, der danner det øverste geologiske lag på øen (hvis der ses bort fra kvartæraflejringerne), samt er alt dominerende, hvilket også kan ses af figur 3.5. Det ses også, at basalterne kun er borteroderet langs østkysten samt nogle få områder, hvor også kridttidsaflejringerne er borteroderet, hvorved det prækambriske grundfjeld er synligt.

4. Dannelse og forvitring af magmatiske bjergarter

I dette afsnit vil teorien, som ligger til grund for dannelsen af magmatiske bjergarter, blive præsenteret. De magmatiske bjergarter inddeles i to grupper, dybbjergarter (kaldes også plutoniske samt intrusive bjergarter) og dagbjergarter (kaldes også vulkanske og ekstrusive bjergarter).

Dybbjergarterne dannes ved at opsmeltet materiale trænger opad i jordskorpen og størkner som enorme legemer. Hvis optrængningen medfører smeltning af overliggende bjergarter, vil disse blive assimileret i magmasmelten og vil som følge heraf ændre sammensætning. Opstigning af magmasmelten kan også ske ved at de omkringliggende bjergarter presses til side, hvorved magmasmeltens sammensætning vil være uændret. Størkningen af magmaet finder sted ved langsom afkøling. Dagbjergarter dannes ved at magma trænger frem på jordens overflade, hvor den derefter lynafkøles.

4.1. Krystallisationsprocesser

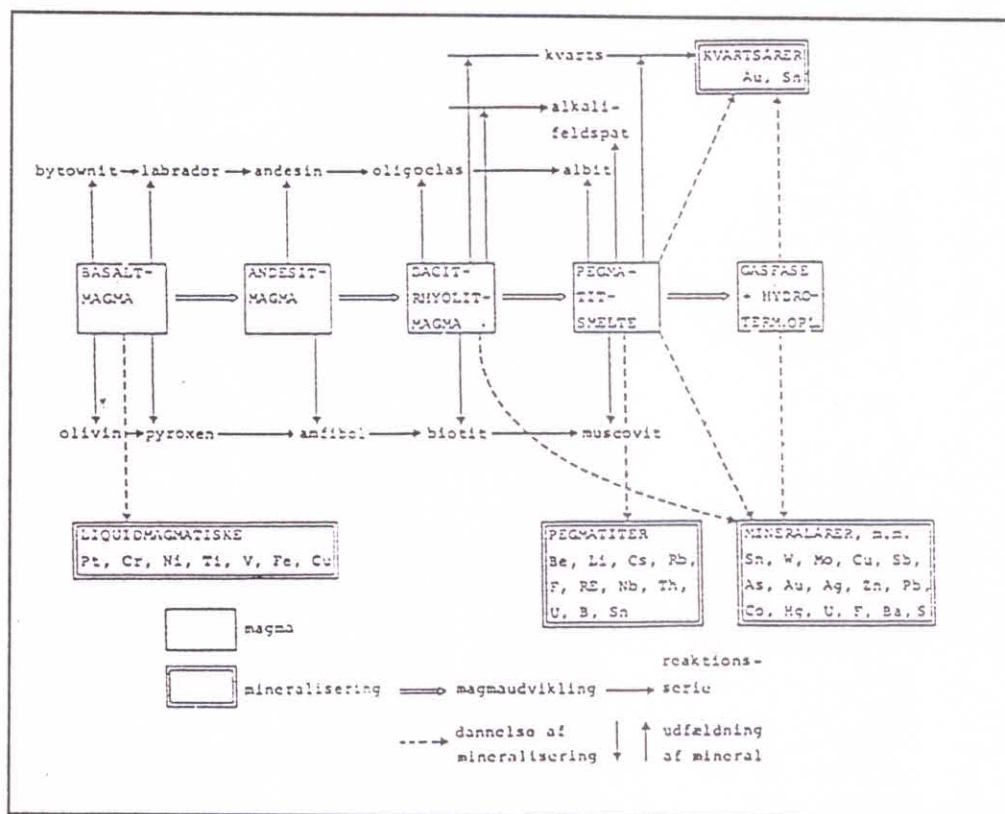
Når magmatiske bjergarter dannes af en silikatmagma, som er den mest almindelige magmatype, kan magmaen opstå i jordskorpen på to forskellige måder. Enten kan en stensmelte med basaltisk sammensætning trænge op til jordens overflade fra astenosfæren, eller også kan en smelte med granodioritisk til granitisk sammensætning opstå i forbindelse med bjergkædedannelse ved en opsmeltningproces af tidligere dannede bjergarter.

Grundfjeldet på Disko består primært af gnejser, som formodes at være ca. 1700 millioner år gammelt. Gnejserne antages at være dannet ved en opsmeltning af gammelt (2500 - 2800 millioner år) granitisk grundfjeld, se dannelseshistorien i kapitel 3.

I det følgende vil de krystallisationsprocesser, som en stensmelte af basaltisk sammensætning undergår, blive beskrevet. Det skal tilføjes, at hele det beskrevne krystallisationsforløb er baseret på ligevægtsbetingelser, hvilket betyder, at det skal betragtes som værende ideelt, og at det ikke vil finde sted i naturen helt som beskrevet. Krystallisation af basaltisk magma inddeles i to reaktionsserier: En diskontinuert serie af mørke mineraler (omfattende olivin-pyroxen-amfibol-biotit-muskovit) og en kontinuert serie af lyse mineraler (omfattende feldspatgrupperne anortit-albit; når albit udfældes, udfældes samtidig K^+ -feldspat og kvarts, d.v.s. granit).

Krystallisationen begynder med en udfældning af olivin, hvis generelle formel er $(Mg,Fe)_2SiO_4$, og anortit, $CaAl_2Si_2O_8$. Disse vil reagere med restmagmaet, efterhånden

som temperaturen falder. Olivin skifter gradvist sammensætning, og slutteligt vil den opløses helt under dannelse af pyroxen, $Me^{2+}Si_2O_6$, hvor $Me = Fe, Mg, Ca$. Pyroxenen reagerer med restsmelten og bliver mere jernrig. På et tidspunkt opløses pyroxenen, og amfibol udskilles. Amfibolgruppen er en meget blandet gruppe, men har den almindelige formel $AX_2Y_3Z_3O_{22}(OH,F)_2$, hvor A enten er tom eller besat af Na^+ eller K^+ . For resten af formelen gælder følgende: $X = Na^+, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}$; $Y = Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}, Ti^{4+}$; $Z = Al^{3+}, Si^{4+}$. Af dette fremgår det, at mulighederne for forskellige substitutioner er meget store i denne gruppe; større end blandt pyroxenerne. Slutteligt dannes biotit, $K(Mg,Fe,Mn)_3(OH,F)_2AlSi_3O_{10}$, og derefter muskovit, $KAl_2(OH,F)_2AlSi_3O_{10}$. Plagioklasen bliver parallelt med ovenstående omdannet til at være mere fattig på calcium og mere rig på natrium, og der udfældes K-feldspat og kvarts.

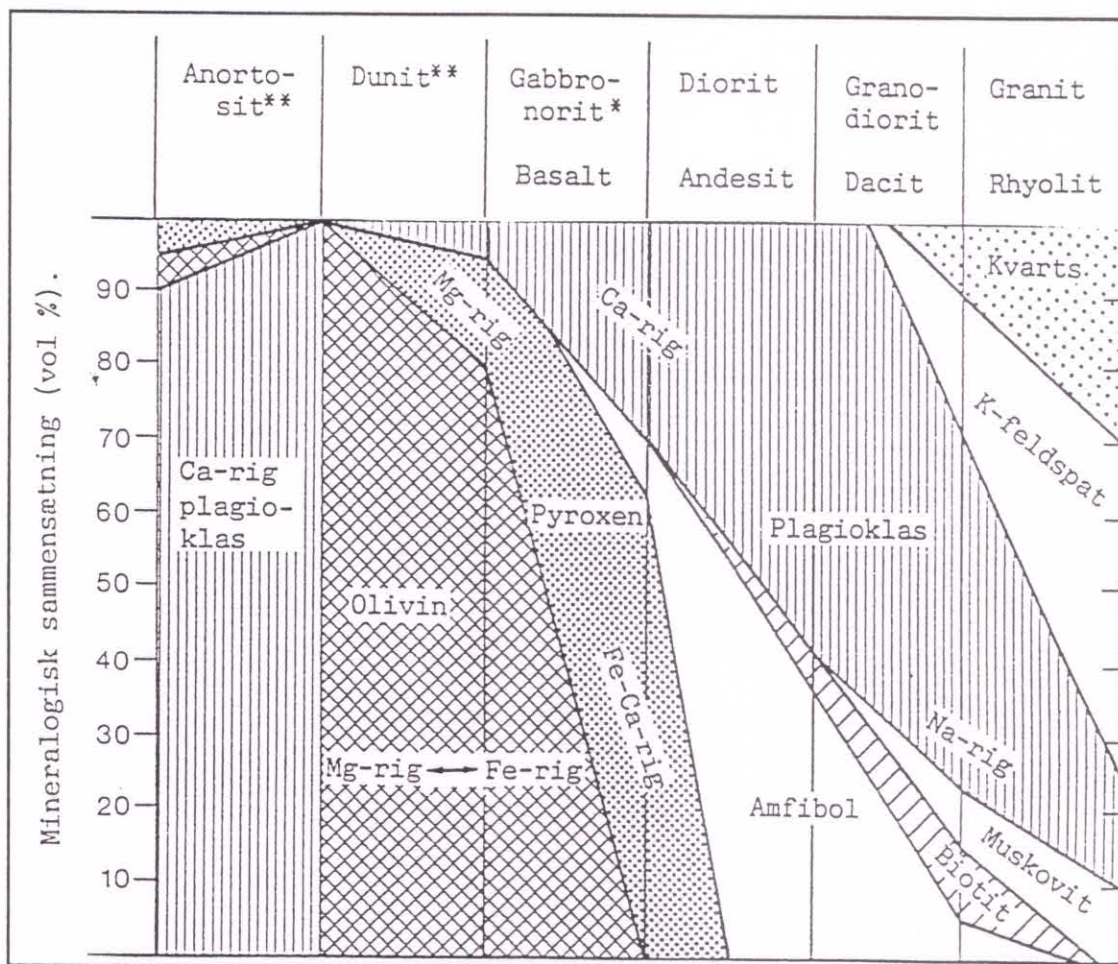


Figur 4.1. Skema for normal differentiation /3/.

Efter olivin- og anortitudskillelsen vil restmagmaet være beriget på de komponenter, som ikke er opløst i de to mineraler; magmaet vil være rigt på SiO_2 men fattigt på Ca og Mg. Olivin og anortit har en vægtfylde, som gør, at de som regel vil synke til bunds og vil derfor ikke længere kunne reagere med restmagmaet. På et tidspunkt vil olivinudfældningen ophøre, idet den kemiske sammensætning af restmagmaet ikke længere tillader det; pyroxenudfældningen starter. Fortsat indsynkning af udfældede krystaller betyder en

kontinuert ændring af magmaets kemiske sammensætning fra at have haft en basaltisk sammensætning til at være et surt granitisk restmagma. Dette restmagma krystalliseres som granit, der er sammensat af mineralerne albit, kalifeldspat, kvarts og glimmer. Hele forløbet er vist skematisk i figur 4.1.

Den bjergart, der dannes, er afhængig af magmasmeltens sammensætning, som er styret af hvor langt i krystallisationsforløbet magmaen befinder sig. På figur 4.2 ses variationen i den mineralogiske sammensætning af forskellige bjergartstyper; fra de ultramafiske (dunit) til de sure (granit og rhyolit) bjergarter.



Figur 4.2. Variation i mineralogisk sammensætning af de mest almindelige plutoniske (øverst) og tilsvarende vulkanske (nederst) bjergarter /3/.

*Gabbro hvis augit er eneste pyroxen tilstede. Norit hvis både augit og hypersten er tilstede.

**Vulkanske bjergarter med dunitisk eller tilsvarende ultramafisk sammensætning optræder kun uhyre sjældent.

4.1.1. Indhold af tungmetaller

I magmaet er mange grundstoffer repræsenteret i varierende mængder. Der findes således også et naturligt indhold af tungmetaller, hvoraf nogle vil indgå i de bjergartsdannende

mineraler. Indholdet af de forskellige tungmetaller vil variere fra bjergart til bjergart, da tungmetallernes evne til at substituere mineralernes metaller afhænger af metallet. Et metal kan substituere af et tungmetal, hvis de har samme ladning og deres ionradier er nogenlunde lig hinandens. Tungmetallets evne til at substituere et metal aftager med stigende forskel i ionradier, f.eks. kan nikkel (ionradius = 69 pm (+2)) substituere magnesium (ionradius = 66 pm (+2)) og jern (ionradius = 74 pm (+2)), hvilket kobber (ionradius = 72 pm (+2)) også kan gøre bare ikke i samme grad. På baggrund af ionradierne skulle man umiddelbart formode, at kobber var bedre til at substituere jern. Dette viser sig dog ikke at være tilfældet i praksis. Hvorfor vides ikke.

Det kan i denne sammenhæng nævnes at nikkel kan substituere magnesium og jern i olivin med op til 0,3-0,4 vægtprocent.

I tabel 4.1 er de forskellige bjergarters gennemsnitlige indhold af tungmetaller, som er af betydning for den foreliggende undersøgelse, opstillet.

	Dunit	Gabbro	Tholeiitic basalt*	Diorit	Andesit	Granodiorit	Dacit	Granit	Rhyolit
Pb	- ⁽¹⁾	2,7	3,7	9	10,6	15	15,2	23,6	24
Ni	1,4		134		18	9,1 ⁽⁴⁾		52	< 6
Cu		55	90 ⁽²⁾	50	55		6	13,5	6
Zn		100	69,3 ⁽³⁾	78,8	72,7	52,4		48,0	

Tabel 4.1. Gennemsnitskoncentrationer (ppm) af bly, nikkel, kobber og zink i de mest almindelige plutoniske og vulkanske bjergarter. Hvis verdensgennemsnitskoncentrationen er opgivet, er dette tal anvendt, hvis ikke er gennemsnittet af koncentrationerne i den pågældende bjergart fra de områder, som er opgivet beregnet /16/.

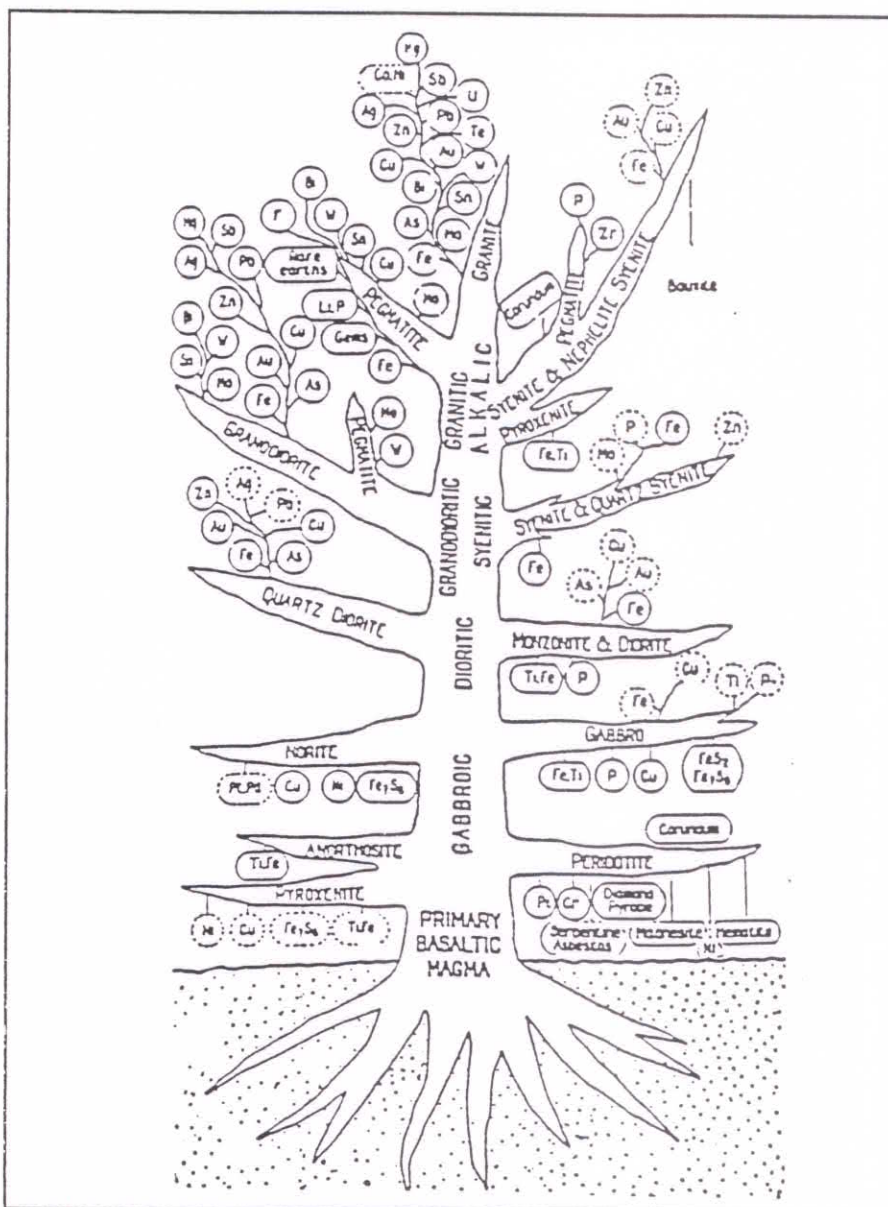
*Tholeiitic basalt er blevet medtaget frem for alkali olivin basalt (eller dem begge), da det er denne, der forefindes på Disko.

- (1) Data fra forskellige områder svinger så meget, at angivelse af et gennemsnit ikke vil være korrekt.
- (2) Dette er verdensgennemsnitskoncentrationen for tholeiitic og alkali olivin basalter tilsammen, da data ikke fandtes separat for tholeiitic basalt.
- (3) Der var ikke opgivet et verdensgennemsnit, hvorfor det blev valgt at beregne et gennemsnit på baggrund af de målinger, der var foretaget på Vest Grønland.
- (4) I dette tal indgår også nogle granitter.

Koncentrationen af et grundstof, indenfor et begrænset område, kan forekomme i størrelsesordener, der er langt højere end det gennemsnitlige indhold i den pågældende bjergart. Disse geologiske abnormiteter kaldes mineralforekomster.

På figuren 4.3 ses det mineralogiske træ, som viser hvilke typer magma, der giver anledning til hvilke mineraludfældninger. Det ses at de mineraludfældninger man kan forvente i basalterne i området omkring Disko findes på to af træets grene, som benævnes Norite og Gabbro. De omfatter bl.a nikkel og kobber, som i basalter vil forekomme som sulfid malme.

I den tidlige fase af krystallisationsforløbet udskilles en sulfidmelte, som indeholder jern og under tiden betragtelige mængder af nikkel og kobber. Denne smelte krystalliserer som magnetkis ($Fe_{1-x}S$), pentlandit ($(Fe,Ni)_8S_9$) og kobberkis ($CuFeS_2$) og betegnes nikkel-magnetkis forekomster. Dette skyldes at mineralforekomsten hovedsageligt består af sulfidmineralet magnetkis. Nikkel-magnetkis malmen indeholder i gennemsnit 1-2 % nikkel, 0,8-1 % kobber samt spormængder af et stort antal grundstoffer (Pb, Zn, Ag, Co, Te, Se, As, Sb, Pt-metaller m.fl.).



Figur 4.3. Det mineralogiske træ, som beskriver relationen mellem mineralforekomster og krystallisationsforløbet af et basaltisk magma. De, som er placeret over grenene, er forekomster, der stammer fra volatiler af sentil postmagmatisk oprindelse; de, som hænger ned, er opstået ved udfældning af sulfidmelte eller krystaller i magmakammeret /17/.

4.2. Forvitring

Bjergarter nedbrydes som følge af kemisk og mekanisk forvitring, hvor den kemiske generelt betragtes som langt den vigtigste. Ved kemisk forvitring forstås et samspil mellem følgende processer: Hydratisering, syrepåvirkning, redox-processer, biologisk aktivitet og kolloidale processer /3/. I arktiske områder vil den mekaniske forvitring have stor betydning, da den omfatter gletcher-isens fysiske nedslidning af bjergarter. Ligeledes vil bjergarter i disse områder tit være udsat for mekanisk opsprækning, da mineralerne har forskellige temperaturafhængige udvidelseskoefficienter. Når en bjergart er opsprækket er den eksponeret for yderligere mekanisk forvitring i form af frostsprængninger.

Når bjergarterne forvitrer, vil det frigjorte materiale aflejres i det omkringliggende miljø. De primære forvitringsprodukter, som forekommer ved mekanisk forvitring, er sand og silt, hvori grundbestanddelene (mineraler) kan genfindes. Mineralernes stabilitet i forvitringsprocessen stiger, jo senere de er udfældet i krystallisationsforløbet af et basaltisk magma. Som nævnt under krystallisationsprocessen, er det første mineral, der udfælder, olivin. Dette mineral er stabilt ved høje temperaturer, hvorfor det ved en forvitringsproces, hvor temperaturerne er lavere, vil være meget ustabil. Det vil derfor sjældent kunne forefindes i sand og silt. Det næste mineral i udfældningsprocessen er pyroxen. Dette er mere stabilt end olivin i forvitringsprocessen, hvorfor det vil kunne forefindes i sand og silt. Og så fremdeles.

De sekundære produkter i forbindelse med forvitring er lermineraler. I det følgende vil lermineralernes sammensætning og struktur blive gennemgået. Der er lagt vægt på lermineralerne kaolinit og illit, som menes at stamme fra granit og gnejs, samt smektitgruppen, som formodes at stamme fra basalt, da disse grupper har relevans for dette projekt /3/.

4.2.1. Lermineraler

Silikater er en betegnelse for krystallinske forbindelser med et højt indhold af silicium og ilt, hvor silicium binder ilt i en stærk tetraederisk bindingsstruktur. Silicium kan substituere med aluminiumsioner med op til 50 %. Derudover kan en række andre grundstoffer binde sig til iltatomerne og indgå i krystalstrukturen. SiO_4 -tetraedrenes indbyrdes placering i krystalstrukturene giver anledning til en klassificering af silikaterne. Når SiO_4 tetraedrene danner sammenhængende lag, betegnes de fyllosilikater eller laggittersilikater. Disse lag danner et todimensionalt net af SiO_4 tetraedre, som sammen

danner heksagonale ringe. Tre af de fire iltatomer er bundet til andre tetraedre, mens det fjerde ikke er bundet. Disse iltatomer ligger på samme side af hvert tetraederlag, og aluminium- eller magnesiumioner kan binde sig til dem som et lag. Til dette lag af kationer, vil et lag af OH⁻ ioner bindes. Aluminium- og magnesiumionerne omgives af O⁻ og OH⁻ på en måde, så der dannes en oktaederisk struktur, som kan variere i en sådan grad, at den giver anledning til ny inddeling: Di- og tri-oktaederiske lag, som videre kan inddeles på grundlag af lagrækkefølgen.

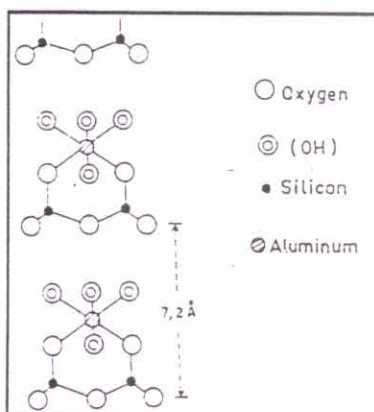
Oktaederlaget har to flader. Hvis den ene flade er fælles med et tetraederlag, og den anden kun er bundet til det næste tetraederlag af Van der Waalske kræfter, p.g.a manglende frie iltatomer, er der tale om et 2-lags laggittersilikat med skiftevis tetraeder- og oktaederlag. De Van der Waalske bindingskræfter er svage således, at der i disse planer, findes en høj spaltelighed.

Når oktaederlagets to flader begge er fælles med et tetraederlag, fås en anden lagrækkefølge, hvor der findes Van der Waalske kræfter mellem de tetraederlag, som ikke har et oktaederlag mellem sig. Spalteligheden ligger mellem disse tetraederlag, og denne struktur betegnes som 3-lags laggittersilikater /20/.

Alle lermineraller findes blandt laggittersilikaterne. Som det vil fremgå af resultaterne, er der fundet tre forskellige lermineraller i de analyserede bundprøver. Disse tre mineralers kemi og gitterstruktur beskrives i det følgende.

Kaolinit

Kaolinit er en 2-lags laggittersilikat, som tilhører Kaolingruppen. Kaolinit er på formen (OH)₄Al₂Si₂O₅, som gør den ladningsneutral, idet aluminium og silicium bidrager med 14 positive ladninger, som udlignes af fjorten negative ladninger fra iltionerne og hydroxyl-grupperne. På figur 4.4. kan den skematiske fremstilling af kaolinitets struktur ses.



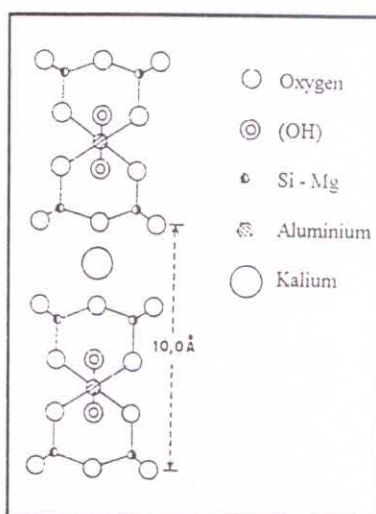
Figur 4.4. Skematisk fremstilling af kaolinitets struktur /19/.

Kaolinit er meget stabil i hydrosfæren både i jorde og sedimenter, og er det mest almindelige lermineral, man kender /19/.

Illit

Illit tilhører glimmergruppen og er en 3-lags laggittersilikat. Fælles for mineralerne i denne gruppe er, at hver fjerde Si^{4+} er erstattet af Al^{3+} . Elektrisk neutralitet opnås ved at kalium ioner placeres mellem tetraederlagene. Hvert enkelt lag holdes sammen af elektrostatiske kræfter og ikke af Van der Waalske kræfter, som ellers er nævnt.

På figur 4.5 ses en skematisk fremstilling af illits struktur.

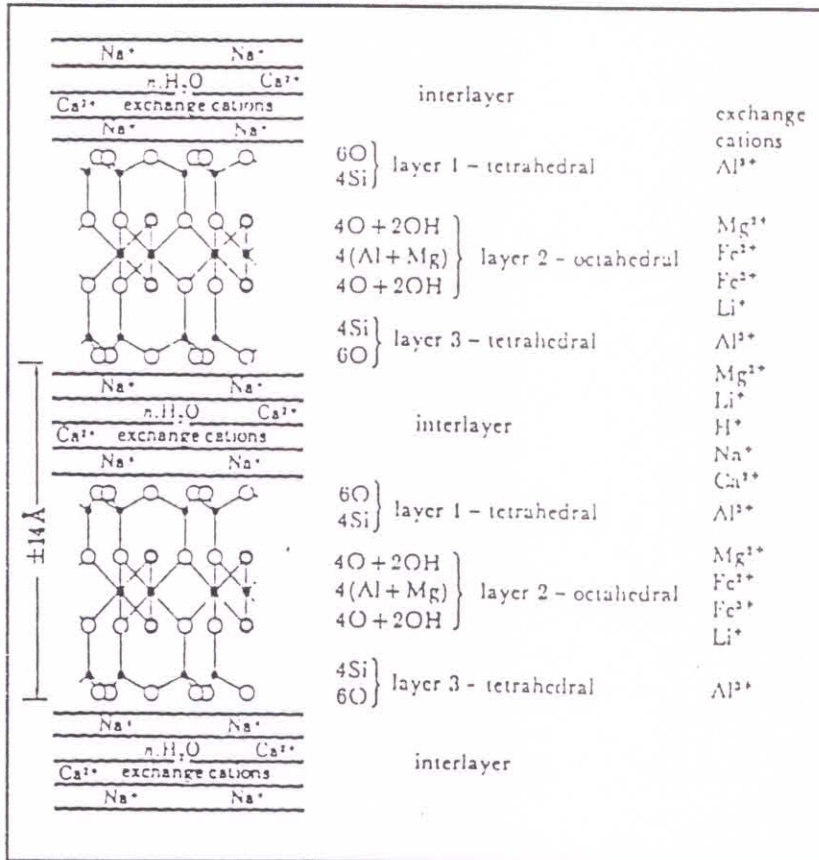


Figur x.5. Skematisk fremstilling af illits struktur /19/.

Smektitgruppen

Smektitgruppen er en 3-lags laggittersilikat med en meget kompleks sammensætning. Som det fremgår af figur 4.6 kan en varierende mængde af kationer, såsom Na^+ , Ca^{2+} , H^+ og NH_4^+ placeres mellem tetraederlagene. Som regel vil relativt store mængder vand også forefindes mellem tetraederlagene.

Der kompenseres for eventuelt overskydende positive ladninger ved substitution af Al^{3+} med Si^{4+} i selve tetraederlaget. I oktaederlaget kan der, i mindre omfang finde en substitution sted både Mg^{2+} og Al^{3+} , som erstattes af Fe^{2+} , Fe^{3+} , Li^+ m. fl. Derfor er kationerne ikke bundet til tetraederlagene ved bindingskræfter men ved elektrostatiske kræfter /20/.



Figur 4.6. Skematisk fremstilling af smektits strukturelle opbygning vist med montmorillonit. De mulige ioner i forskellige smektitgrupper er vist til højre i figuren. Vand og udskiftelige ioner findes mellem lagene i krystalgitteret /20/.

5. Sorption

Sorption er en fælles betegnelse for de processer, der binder stoffer til partikler. Disse processer er væsentlige for tungmetaller og visse organiske stoffer.

Jorde og akvifærer indeholder materiale, som kan binde ioner til sig fra den omgivende væske. Dette materiale kan være mineraloverflader, oxider af silicium/aluminium/jern/mangan, tungtopløselige salte som karbonater og fosfater samt organisk stof. De processer, som bidrager til sorption, kan være udfældningslignende binding til specifikke pladser, ionbytning, overfladekompleksring og diffusion ind i matrixen. Hvis ionerne bindes til overfladen af materialet kaldes det adsorption, men optages ioner i materialet, taler man om absorption. Adsorption er langt den vigtigste proces af de to. I det følgende vil ordet sorption dække over begge begreber, da disse kan være svære at adskille /21/.

5.1. Sorption af tungmetaller

Sorption af tungmetaller til jordpartikler er baseret på, at partiklernes overflade har en overvejende negativ ladning, som giver dem en affinitet for positivt ladede metalioner; især divalente kationer, såsom Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} og Co^{2+} vil være underlagt sorption.

Sorption af tungmetaller foregår uafhængigt af koncentrationen af metallerne, i modsætning til for eksempel udfældningsprocesser, som først har betydning i relativt høje koncentrationsniveauer. Det betyder at sorption kan være den styrende proces i metallets fordeling mellem jord og væske ved koncentrationer under mætningskoncentrationen.

En række faktorer har indflydelse på sorptionsprocessen.

Der findes tre fysisk-kemiske egenskaber som akvifærmateriale, der indgår i sorptionsprocessen, kan være i besiddelse af, og som giver anledning til forskellige bindinger /21/.

Permanente negative ladninger: Sorption kan foregå i lerminerale og tungtopløselige salte som følge af en tidligere ionbytning og isomorf substitution.

Når siliciumioner i et siliciumoxid substitueres med aluminium opstår et underskud på en positiv ladning i krystalgitteret. I det fremkomne aluminiumoxid-tetraeder kan magnesiumioner substituere aluminium og derved opstår endnu en permanent negativ ladning.

Isomorf substitution er kun aktuel for 2:1 silikaterne illit, smektit og vermiculit /21/.

Variable sorptionspladser: Ioniserbare funktionelle grupper f. eks. -OH-, -COOH og OPO_3H_2 kan, når de findes på selve partikeloverfladen, dissociere ved høje pH-værdier. Dermed opstår negative ladninger, som gør materialet sorptionsaktivt. Man siger, at de sorptionspladser, der er dannet, har variable ladninger, idet forskellige pH-værdier kan give anledning til forskellige ladninger. Det kan nævnes, at hydroxidgrupper på mange oxider kan optage en proton ved tilstrækkeligt lave pH-værdier og dermed antage en positiv ladning. Variable sorptionspladser findes på alle de førnævnte sorptionskomponenter, men er specielt dominerende for organisk stof og 1:1 aluminiumsilikater så som kaolinit /21/.

Adsorption af hydrofobiske eller overfladeaktive stoffer: Disse stoffers adsorption kan ændre overfladens ladning. Et eksempel på dette er, hvis et organisk kompleks bindes til en partikeloverflade ved dens hydrofobiske grupper, mens kompleksets hydrofile grupper udgør sorptionsaktive funktionelle grupper. Denne type sorption er særlig relevant for fulvin- og huminsyrer /21/.

I forureningsmæssig sammenhæng forekommer tungmetaller sjældent enkeltvist men i blanding. Der kan dog være meget store koncentrationsforskelle metallerne i mellem, f.eks. findes zink i høje koncentrationer, mens cadmium typisk vil findes i relativt lave koncentrationer. Idet antallet af sorptionspladser med høj bindingsenergi kan være begrænset, vil der kunne opstå konkurrence mellem tungmetallerne. Denne konkurrence forudsætter selvfølgelig, at tungmetallerne sorberer på de samme pladser, hvilket synes at være tilfældet for netop zink og cadmium. Det er påvist at en stigende koncentration af zink medfører en reduktion af cadiums K_d værdi, som er et mål for fordelingen af metallet i hhv. jord/akvifer. Det er dog ikke nødvendigvis gældende for andre kombinationer af metaller, et aspekt, der på basis af den foreliggende viden, ikke kan vurderes /21/.

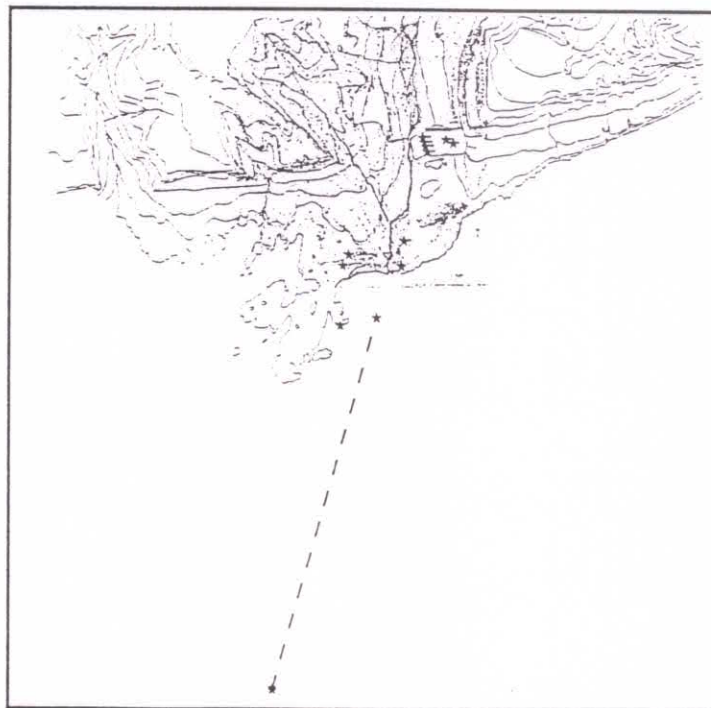
6. Prøvetagning - hvor og hvordan

I dette kapitel vil prøveoptagningsstederne blive præsenteret. Ligeledes vil redskaberne til prøveoptagningerne blive beskrevet og illustreret. Det forsøges hermed at give et tydeligt indblik i, hvor hver enkelt prøve er blevet optaget, således at vore knap så logiske mærkninger af prøverne ikke vil forvirre i de følgende kapitler.

Ved byen Godhavn på Disko ligger Blæsedalen. Op igennem Blæsedalen blev et profil opmålt. Langs dette profil har nogle grupper studeret periglaciale fænomener. Profilet blev fortsat i en lige linie ud i havet (Davidsstrædet), og det er denne del af profilet, der er undersøgt i nærværende projekt. Skibet, som blev benyttet, er selvfølgelig det gode skib Porsild.

6.1. Profilet i havet

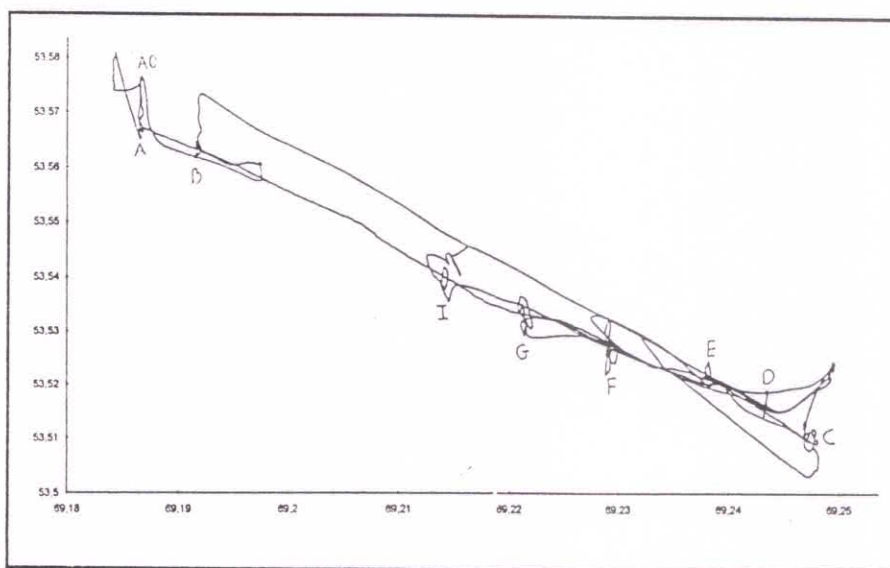
Til opmåling af profilet var opstillet to landmålerstokke på land, der skulle pejles efter. Selve opmålingen blev foretaget af Kristian H. Poulsen, som var med på skibet, samt Jesper Vinther, som agerede inde på land. På figur 6.1 ses profilet fra kysten og ud i en afstand af ca. 8 km.



Figur 6.1. Profilet fra kysten ud for Blæsedalen og ud i en afstand af ca. 8 km. Stjernerne på kortet er GIS-punkter, men har ingen relevans for dette projekt /22/.

6.2. Prøveoptagningsstederne

Prøveoptagningerne er påbegyndt for enden af profilet af praktiske årsager, idet der alligevel skulle sejles derud for at fastlægge profilet. De to første prøveoptagningssteder, A og B, ligger således længst væk fra kysten. Da disse to var optaget, blev der sejlet ind mod land, og de resterende prøver er taget indefra og ud startende i en afstand af ca. 500 m fra kysten. Det blæste kraftigt den dag prøveoptagningerne fandt sted, hvorfor skibet drev, når det skulle ligge stille ved prøveoptagningerne. Selve sejlruten kan ses på figur 6.2, hvorpå også prøveoptagningsstederne er markeret.



Figur 6.2. Sejlruen for Porsild, hvorpå prøveoptagningsstederne er markeret. På X-aksen er de nordlige breddegrader, og på Y-aksen er de vestlige længdegrader /22/.

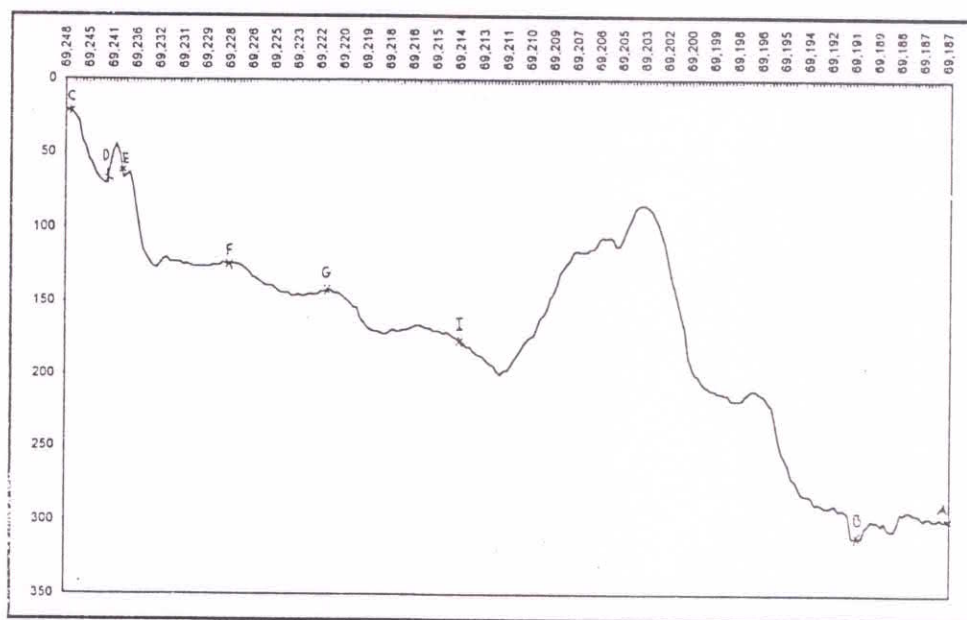
Sejlruen viser, at det kan være svært at opgive de nøjagtige koordinater for positionerne ved prøveoptagningerne. I tabel 6.1 er koordinaterne, afstanden fra kysten samt dybden for hvert enkelt prøveoptagningssted noteret. Disse tal må således betragtes som cirka værdier.

Som det også fremgår af figur 6.2 drev båden ved første prøveoptagning, hvorfor prøve A0 og de resterende A-prøver ikke er optaget nøjagtig samme sted. Dette kunne ske fordi prøve A0 blev optaget ved at skrabe hen over havbunden, mens de resterende A-prøver blev optaget som en sedimentkerne (de forskellige reskaber, der blev brugt til prøveoptagningerne, vil blive beskrevet i næste afsnit). De er således i tabellen udskrevet hver for sig.

Tallene i tabel 6.1 er noteret ned fra skibets dertil indrettede instrumenter ved hver prøvetagning. Skibet havde således også et ekkolod. På figur 6.3 ses diagrammet fra ekkolodet, hvorpå de nordlige breddegrader og havdybden er påført.

Prøve	Koordinater	Afstand fra kysten (m)	Dybde (m)
A0	69,187N 53,575W	8000	288
A	69,187N 53,567W	8000	290
B	69,192N 53,564W	7000	312
C	69,247N 53,511W	500	24
D	69,242N 53,517W	900	64
E	69,238N 53,523W	1600	64
F	69,229N 53,527W	2500	134
G	69,221N 53,535W	3400	140
I	69,214N 53,539W	4370	173

Tabel 6.1. Koordinater, afstand fra kysten samt dybden for prøveoptagningsstederne.

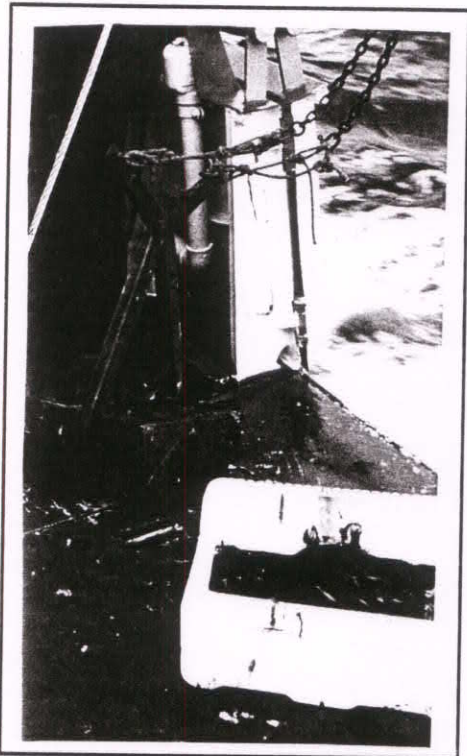


Figur 6.3. Ekkoloddiagram med markeringer af, hvor prøveoptagningerne fandt sted. X-aksen udgøres af de nordlige breddegrader, mens havdybden er markeret på Y-aksen.

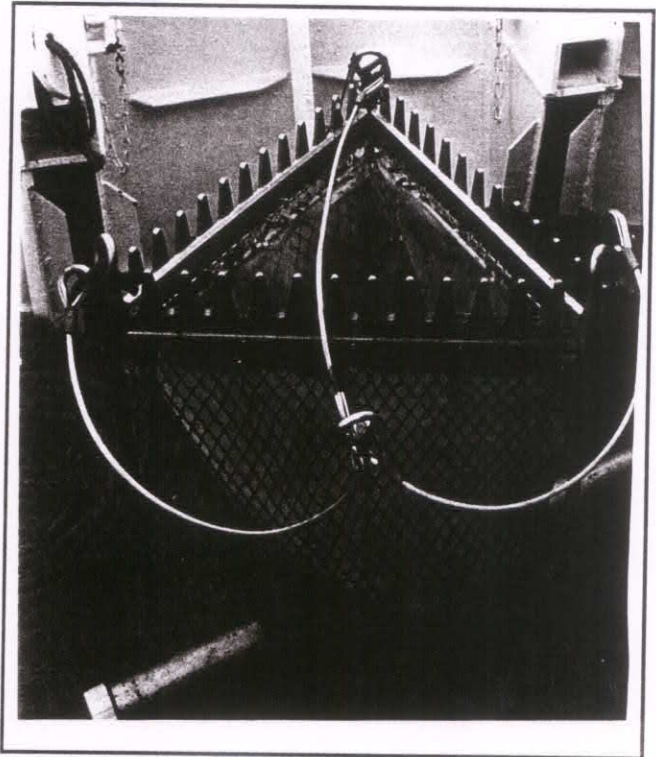
Ekkoloddiagrammet er et billede af havbunden og sammen med figur 6.2 og tabel 6.1 er hensigten at give en klar fornemmelse af, hvor prøveoptagningerne har fundet sted.

6.3. Prøveoptagningsredskaberne

Der blev anvendt tre forskellige redskaber til prøveoptagningerne. Til prøveoptagning i den øverste del af sedimentet anvendtes enten en grab (se figur 6.4) eller en skraber (se figur 6.5). Grabben optog sedimentet i en dybde af ca. 0 - 20 cm, der hvor man satte den ned, mens skraberen, ligesom navnet siger, skrabte hen over havbunden. Hvor dybt ned i sedimentet, den har været istand til at komme, er svært at sige.



Figur 6.4. Fotografi af den anvendte grab.

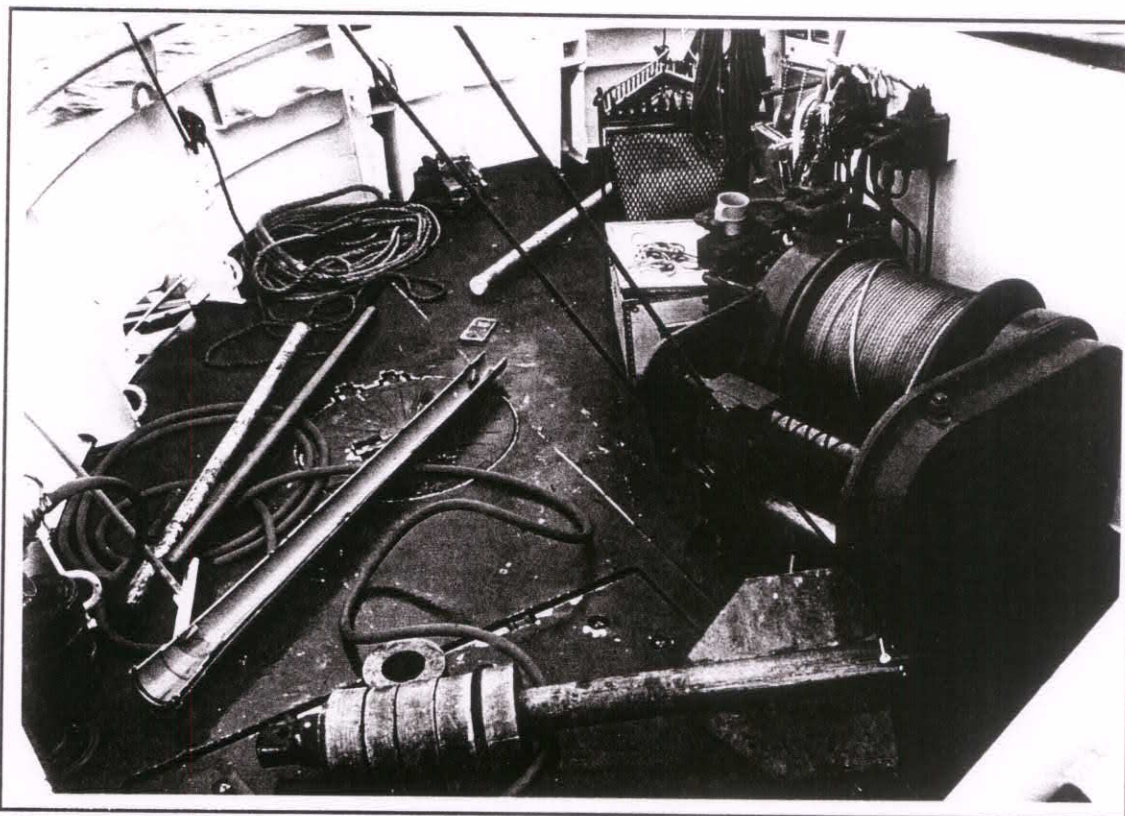


Figur 6.5. Fotografi af den anvendte skraber.

Det tredje redskab, der blev anvendt, var til at optage en kerne af sedimentet. Det var istand til at optage en kerne på en længde af ca. 75 cm. Dette er forudsat, at der ikke er klippebund under sedimentet, hvorfor den ikke ville være istand til at gå så dybt. Som det fremgår af næste afsnit, var dette tilfældet nogle gange. Kun en af sedimentkernerne opnåede den maksimale længde på 75 cm. På figur 6.6 kan redskabet til optagning af en sedimentkerne ses.

På billedet i figur 6.6. er redskabet til optagning af en sedimentkerne skilt ad. Det, der ses nederst i billedet, er toppen af redskabet. På denne sidder der blyringe, hvorfor den er temmelig tung. Dennes funktion er også at presse selve kerneoptageren ned i sedimentet. Selve kerneoptageren består af to dele; et jernrør og et plastikrør, som ved

prøveoptagning er placeret inde i jernrøret (disse to rør ses til venstre i billedet). På denne måde ligger sedimentkernen uforstyrret inde i plastikrøret, mens redskabet skilles ad. Kernen presses derefter ud i den overskårne tagrende, hvorefter man kan inddele den i passende stykker.



Figur 6.6. Fotografi af redskabet til optagning af en sedimentkerne, samt spillet (til højre i billedet) som anvendes ved nedsynkning og optagning af redskaberne.

6.4. Visuel beskrivelse af prøverne

I dette afsnit vil en visuel beskrivelse af prøverne blive givet. Ligeledes vil det blive angivet, hvor dybt i sedimentet de prøver, der er optaget som en sedimentkerne, er optaget. For de resterende prøvers vedkommende, vil der blive gjort opmærksom på, med hvilket af de to andre redskaber de er optaget med.

Det skal indledningsvis nævnes, at mange af prøverne indeholdt store sten. Disse store sten er blevet transporteret af isbjergene, hvorfor de ikke har noget med aflejringsmiljøet at gøre. De bliver derfor kun medtaget i dette afsnit og ikke nævnt yderligere.

Prøve	Dybde i sedimentet	Beskrivelse
A1	0 - 10 cm	Velsorteret, finkornet, leret, grøn-grå
A2	10 - 26 cm	Velsorteret, finkornet, leret, grøn-grå
A3	26 - 41 cm	Velsorteret, finkornet, leret, grå
A4	41 - 57 cm	Velsorteret, finkornet, leret, grå
A5	57 - 75 cm	Velsorteret, finkornet, leret, grå
B1	0 - 10 cm	Løst, leret, en anelse grøn
B2	10 - 25 cm	Fast, leret, grå, indeholder plantedele
B3	25 - 40 cm	Leret, grå, indeholder mørkegrå zoner som er mere siltet
B4	40 - 50 cm	Leret, grå, indeholder mørkegrå zoner som er mere siltet
E1	0 - 9 cm	Siltet med sandkorn, brun
E2	9 - 19 cm	Ikke velsorteret, siltet med sand, små sten og skaller, brun
E3	19 - 29 cm	Brun, siltet med sorte zoner som er mere finkornet
E4	29 - 39 cm	Brun, siltet med sorte zoner som er mere finkornet

Tabel x.2. Visuel beskrivelse af de prøver, som er optaget som en sedimentkerne, samt angivelse af i hvilken dybde af sedimentet prøverne stammer fra.

Prøve	Optagningsredskab	Beskrivelse
A0	Skraber	Gråbrun, finkornet, leret, indeholder store sten samt organisk materiale (dyr + bundplanter).
C1	*Kerne	Mørkebrun-sort, leret-siltet med meget små sten
C2	Grab	Mørkebrun, siltet med skaller, plantedele og små sten
D0	Grab	Mellebrun med grå (mørke) lerzoner, indeholder skaller
F1	Skraber	Siltet, velsorteret, mellebrun
G0	Skraber	Ringe sorteret, sandet med små sten, brun, indeholder rejer
I	Skraber	Brun, ringe sorteret, sandet med sten, skaller, planterester og bunddyr (rejer, lopper og gennemsigtige orm)

Tabel x.3. Visuel beskrivelse af de prøver som er optaget med grab eller skraber (*prøve C1 er en undtagelse, da den er optaget med redskabet til optagning af en sedimentkerne. Vi stødte på klippegrund, hvorfor kernen vi fik op var meget lille og kun kunne udgøre en prøve. Da vi var bange for at prøvematerialet var for småt, optog vi derfor en anden prøve på samme sted (C2)).

7. Metoder

I dette afsnit vil fremgangsmåderne ved de forskellige analyser blive beskrevet samt teorien bag nogle af de instrumenter, der anvendes.

7.1. Vandindhold

Til bestemmelse af vandindholdet i sedimentprøver afvejes en vis mængde prøve, som placeres i en porcelændigle. Diglen anbringes i en ovn natten over ved 110 °C. Næste morgen udtages diglen og placeres i en ekssikkator, indtil afkøling har fundet sted, hvorefter der kan vejes og vandindholdet beregnes.

I bilag 1 forefindes vore vejning- og beregningsresultater.

7.2. Glødetab

Når glødetabet i en prøve bestemmes, er det et udtryk for den pågældende prøves indhold af organisk stof. Til denne bestemmelse er det anbefalelsesværdigt at anvende diglen med den tørre prøve fra før, da vægten af denne er kendt. Denne placeres i glødeovnen ved 550 °C natten over, hvorefter den om morgenen udtages og placeres i en ekssikkator. Efter ca. ½ time har afkøling fundet sted; prøven vejes og glødetabet beregnes.

I bilag 1 og 2 forefindes vore vejning- og beregningsresultater.

7.3. Kornstørrelsesfordeling

Da vi primært interesserer os for lerfraktionen, inddeles prøven i to fraktioner. En der er større 63 µm, og en der er mindre end 63 µm, og kun for denne fraktion, d.v.s. silt og ler, laves en kornstørrelsesfordelingskurve.

Der afvejes ca. 20 g tør prøve. Den må ikke have været tørret i ovn, da det kan beskadige lerminerallerne. Den kan derimod tørres ved at blive placeret i et stinkskab med kraftig udsugning i nogle dage. For at tjekke om prøven er helt tør inden den anvendes, vejer man før og efter placering i stinkskab og sammenligner vægttabet med fundet

vandindhold for pågældende prøve. Da prøven ikke altid kan blive lige så tør ved denne metode som i en ovn, accepterer man en relativ afvigelse på 5%.

Den afvejede mængde prøve overføres til en 250 ml plastflaske, hvortil der tilsættes 100 ml 0,002 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Plastflasken placeres i en rystemaskine natten over. Næste morgen overføres den til et ultralydapparat, hvor den behandles med ultralyd i 15 minutter.

Ultralydbehandlingen gør, at de sidste sammenklumpede lerpartikler kommer i suspension. Nu er prøven klar til at blive siet. Dette foregår ved vådsigtning gennem en sigte med en maskestørrelse på 63 μm . Til at skylle flasken, den tilbageholdte fraktion i sigten samt skålen når denne fraktion hældes tilbage på plastflaske, anvendes 150 ml 0,002 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Sigten og den tilbageholdte fraktion tørres i ovnen ved 110 °C i ca. 1 time, hvorefter den vejes og andelen af sand i prøven kan beregnes.

I bilag 3 kan vore resultater ses.

Til at lave en kornstørrelsesfordelingskurve for den fraktion, der er mindre end 63 μm , d.v.s. den del af prøven der udgøres af silt og ler, anvendes en sedigraph.

Først fastlægges en nullinie v.h.a. destilleret vand. Nullinien er den intensitet af røntgenstrålingen, der kommer igennem, når ingen "korn" er tilstede. En del af prøven hældes nu i en dertil indrettet holder og en maksimallinie fastlægges. Denne er et udtryk for den intensitet af røntgenstrålingen, der kommer igennem, når alle "korn" er tilstede. Sedigraphen styres fra en tilkoblet computer, hvilket gør den nem at betjene. Man indtaster, hvor stor en andel af ens prøve der udgøres af kornstørrelser mindre end 63 μm , og selve analysen kan startes. Efter en ½ time kan tre siders udprint afhentes, som indeholder tabel for fundne fordelinger, kornstørrelsesfordelingskurve samt en massefordelingskurve. Disse udskrifter kan ses i bilag 4.

7.3.1. Sedigraph

Som nævnt indtaster man selv den andel, som udgøres af den del af prøven, man ønsker analyseret i sedigraphen. Ligeledes indtastes den kornstørrelse, man ønsker at starte ved, d.v.s. i vores tilfælde er det 63 μm . Minimum kornstørrelsen for denne analyse er 0,18 μm og er indlagt i programmet.

Prøven pumpes op i en slags flad kasse, hvis sider består af glas og igennem denne sendes røntgenstråler. Kassen er bevægelig og røntgenstrålingen begynder med at blive sendt igennem den nederste del, hvorfor den største kornfraktion registreres først. Kassen bevæges langsomt nedad, hvorved røntgenstrålerne til sidst sendes igennem den øverste del, og den mindste kornfraktion registreres. Processen tager ca. ½ time.

Dette princip bygger på, at de største korn falder hurtigst o.s.v.. Der opstår altså en kornstørrelsesfordeling ned gennem kassen. Programmets beregninger bygger på Stoke's lov ($v = 2r^2(g_p - g_v)g/9\eta$) til hvilken, der kræves endnu en oplysning; den gennemsnitlige densitet af en partikel i dette størrelsesområde (18 - 63 μm). Den er tidligere blevet empirisk fastslået til 2,65 g/cc på instituttet.

7.4. Lerminerale

For at bestemme hvilke lerminerale, der indgår i prøven, anvendes røntgen-diffraktometri, som kræver en del forbehandling af prøven.

Først skal man have en ren lerfraktion, d.v.s. man skal have en ren fraktion af partikler i størrelsesområdet mellem 0 og 2 μm .

En passende mængde prøve opblandes i en plastflaske med 0,002 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, som stilles i en rystemaskine natten over. Man skal gerne ende op med ca. 2 g ler. Derpå overføres den til ultralydapparatet i 15 minutter, hvorefter prøven er klar til at blive siet igennem en sigte med en maskestørrelse på 63 μm . (Denne første del af forbehandlingen kan springes over ved anvendelse af den mængde prøve, der er tilbage efter sedigraphering, hvilket er muligt, hvis lerfraktionen i prøven er stor nok). Den del af prøven, der har en kornstørrelse på mindre end 63 μm , overføres til en Andreasen cylinder, hvor der med 0,002 M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ fyldes op til 20 cm mærket. Prøven blandes godt ved magnetomrøring, som derpå stoppes og suspensionen henstår i 15 ½ time ved stuetemperatur. Efter dette tidsrum, vil siltfraktionen have samlet sig i bunden, under den markerede nulstreg, mens lerfraktionen vil befinde sig mellem 0 og 20 cm mærket, og de pågældende fraktioner kan opsuges separat v.h.a. glasrørerne.

Siltfraktionen tørres i varmeskabet. Derpå knuses den i en morter, til den er pulveriseret. Pulveret presses i en aluminiumsramme, der forsynes med glasbund. Denne placeres i røntgendiffraktometeret og køres igennem fra $2\theta = 3$ til $2\theta = 65$ grader. Dette er det eneste, der gøres ved siltfraktionen. Den bruges kun som en kontrol på den måde, at hvis der fremkommer nogle peaks, der er ens for både siltfraktionen og lerfraktionen, må disse peaks tilskrives andre mineraler end lerminerale.

Lerfraktionen centrifugeres i flere omgange, indtil leret ligger sig på bunden og har pastakonsistens. Derpå smøres eller dryppes den på en glasplade som henligger ved stuetemperatur, indtil den er tør.

(1) Glaspladen indføres da i røntgendiffraktometeret og køres igennem fra $2\theta = 3$ til $2\theta = 65$ grader.

(2) Glaspladen lægges nu i en eksikkator med ethylenglycoldampe i 1-3 døgn ved 60 °C. Derefter køres den igen igennem røntgendiffraktometeret. Denne gang dog kun fra $2\theta = 3$ til $2\theta = 35$ grader.

(3) Den sidste behandling består i at opvarme glaspladen til 500 °C i en time, hvorefter den igen køres igennem fra $2\theta = 3$ til $2\theta = 35$ grader.

De tre behandlingsmåder bruges til den kvalitative analyse, mens kun de to sidste kan anvendes til den kvantitative analyse (se kapitel 8).

7.4.1. Røntgendiffraktometer

Røntgenstråler udgør den del af det elektromagnetiske spektrum, som har en bølgelængde på 0,05 - 100 Å /23/. De bølgelængder man benytter i røntgendiffraktion er på ca. 1 Å /24/.

I røntgendiffraktometeret er der placeret et såkaldt røntgenrør, hvori røntgenstrålerne skabes. Dette sker ved at en wolframglødetråd opvarmes, hvorved elektroner frigives. Elektronerne accelereres ved hjælp af et spændingsfald mellem to elektroder og rammer derpå anoden, som i dette tilfælde består af kobber.

Dette kan give anledning til røntgenstråler, men størstedelen af de elektroner, der rammer anoden, vil opbremses ved sammenstød med kernerne i kobberatomerne, hvorved elektronernes energi omdannes til varme. Denne varme fjernes v.h.a. kølevand, som cirkulerer i røret /25/.

Der findes to måder, hvorpå elektronernes sammenstød med anoden vil føre til røntgenstråling. Den ene måde fører til baggrundsstråling, mens den anden fører til den karakteristiske stråling.

Hvis en elektron ved sit sammenstød med anoden opbremses ved sammenstød med kobberatomets elektroner, vil tabet i bevægelsesenergi omdannes til røntgenstråling. Den røntgenstråling, som fremkommer herved, er afhængig af elektronens energitab, hvorfor dette ville kunne give anledning til røntgenstråler med alle bølgelængder inden for det givne spektrum (afhængig af spændingen i røntgenrøret). Denne form for røntgenstråling kaldes baggrundstråling.

Hvis en elektron ved sit sammenstød med anoden formår (d.v.s. at den besidder energi nok) at løsrive en elektron i en af kobberatomets inderste skaller, vil den derved opståede vakans blive udfyldt med en elektron fra en af de ydre skaller, hvorved der udsendes røntgenstråler med en bestemt bølgelængde, bestemt af forskellen i energi mellem de to skaller. Denne form for røntgenstråling kaldes den karakteristiske stråling. Hvis vi nu

antager, at springet sker fra L til K skallen, vil dette give anledning til K, α_1 og K, α_2 stråling. Hvis det sker fra M til K skallen, vil det give anledning til K, β_1 og K, β_2 stråling. O.s.v. Det behøver dog ikke at være K skallen, som har fået fjernet en elektron, men princippet er det samme.

Man ønsker selvfølgelig kun røntgenstråling med én bestemt bølgelængde. Og den, man anvender, er K, α_1 og K, α_2 . Dette er to stråler, men de ligger for tæt på hinanden til, at den ene kan fjernes, og da de netop ligger så tæt på hinanden, kan de godt betragtes som én med bølgelængden $\lambda = 1,54051 \text{ \AA}$.

De uønskede røntgenstråler, K, β_1, β_2 og K, γ_1, γ_2 , fjernes ved at lade røntgenstrålen passere gennem et nikkelfilter. Nikkelfilteret absorberer de røntgenstråler, der har en bølgelængde en anelse under $1,5 \text{ \AA} / 18/$.

Det følgende er en kort beskrivelse af, hvordan diffraktion opnås.

Når et atom rammes af røntgenstråler, vil elektronerne derved bringes i svingninger, som er i fase med den indfaldne røntgenstråling. Elektronerne optræder derved som kilde for sekundær røntgenstråling, som vil spredes i alle retninger (med samme bølgelængde som den indfaldne stråle), men kun der hvor bølgerne er i fase og parallelt orienteret, finder diffraktion sted. Reflektion finder sted når gangforskellen mellem indkomne og reflekterede røntgenstråler er lig med én bølgelængde, hvilket vil sige at $n = 1$ i Bragg's lov: $n\lambda = 2d \sin\theta$. Når indfaldsvinklen øges vil reflektion igen finde sted når $n = 2$ o.s.v.. Disse to reflektioner betegnes som henholdsvis 1. og 2. ordens reflektion i planet (100). Når røntgenstrålerne sendes igennem lerminerale, som består af to eller flere parallelforskudte rumgitre, vil der ved diffraktion i gitterplanet (hkl) i et af krystalstrukturens rumgitre samtidig finde diffraktion sted fra de samme planer i alle rumgitrene i strukturen. De retninger, efter hvilke diffraktion finder sted i et lermineral, afhænger således kun af primærstrålens indfaldsvinkel, θ , og gitterafstanden, d . Intensiteten af de diffrakterede stråler er derimod afhængig af gitrenes indbyrdes placering samt typen af atomer i krystalstrukturen /25/.

For at så mange gitterplaner som muligt skal have en gunstig position for reflektion, må både prøven og detektoren rotere under optagelsen. Detektoren danner en vinkel på 2θ med røntgenstrålen, som aflæses på et goniometer. Intensiteten af strålen måles via detektoren. Diffraktogrammet, som udskrives, viser intensiteten som funktion af 2θ . Programmet er ligeledes istand til at udregne de tilhørende gitterafstande, d , v.h.a. Bragg's lov.

7.5. Tungmetaller

Den prøve, som ønskes analyseret for tungmetaller, skal være tør og fri for organisk stof. Prøven pulveriseres i en morter for at få den homogen, og et gram afvejes (den præcise vægt med 4 decimaler noteres) i en syre- og varmeresistent beholder. Til at få den del af prøven ned der "hænger" på siderne anvendes 5ml destilleret vand. Der tilsættes yderligere 5ml koncentreret saltsyre samt 5ml koncentreret salpetersyre. Derpå anbringes beholderen i sandbad ved 110 °C, indtil det er kogt så meget ind, at prøven har pastakonsistens. Efter denne behandling skulle lerminerallerne være nedbrudt og alle tungmetallerne frigivet som ioner. Prøven filtreres gennem et OOR filter med 100ml destilleret vand, hvorpå den er klar til tungmetalanalysen, som foregår på et atomabsorbtionsspektrometer, der måler absorbansværdier.

Atomabsorbtionsspektrometeret kører fast med en acetylenflamme, mens der er specielle lamper til hvert metal. Ligeledes er indstillingen af apparatet forskellig fra metal til metal (de forskellige indstillinger forefindes i manualen).

Som nævt måler atomabsorbtionsspektrometeret absorbansværdier, hvorfor man først måler på en standardrække for det pågældende tungmetal. Udfra denne laves en lineær regression, hvorved koncentrationen af den pågældende prøve kan udregnes ud fra dens absorbansværdi (selvfølgelig forudsat at den er over detektionsgrænsen for det pågældende metal). Disse målinger og beregninger kan ses i bilag 5.

8. Databehandling og resultater

I dette kapitel vil samtlige målinger og analyser foretaget på sedimentprøverne blive gennemgået.

8.1. Vandindhold og glødetab

De mest simple parametre man kan måle på en sedimentprøve, er dens vandindhold og glødetab. Disse resultater er præsenteret i tabel 8.1.

Prøve	Vandindhold (%)	Glødetab i prøve (%)	Glødetab i lerfraktionen (%)
A0	56,27	3,53	8,65
A1	77,07	4,24	6,02
A2	69,98	4,22	i.m.
A3	54,01	3,45	i.m.
A4	34,05	1,77	i.m.
A5	42,51	1,95	2,59
B1	62,58	4,12	7,48
B2	52,82	3,46	i.m.
B3	49,62	2,73	i.m.
B4	41,81	1,39	4,35
C1	28,50	1,88	i.m.
C2	27,51	1,64	i.m.
D0	48,11	2,00	26,61
E1	29,90	1,61	22,10
E2	32,32	1,61	i.m.
E3	27,62	1,47	7,14
E4	29,93	1,51	i.m.
F1	28,06	1,47	0,00
G0	21,04	0,97	i.m.
I	30,79	1,18	i.m.

Tabel 8.1. Resultater for sedimentprøvernes vandindhold og glødetab samt glødetabet for lerfraktionen i nogle prøver (i.m. = ikke målt). Beregningerne for de to første kan ses i bilag 1, mens de for den sidste kolonne kan ses i bilag 2.

Som det fremgår af tabellen, er glødetabet for nogle af sedimentprøvernes lerfraktioner blevet målt. Dette er gjort med henblik på at finde ud af, om hele prøvens indhold af organisk stof er mindre end $2 \mu\text{m}$, d.v.s. at det forekommer i lerfraktionen. At dette ikke er tilfældet ses umiddelbart ved prøve F1, men for de resterende prøver, kan det først konstateres, når disse resultater sammenstilles med lerfraktionens størrelse for den pågældende prøve.

Kornstørrelsesfordelingerne i sedimentprøverne vil blive præsenteret i kommende afsnit, så for en yderligere beskrivelse og diskussion af sedimentprøvernes organiske indhold må henvises til diskussionen i kapitel 9.

8.2. Kornstørrelsesfordeling

I dette afsnit vil kornstørrelsesfordelingen af sedimentprøverne blive præsenteret. Den måde hvorpå sedimentprøverne inddeltes i kornstørrelsesfraktioner er beskrevet i kapitlet 7, så her vil kun det, der ligger til grund for forståelsen af resultaterne, blive nævnt.

Først inddeltes prøven i kornstørrelser større eller mindre end 63 μm . Den fraktion der var større end 63 μm , d.v.s. sandet, blev ikke udsat for yderligere analyser. Mængden af sand for hver prøve blev således vejret, hvorved størrelsen af sandfraktionen kunne beregnes (se bilag 3). For den del af prøven hvor kornstørrelsen var mindre end 63 μm lavedes ved hjælp af en sedigraph en kornstørrelsesfordelingskurve, hvorpå størrelsen af både silt og lerfraktionen kan aflæses.

Her vil kun størrelsen af de tre fraktioner blive præsenteret (tabel 8.2), mens der henvises til bilag 4 for sedigraph-udskrifterne (incl. kornstørrelsesfordelingskurver).

Prøve	Sandfraktionen (%)	Siltfraktionen (%)	Lerfraktionen (%)
A0	33,3	39,7	27,0
A1	13,0	66,4	20,6
A2	15,5	63,5	21,0
A3	27,3	47,7	25,0
A4	42,8	28,2	29,0
A5	25,3	34,9	39,8
B1	19,5	55,5	25,0
B4	55,2	26,4	18,4
C1	54,6	38,6	6,8
D0	11,3	78,5	10,3
E1	43,7	46,8	9,5
E3	55,1	34,2	10,8
E4	48,0	40,2	11,8
F1	59,6	26,6	13,8
G0	80,2	12,9	6,9
I	76,2	14,2	9,6

Tabel 8.2. Sand-, silt- og lerfraktionens størrelse (w/w) i sedimentprøverne.

Ikke alle sedimentprøverne er blevet inddelt i kornstørrelsesfraktioner. Som det fremgår af tabellen, drejer dette sig om prøverne B2, B3, C1 og E3. Denne mangel skyldes

tidspresset, hvorfor det blev valgt kun at lave kornstørrelsesfordelinger på de sedimentprøver, der var mulighed for (tidsmæssigt) at lave yderligere analyser på.

8.3. Lermineralanalysen

I det følgende afsnit vil resultaterne af lermineralanalyserne blive præsenteret.

Det var desværre kun muligt at gennemføre røntgendiffraction på fire lerprøver. Dette skyldes, at de resterende udvalgte prøver, krakelerede hver gang prøven var ved at tørre på glaspladen, hvorfor vi til sidst måtte opgive.

Det var hensigten at udføre lermineralanalyser på alle de sedimentprøver der var udtaget i den øverste del af sedimentet. Det ideelle havde været at foretage analysen på alle prøverne, men da forarbejdet er meget tidskrævende, var dette ikke muligt. Det blev således bestemt at udvælge alle sedimentprøver udtaget i den øverste del af sedimentet samt to sedimentprøver, som var udtaget længere nede i sedimentet, men som før nævnt lykkedes dette ikke.

De prøvers lerfraktioner, som det lykkedes at få gennemført røntgendiffraction på, er A1, F1, B4 og E3. Diffraktogrammerne fra disse vil blive behandlet i det følgende.

8.3.1. Kvalitativ bestemmelse

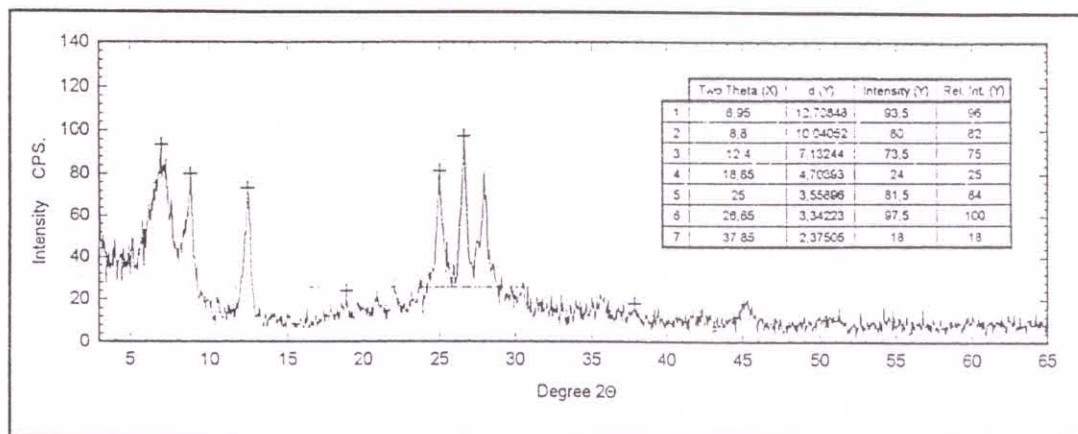
Til den kvalitativ bestemmelse bruges diffraktogrammerne fra røntgendiffractionen af både den ubehandlede prøve, prøven der har været placeret i eksikator med ethylenglycol dampe samt prøven der har været opvarmet til 500 °C (se kapitel 7 for flere detaljer).

Lerminerallerne kaolinit, illit, smektit og chlorit kan identificeres som skitseret i tabel 8.3.

		Ubehandlet	Ethylenglycol	Opvarmet
Kaolinit	1. orden	7,1 Å	7,1 Å	forsvinder
	2. orden	3,57 Å	3,57 Å	-
	3. orden	2,38 Å	2,38 Å	-
Illit	1. orden	10 Å	10 Å	10 Å
	2. orden	5 Å	5 Å	5 Å
	3. orden	3,3 Å	3,3 Å	
Chlorit	1. orden	14 Å	14 Å	13,5 - 14 Å
	2. orden	7 Å	7 Å	7 Å
	3. orden	4,7 Å	4,7 Å	
Smektit	1. orden	*12 - 15 Å	17 Å	10 Å

Tabel 8.3. Gitterafstanden for reflekterede mineraler /2d/. *Afhængig af den udbyttebare kation.

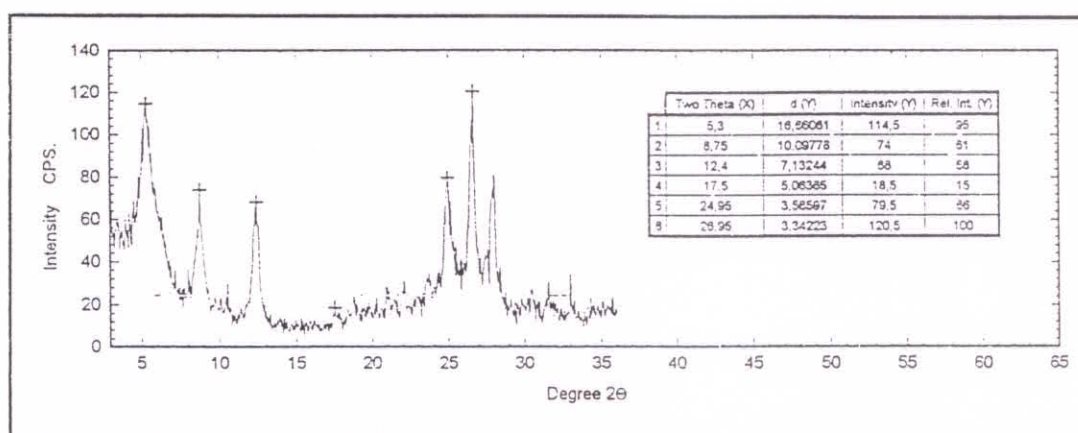
Røntgendiffraction af lerprøverne, der har været opvarmet til 500 °C, er ikke blevet gennemført. Dette skyldes at også de krakelerede. Det har dog alligevel været muligt at foretaget en kvalitativ bestemmelse af prøvernes lermineralindhold.



Figur 8.1. Diffraktogram fra røntgendiffraction af ubehandlet lerfraktion i prøve A1 med dertil hørende gitterafstande.

På figur 8.1. ses diffraktogrammet for den ubehandlede prøve A1. Figuren indeholder også de udregnede gitterafstande for de peaks, der er markeret med et kryds. Hvis disse gitterafstande sammenlignes med dem i tabel 8.3. må prøve A1 siges at indeholde kaolinit, illit samt smektit.

Det ses også af figur 8.1, at to af de markerede peaks er meget svage. Det drejer sig om illits 2. ordens refleksion og kaolinit's 3. ordens refleksion. Dette ses ikke kun ved prøve A1, men går igen ved alle fire prøver. Disse lidt utydelige refleksioner er forholdsvis almindelige for lerminerale til forskel for andre mineraler.

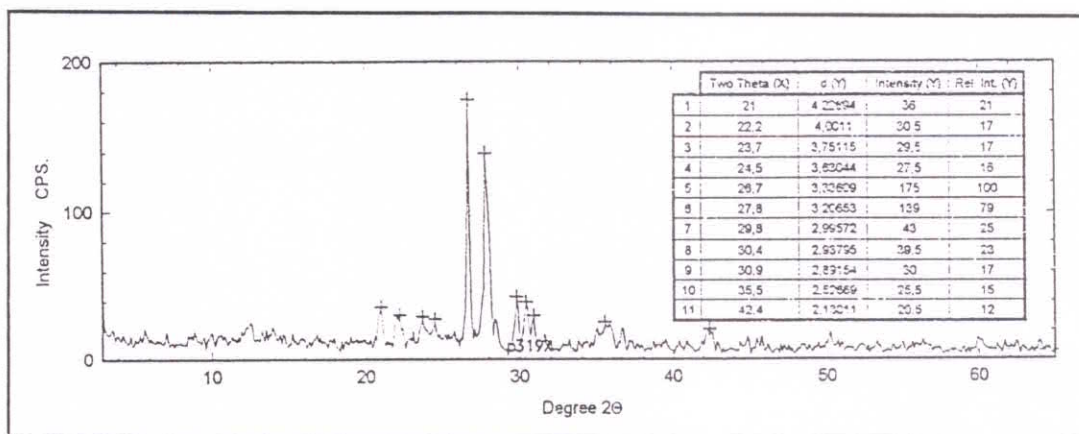


Figur 8.2. Diffraktogram fra røntgendiffraction af ethylglycol behandlet lerfraktion fra prøve A1 med dertil hørende gitterafstande.

For at være sikker på identifikation, sammenlignes gitterafstandene i figur 8.2., som er diffraktogrammet for samme prøve behandlet med ethylenglycol, med 2. kolonne i tabel 8.3. Som det ses genfindes kaolinit's 1. og 2. ordens reflektioner samt illits 1., 2. og 3. ordens reflektioner. Ligeledes ses det, at smektit toppen har rykket sig som forventet. Identifikationen må siges at være i orden.

Der ses et peak på begge diffraktogrammerne, som endnu ikke er identificeret. Dette kan stamme fra et andet lermineral end de fire nævnte, men det kan også stamme fra et ikke-lermineral. Hvis det er et lermineral, der giver anledning til pågældende peak, skal det ikke kunne ses på diffraktogrammet fra røntgendiffraktionen af prøvens siltfraktion. Omvendt skal det kunne ses på denne, hvis det er et andet mineral end et lermineral, der giver anledning til den.

På figur 8.3., som er diffraktogrammet fra siltfraktionen, ses et peak (nr. 6), der har samme placering, som den uidentificerede fra de to andre diffraktogrammer. Det vil derfor være mest nærliggende, at denne refleksion skyldes et andet mineral end et lermineral.

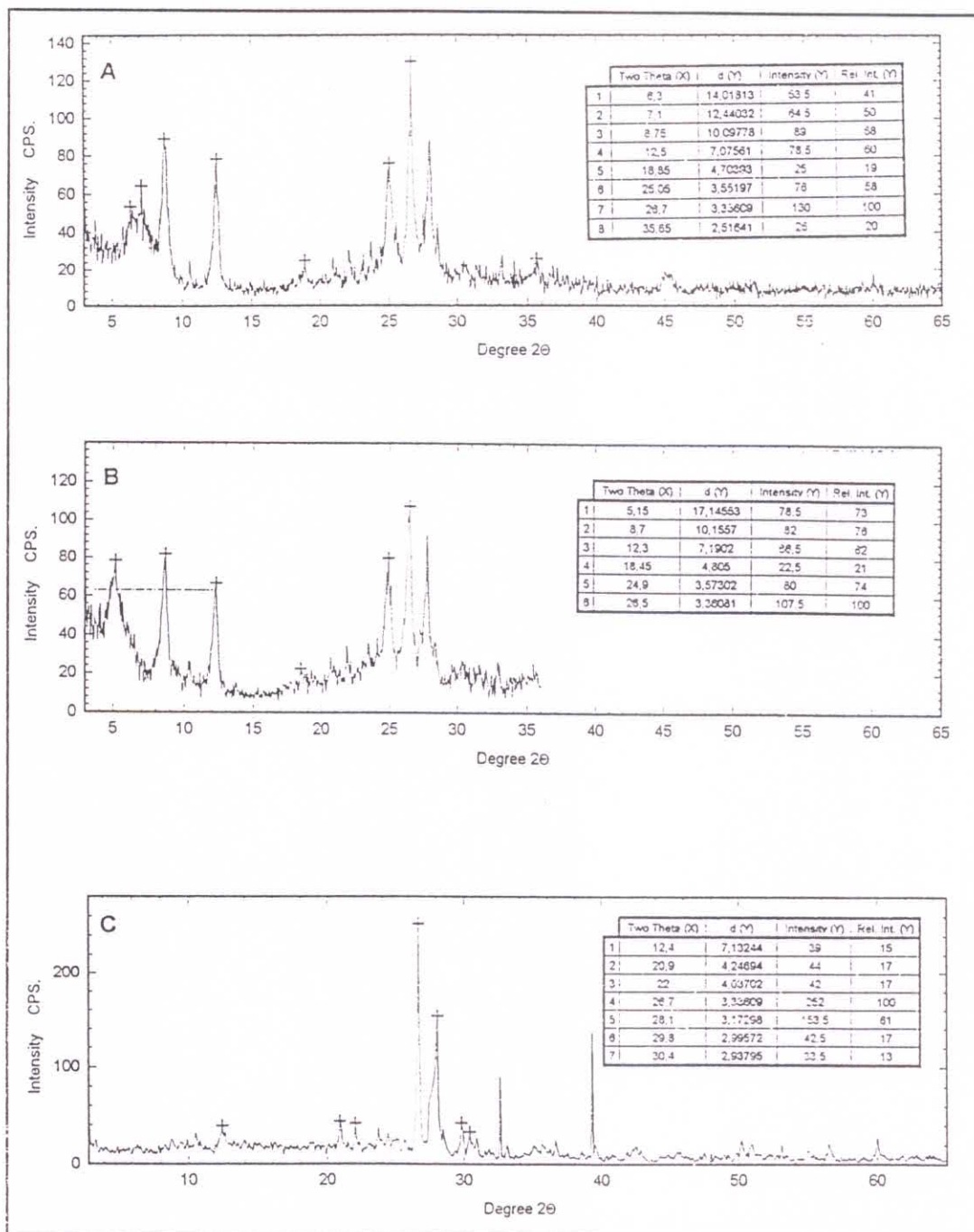


Figur 8.3. Diffraktogram fra røntgendiffraktion af prøve A1's siltfraktion med dertil hørende gitterafstande.

I det følgende, vil lerminerallerne i de tre resterende prøver blive kvalitativt bestemt på samme måde som for prøve A1. Da princippet er det samme, vil gennemgangen være mindre detaljeret.

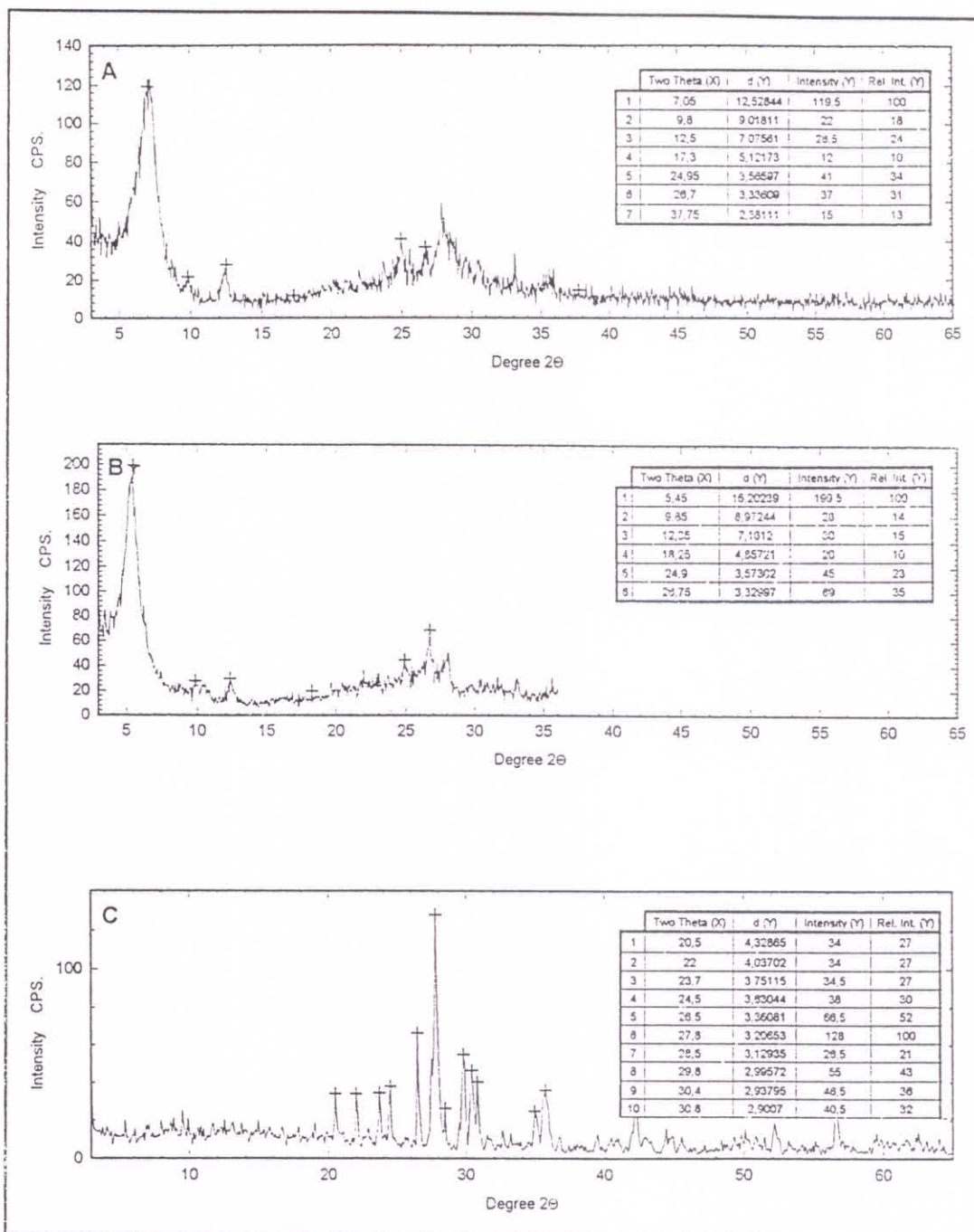
Diffraktogrammerne fra røntgendiffraktion af prøve B4 kan ses i figur 8.4. På diffraktogrammet fra røntgendiffraktion af ubehandlet lerprøve (figur 8.4 (A)) ses to peaks hvor 2θ er cirka lig syv (peak 1 og 2) med d lig henholdsvis 14,018 og 12,440. Peak nr. 1 kunne stamme fra refleksion af chlorit mens nr. 2 højst sandsynligt stammer fra refleksion af smektit. Hvis peak nr. 1 skyldes refleksion af chlorit, skulle den forblive på samme sted på diffraktogram B, hvilket ikke er tilfældet. Her ses derimod kun én top,

som har rykket sig i forhold til diffraktogram A, hvorfor disse refleksioner må tilskrives smektit.



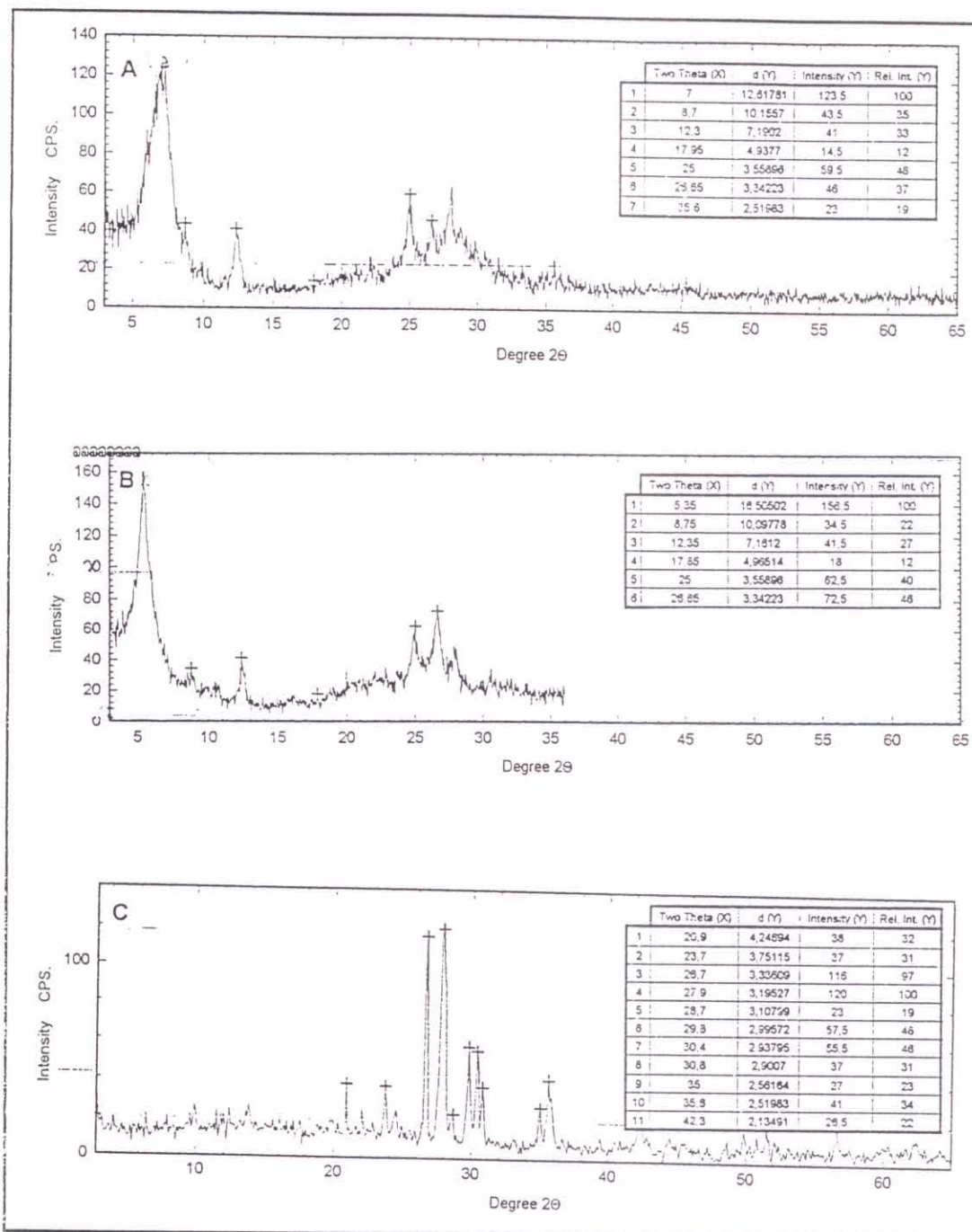
Figur 8.4. Diffraktogrammer fra røntgendiffraktion af prøve B4 med dertil hørende gitterafstande. (A) Den ubehandlede lerfraktion. (B) Den ethylglycol behandlede lerfraktion. (C) Siltfraktionen.

Ligesom for prøve A1 kan, udover smektit, kaolinit og illit identificeres i prøve B4. Ligeledes kan uidentificerede peaks med stor sandsynlighed siges at stamme fra refleksion af andre mineraler end lermineraler.



Figur 8.5. Diffraktogrammer fra røntgendiffraktion af prøve E3 med dertil hørende gitterafstande. (A) Den ubehandlede lerfraktion. (B) Den ethylglycol behandlede lerfraktion. (C) Siltfractionen.

Fortolkningen af resten af prøverne, E3 og F1, hvis diffraktogrammer kan ses på henholdsvis figur 8.5 og 8.6, er baseret på samme forklaring. Smektit, kaolinit og illit kan identificeres med stor sandsynlighed, mens uidentificerede peaks må tilskrives refleksion fra andre mineraler end lermineraler.



Figur 8.6. Diffraktogrammer fra røntgendiffraktion af prøve F1 med dertil hørende gitterafstande. (A) Den ubehandlede lerfraktion. (B) Den ethylglycol behandlede lerfraktion. (C) Siltfractionen.

8.3.2. Kvantitativ bestemmelse

Til en kvantitativ bestemmelse af lerminerallerne anvendes diffraktogrammerne, som er fremkommet ved røntgendiffraktion af de ethylglycol-behandlede prøver, og kun de peaks som skyldes 1. ordens refleksioner, d.v.s. de tre første.

En fornuftig basislinie indlægges i diffraktogrammet og arealerne under de tre toppe findes ved integration. Man kan også klippe toppene ud og veje dem, hvis programmet til integration er genstridigt. Det var tilfældet, hvorfor der blev vejret. Arealerne eller vægtene af toppene skal korrigeres med forskellige faktorer, som er eksperimentelt fundet af Geologisk Institut /24/:

- Arealet af smektit-toppen (17 Å) korrigeres med en faktor på 1
- Arealet af illit-toppen (10 Å) korrigeres med en faktor på 3
- Arealet af kaolinit-toppen (7 Å) korrigeres med en faktor på 1,15

Summen af disse tre korrigerede arealer sættes til 100 %, hvorved de tre lermineralers andel kan beregnes.

Den kvantitative bestemmelse er lavet for prøverne A1 og B4, som kan ses i tabel 8.4, men undladt for de to andre prøver. Det skyldes, at langt den overvejende del af lermineralerne i prøverne E3 og F1 er smektit (se figur 8.5 og 8.6 diffraktogrammerne B), hvorfor vi ikke mente, at denne kvantitative bestemmelse ville være korrekt, da usikkerheden ville være for stor.

Prøve	Lermineral	Vægt af top (g)	Korrigeret vægt	Vægtprocent (%)
A1	Smektit	0,0303	0,0303	43
	Illit	0,0090	0,0270	38
	Kaolinit	0,0092	0,0138	19
			0,0711	100
B4	Smektit	0,0162	0,0162	26
	Illit	0,0109	0,0327	52
	Kaolinit	0,0093	0,0140	22
			0,0629	100

Tabel 8.4. Vægtandelene af de tre lermineraler smektit, illit og kaolinit i lerfraktionerne i prøverne A1 og B4.

8.4. Tungmetalanalyser

Til sidst blev sedimentprøverne analyseret for deres indhold af tungmetallerne nikkel, kobber, zink, bly og cadmium. Dette foregik som beskrevet i kapitel 7. Udregningerne af

tungmetalkoncentrationerne på baggrund af absorbansværdierne v.h.a. lineær regression kan ses i bilag 5. I tabel 8.5 kan resultaterne ses.

Prøve	Ni-koncentration (mg/kg)	Cu-koncentration (mg/kg)	Zn-koncentration (mg/kg)	Pb-koncentration (mg/kg)
A0	33,92	205,68	49,94	u.d.
A1	45,17	131,69	59,20	u.d.
A2	49,04	135,49	62,14	80,91
A3	40,00	97,94	51,45	u.d.
A4	40,08	53,75	50,23	u.d.
A5	49,88	62,81	56,77	u.d.
B1	55,16	77,77	57,52	u.d.
B2	53,72	50,70	51,43	17,23
B3	44,34	59,17	43,00	u.d.
B4	41,04	37,12	34,76	u.d.
C1	46,52	144,84	61,09	u.d.
C2	48,08	124,19	61,79	28,33
D0	49,09	130,91	53,00	115,69
E1	40,12	129,23	50,57	u.d.
E2	43,62	105,21	48,36	12,89
E3	40,28	105,69	43,21	u.d.
E4	45,16	93,62	43,35	u.d.
F1	40,27	75,13	34,29	17,35
G0	32,73	28,18	14,85	18,80
I	38,38	27,72	20,74	15,65

Tabel 8.5. Koncentrationerne (mg/kg tør + glødet prøve) af tungmetallerne nikkel, kobber, zink og bly i sedimentproverne. u.d. = under detektionsgrænsen.

Cadmium er ikke medtaget i tabellen. Dette skyldes, at indholdet i sedimentprøverne var for lavt til at blive målt ved pågældende metode. Detektionsgrænsen for cadmium er ellers i vejledningen (Perkin-Elmer) opgivet til 0,0005 mg/l, hvilket cirka svarer til en koncentration i prøven på 0,05 mg/kg. De angivne detektionsgrænser må dog gælde for et optimalt-fungerende atomabsorbtiionsspektrometer af pågældende type, hvilken betegnelse ikke kan bruges om det anvendte atomabsorbtiionsspektrometer. Denne påstand underbygges af to ting: Det kunne ikke indstilles optimalt, d.v.s. det tal der ifølge vejledningen skulle fremkomme på panelet ved indstilling af flamme o.s.v., lod sig ikke opnå; ligeledes ændrede absorbansværdierne sig igennem en måleperiode, hvilket kan ses ved måling af standardrækken, som måles både i starten og slutningen af en række (dette ses tydeligt for både nikkel og bly, se bilag 5). Det menes derfor ikke at være muligt at anvende de angivne detektionsgrænser.

Mængden af cadmium i sedimentet vil der således ikke her blive sat tal på, men at det er tilstede kan med stor sandsynlighed fastslås på baggrund af andre baggrundsmålinger foretaget i samme område af bl.a. GMU.

For de prøver hvor blykoncentrationen ikke er opgivet, er det det samme der gør sig gældende. Også her har de målte absorptionsværdier ligget for tæt på de absorptionsværdier som er fremkommet ved måling af kontrollen, d.v.s. 0 mg/l. For bly opgives detektionsgrænsen til 0,01 mg/l, hvilket cirka svarer til en koncentration på 1 mg/kg i sedimentet. Også denne detektionsgrænse menes at være ukorrekt (for lav) på baggrund af samme argumentation som angivet ved målingen af cadmium, hvorfor det også her er blevet valgt ikke at sætte værdier på.

Koncentrationerne af nikkel, kobber og zink er relativt høje, hvorfor der ikke opstod nogle problemer ved måling af disse.

Hvor stor usikkerheden er på målingerne af tungmetalkoncentrationerne vides ikke, da vejledningen heller ikke her menes at kunne følges, men en opgivelse af koncentrationerne uden nogen decimaler, ville nok være det mest korrekte.

Tungmetalkoncentrationerne er ikke kun blevet målt for hele prøven. For nogle af sedimentprøverne er også tungmetalkoncentrationerne i lerfraktionen blevet målt. Disse resultater kan ses i tabel 8.6, mens beregninger kan ses i bilag 5.

Prøve	Ni-koncentration (mg/kg)	Cu-koncentration (mg/kg)	Zn-koncentration (mg/kg)	Pb-koncentration (mg/kg)
A0	100	134	155	25
A1	103	115	129	17
A5	108	57	144	140
B1	108	118	138	12
B4	110	81	145	u.d.
D0	85	281	88	14
E1	77	315	81	12
E3	157	330	109	51
F1	156	222	141	45

Tabel 8.6. Indhold af nikkel, kobber, zink og bly i lerfraktionen af udvalgte sedimentprøver. u.d. = under detektionsgrænsen.

Ikke alle sedimentprøverne er repræsenteret ved deres lerfraktions tungmetalkoncentration i ovenstående tabel. Dette skyldes igen tidspresset. Ikke for at måle tungmetallindholdet i prøven, hvilket for en marginal prøve ikke tager tid. Men derimod tager det meget lang tid at isolere lerfraktionen, hvilket er beskrevet i kapitel 7.

9. Diskussion

I dette afsnit vil de forskellige resultater fra sedimentprøverne blive sammenlignet og diskuteret.

9.1. Profilet

Vandindholdet i sedimentet er relativt ens for de seks prøveområder tættest på kysten (C, D, E, F, G og I), se tabel 8.1, dog med en undtagelse for prøve D0, som har et noget højere vandindhold. I tabel 8.2. fremgår det, at prøvernes lerfraktioner ligeledes er relativt ens. Dette gælder også for silt- og sandfraktionernes størrelse, hvis der ses bort fra prøve D0, hvis siltfraktion er væsentlig større. Prøve D0's afvigelse, d.v.s. at den indeholder mere finpartikulært materiale, skyldes formodentligt, at denne er optaget i en fordybning (se figur 6.3), hvorfor finpartikulært materiale udgør en større del af prøven end man kunne forvente så tæt på kysten.

Sedimentet på de første ca. 4370 m ud fra kysten, ud til lokaliteten hvor prøve I er optaget, må på baggrund af disse parametre betragtes som værende relativt ens, hvilket også underbygges af endnu en parameter; prøvernes organiske indhold (glødetab). At dette kun gælder for de øverste ca. 10 cm af sedimentet kan ikke siges med bestemthed, men prøveoptagningen E, hvor de fire prøver repræsenterer en kerne til en dybde af ca. 39 cm, antyder, at sedimentet også godt kunne være relativt ens et stykke nede. Prøveoptagningerne A og B har fundet sted en del længere væk fra kysten, hhv. ca. 7 og 8 km, og dermed også på større dybde (ca. 300m). Der vil i denne beskrivelse og diskussion blive set bort fra prøven A0, da den ikke menes at være optaget samme sted som de resterende A-prøver (se kapitel 6).

I tabel 8.2 ses, at lerfraktionen i prøve B1 er en del større end i A1. Man ville umiddelbart have formodet, at det omvendte var tilfældet, da A1 er taget længst væk fra kysten, hvor andelen af finkornet materiale burde være størst. En mulig forklaring er, at der er en "ujævnhed" på bunden, en forhøjning, lige efter prøveoptagningsstedet B, hvorfor mere finkornet materiale vil blive stoppet og sedimenteret på dette sted, end man i teorien forestillede sig. Dette underbygges af figur 6.3, hvor prøveoptagningspositionen for B er markeret i en lavning. De markerede prøveoptagningssteder skal dog tages med et vist forbehold.

At strømningsforholdene omkring prøveoptagningsstedet A har ændret sig med tiden, må siges at være tilfældet. Som det ses af tabellen stiger lerfraktionens størrelse ned igennem

sedimentet. Hvis strømningsforholdene havde været uændret i den tid, det har taget at få opbygget de 75 cm sediment, som er blevet optaget, ville kornfraktionerne i hele kernen have haft samme størrelse.

Prøverne fra lokalitet E peger på at strømningsforholdene ikke synes at have ændret sig tættere ved kysten. Om strømningsforholdene generelt har ændret sig 7 - 8 km fra kysten, eller om det er en lokal ændring omkring lokaliteterne A og B, kan ikke fastslås. At det er en lokal ændring af strømningsforholdene synes dog underbygget af, at lerfraktionen stiger ned igennem sedimentsøjlen ved lokalitet A, mens den falder ved lokalitet B.

Lermineralindholdet er blevet bestemt for fire prøver (se næste afsnit), som viser, at lerfraktionen i de to prøver taget tættest på kysten overvejende består af smektit, hvilket må betyde, at i hvert fald lerminerallerne på disse to lokaliteter er forvittringsmateriale fra basalter. Lerfraktionen i de to prøver taget længst væk fra kysten består af en blanding af smektit, illit og kaolinit, hvorfor lerfraktionen på disse to lokaliteter består af forvittringsmateriale fra både gnejser og basalter. Om denne tendens er generel, kan ikke vurderes på baggrund af fire prøver. Ligeledes kan det heller ikke fastslås, om sedimentets silt- og sandfraktion ved de to lokaliteter tættest på kysten, ligesom lerfraktionen, udelukkende består af forvittringsmateriale fra basalterne. Dette ville kræve en detaljeret mineralogisk undersøgelse.

9.2. Tungmetaller

Grønlands Miljøundersøgelser (GMU) har foretaget baggrundsmålinger af udvalgte tungmetaller i sedimenter ud for Grønlands kyst, som er publiceret i: Heavy Metals in the Greenland Marine Environment, National Assessment Report /26/. En af deres prøveoptagelser har fundet sted i Godhavn Rende, som ligger i nærheden af vores profil, hvorfor vi vil bruge analysen af denne prøve som sammenligningsgrundlag med vore egne data. GMU har desværre ikke analyseret prøven for nikkel, men målte følgende koncentrationer af de resterende tre tungmetaller (hvor koncentrationerne er angivet inden for et 95% konfidens interval):

Cu (mg/kg tør prøve) = [68,8 ; 74,4]

Zn (mg/kg tør prøve) = [59,1 ; 77,9]

Pb (mg/kg tør prøve) = [11,7 ; 13,3].

Prøven er taget fra de øverste ca. 20 cm af sedimentet, hvorfor det vil være mest korrekt kun at sammenligne denne baggrundsmåling med de af vore prøver, som er taget i den øverste del af sedimentet, d.v.s. prøverne A0, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D0, E1, E2, F1, G0 og I, hvis tungmetalkoncentrationer kan ses i tabel 8.5. Yderligere skal nævnes at GMU har opgivet deres koncentrationer i mg M/kg tør prøve, mens vore koncentrationer er i mg M/kg tør + glødet prøve. Dette betyder dog ikke noget ved denne sammenligning, da det organiske indhold i prøverne er relativt lavt (den koncentration, der giver anledning til den største afvigelse, er 3 % højere, end hvis koncentrationen var blevet udregnet som mg M/kg tør prøve).

Koncentrationerne af kobber i prøverne er meget varierende; de svinger fra 27,72 mg/kg i prøve I til 205,68 mg/kg i prøve A0. Der er således nogle af kobberkoncentrationerne, der er en del mindre, og nogle der er markant større end dem fundet af GMU.

Zinkkoncentrationerne er mere konsistente og stemmer meget godt overens med dem fundet af GMU. Koncentrationerne i de tre sidste prøver (F1, G0 og I) er dog noget lavere end dem målt i Godhavn Rende, men i samme størrelsesorden.

Koncentrationerne af bly i prøverne A2 og D0 er meget høje, men da resten af tungmetalanalyserne synes at have givet rimelige resultater i forhold til det forventede, må man formode, at disse koncentrationer ikke skyldes en analysefejl (når man har set grønlanderne skyde sæler, vil den mest nærliggende forklaring på disse høje blykoncentrationer være, at der i disse to prøver har ligget fragmenter af blykugler).

En anden sammenligning, der er værd at medtage, er de gennemsnitlige koncentrationer af nikkel, kobber, zink og bly i basalter og gnejser (granitter) med dem fundet i sedimentet. I tabel 4.1 forefindes de nævnte tungmetallers gennemsnitlige koncentrationer i forskellige bjergarter. De fundne blykoncentrationer (eksklusiv de to førnævnte undtagelser) ligger mellem den gennemsnitlige koncentration i basalter og granitter, hvilket tilnærmelsesvist også gælder for de fundne zinkkoncentrationer. Derimod er de fundne nikkelkoncentrationer en anelse lavere, end man kunne forvente i et sediment stammende fra granitter (gnejser) og meget lavere end i et stammende fra basalter, men ikke urealistiske, da sammenligningsgrundlaget er gennemsnitskoncentrationer. De fundne kobberkoncentrationer svinger som nævnt inden for et stort interval. En del af dem ligger mellem gennemsnitskoncentrationerne i de to bjergartstyper, mens resten er højere end indholdet i basalter. Dette tal bygger dog også på et gennemsnit af tholeiitic og alkali olivin basalter, og da tungmetalindholdet normalt er højere i tholeiitic basalt end i alkali olivin basalt, kan det godt være lavere end det reelt skulle have været.

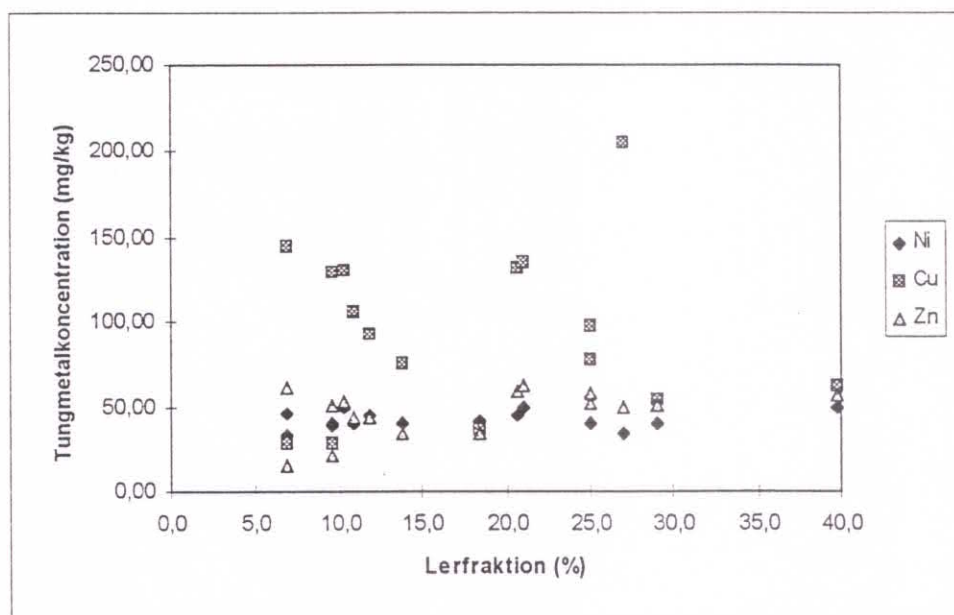
Den foreliggende undersøgelse viser, at tungmetalkoncentrationerne, med få undtagelser, i de indsamlede sedimentprøver svarer til koncentrationer, der må forventes i sedimenter af tilsvarende type og oprindelse.

9.2.1. Tungmetallernes placering

Det vil nu forsøges belyst, i hvilken fraktion i sedimentet tungmetallerne er bundet.

Almindeligvis antages det, at tungmetaller bindes til lerminerale og til organiske bestanddele (teorien bag dette er gennemgået i kapitel 5). På figur 9.1. er tungmetalkoncentrationerne afbildet som funktion af lerfraktionen i prøverne.

Blykoncentrationerne er ikke medtaget i denne og de resterende sammenligninger, da de fleste af dem var under detektionsgrænsen.



Figur 9.1. Diagram for tungmetalkoncentrationerne som funktion af lerindholdet i prøverne.

Det fremgår tydeligt af figuren, at der ikke er sammenhæng mellem størrelsen af lerfraktionen og tungmetalkoncentrationerne i prøverne, hverken for nikkel kobber eller zink. Hvis der havde været en sammenhæng, skulle en ret linie med positiv hældning kunne indlægges på grundlag af punkterne. Ved beregning ses også, at den del af tungmetalindholdet, der er bundet i eller til lerminerale er meget varierende (se tabel 9.1).

Prøve	Lerfraktion (%)	Ni i ler (mg/kg)	Ni i ler (%)	Cu i ler (mg/kg)	Cu i ler (%)	Zn i ler (mg/kg)	Zn i ler (%)
A0	27,0	100,18	80	134,08	18	155,40	84
A1	20,6	103,23	47	115,11	18	128,61	45
A5	39,8	107,66	86	56,77	36	143,82	101
B1	25,0	107,6	49	117,83	38	137,95	60
B4	18,4	110,44	50	81,33	40	144,65	77
D0	10,3	85,3	18	280,98	22	88,03	17
E1	9,5	77,11	18	314,71	23	80,72	15
E3	10,8	157,39	42	330,34	34	109,06	27
F1	13,8	155,86	53	222,13	41	141,45	57

Tabel 9.1. Tungmetalkoncentrationerne i lerfraktionen af de prøver, som er blevet analyseret for dette, og dennes andel i forhold til hele prøven.

Om typen af lermineraller i sedimentet har indflydelse på, hvor stor en del af tungmetallerne der er bundet i lerfraktionen, kan vi ikke sige generelt, da vi ikke har lavet røntgendiffraction på alle prøverne. Vi kan imidlertid vurdere denne mulighed ud fra de fire prøver, som vi har undersøgt ved røntgendiffraction. Resultaterne af røntgendiffractionen viste, at lerfraktionen i de fire prøver er sammensat på følgende måde:

A1: 43% smektit - 38% illit - 19% kaolinit

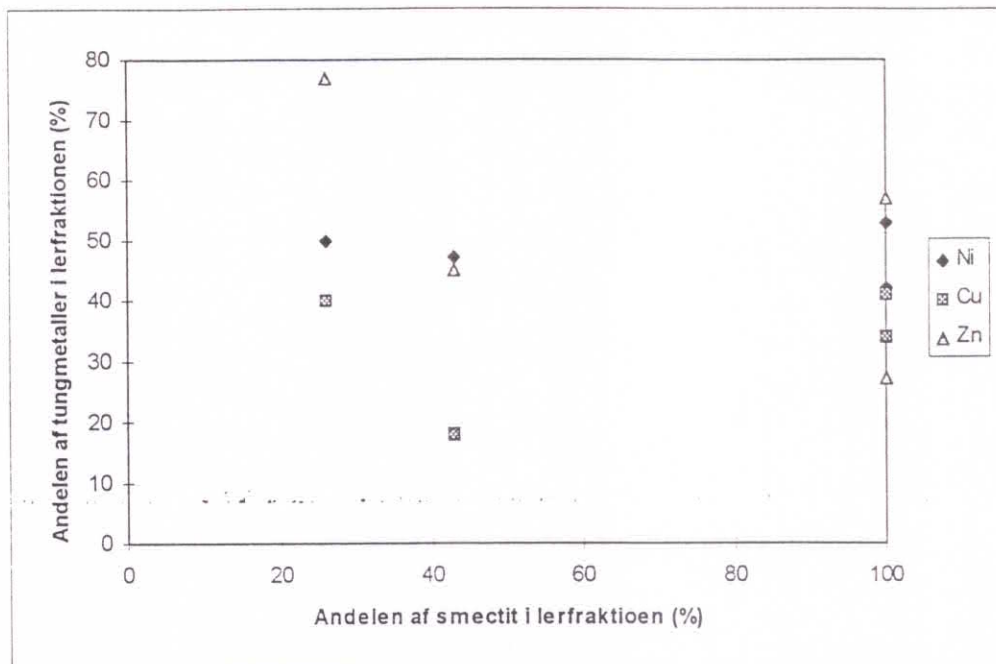
B4: 26% smektit - 52% illit - 22% kaolinit

E3: Overvejende smektit

F1: Overvejende smektit

Hvis sammensætningen af lerfraktionen skulle have en betydning for fraktionen af tungmetaller bundet i denne, burde prøverne E3 og F1 udvise samme tendens. I tabel 9.1. ses, at den del af tungmetallerne, der er bundet i lerfraktionen i prøve E3, konsekvent er mindre end den i F1. For nikkel og kobbers vedkommende drejer det sig om knap 10 %, mens forskellen på zink er helt oppe på 30 %. Der er således ikke overensstemmelse mellem disse to prøvers andel af tungmetaller bundet i lerfraktionen.

Ved sammenligning af alle fire prøver anvendes mængden af smektit som sammenligningsgrundlag. Da det er mere overskueligt at se på en graf, om der er en sammenhæng mellem andelen af tungmetaller bundet i lerfraktionen og typen af lermineraller, er tungmetalandelen i lerfraktionen som funktion af smektitandelen i lerfraktionen afbildet på figur 9.2.



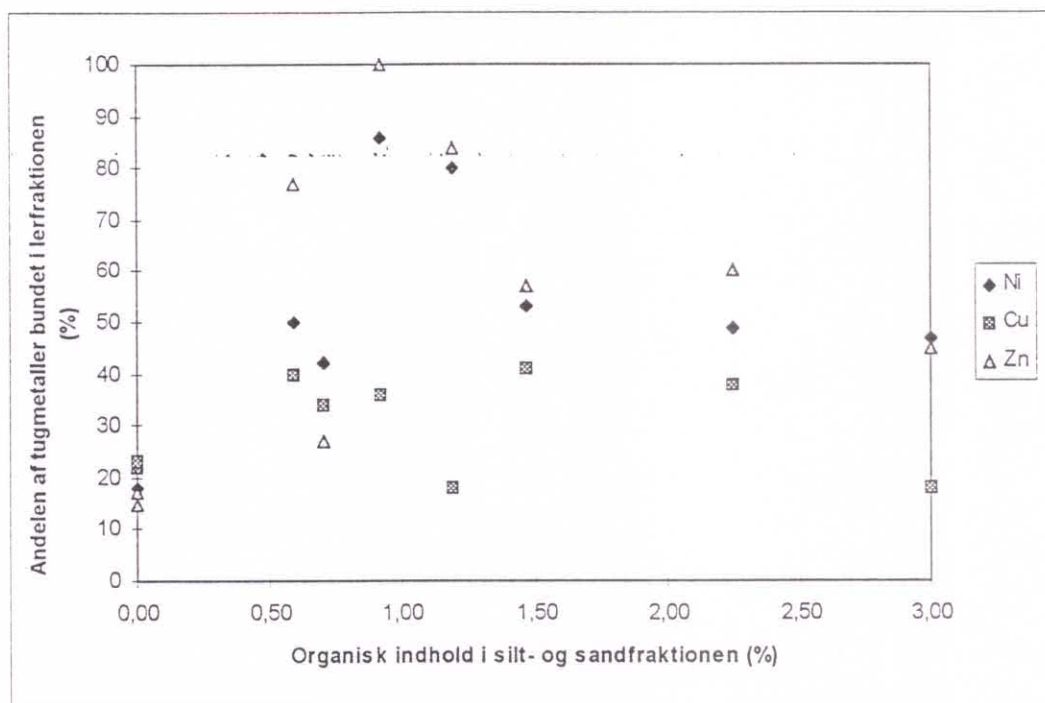
Figur 9.2. Diagram for andelen af tungmetaller bundet i lerfraktionen som funktion af andelen af smectit i lerfraktionen.

På baggrund grafen i figur 9.2. må det konkluderes, at der ikke, ud fra vore fire prøver, er en tendens til, at den del af tungmetallerne, der er bundet i lerfraktionen, er afhængig af, hvilken type lermineral den består af. Hvis dette havde været tilfældet, skulle punkterne ligge på en ret linie med enten positiv eller negativ hældning. Dette er ikke en generel konklusion, da fire prøver er et meget spinkelt grundlag til en sådan. Vi vælger dog at se bort fra, at der skulle være en sådan sammenhæng.

Som det er blevet nævnt tidligere, bindes tungmetaller også til det organiske indhold i sedimentet. Hvis den del af tungmetallerne, som findes i sand- og siltfraktionen, er bundet til det organiske indhold i disse, må en sammenhæng mellem størrelsen af det organiske indhold og andelen af tungmetaller bundet i lerfraktionen kunne ses. Sedimentprøverne inddeles som nævnt i følgende tre kornstørrelsesfraktioner: Sand, silt og ler. Det organiske indhold i prøverne kan stamme fra alle tre fraktioner. For at anskueliggøre, om der er en sammenhæng mellem størrelsen af det organiske indhold og andelen af tungmetaller bundet i lerfraktionen, er det størrelsen af det organiske indhold i sand- + siltfraktionen, der skal anvendes til en sammenligning.

Som det fremgår af resultaterne, er der ikke blevet målt glødetab på sand- og siltfraktionerne. Men glødetabet for hele prøven er blevet målt for samtlige prøver, samt glødetabet for lerfraktionen på de prøver, hvor denne blev isoleret. Dette gælder for prøverne A0, A1, A5, B1, B4, D0, E1, E3 og F1. Disse prøver vil blive anvendt til en

sammenligning mellem andelen af tungmetaller i lerfraktionen og størrelsen af det organiske indhold i silt- og sandfraktionen, hvor denne vil blive fastlagt som forskellen mellem glødetabet for hele prøven og glødetabet for lerfraktionen. Igen for overskuelighedens skyld, kan en graf, som afbilder andelen af tungmetaller i lerfraktionen som funktion af størrelsen af det organiske indhold i silt- og sandfraktionen, ses på figur 9.3.



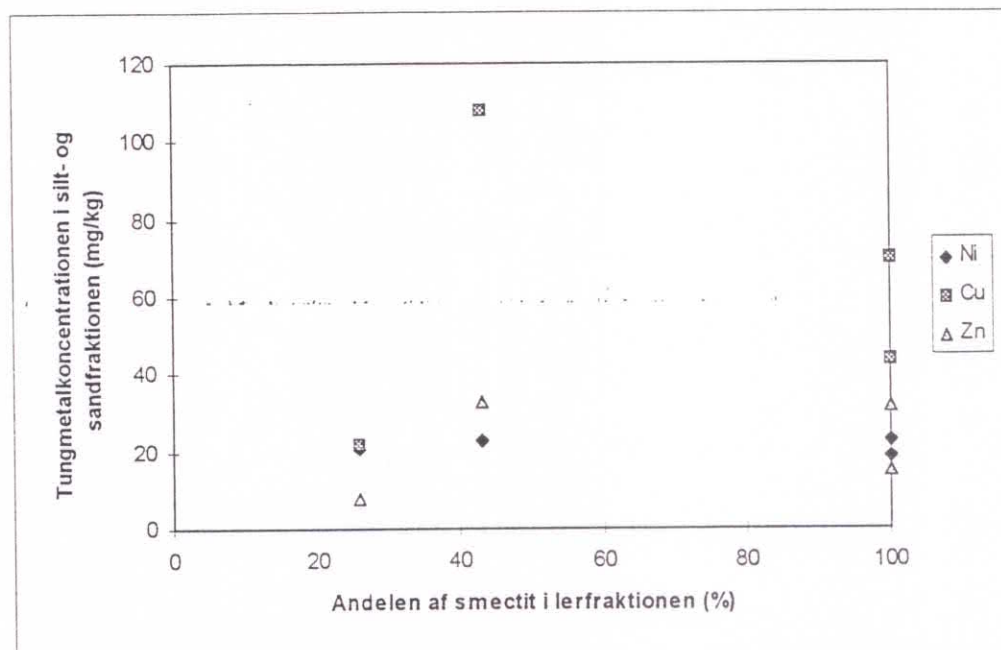
Figur 9.3. Diagram for andelen af tungmetaller bundet i lerfraktionen som funktion af det organiske indhold i silt- og sandfraktionen.

At der ikke kan siges at være nogen sammenhæng mellem det organiske indhold i sand- og siltfraktionen og andelen af tungmetaller bundet i lerfraktionen, ses tydeligt af grafen, hvilket betyder, at den resterende del af tungmetallerne, d.v.s. den del af tungmetallerne der ikke er bundet i leret men i silt- og sandfraktionen, ikke kan tilskrives det organiske indhold i disse to fraktioner. Hvis der havde været en sammenhæng skulle punkterne have dannet en ret linie med en negativ hældning. Det må altså forefindes i disse fraktioner som tungmetalholdige mineraler (se kapitel 4).

9.2.2. Gnejs eller basalt

Nogle af tungmetallerne forefindes således opløst i nogle af sedimenternes mineraler. Om der er en sammenhæng mellem tungmetalindholdet i sand- og siltfraktionen bestående af forvittringsmateriale fra gnejsler kontra basalter, ville være en naturlig ting at

prøve at belyse. Til dette må en antagelse laves; lermineralernes oprindelsesbjergart må være bestemmende for den resterende del af sedimentet. Således er lerfraktionens indhold af de pågældende lermineraller repræsenterende for hele sedimentprøven.



Figur 9.4. Diagram for tungmetalkoncentrationen i silt- og sandfraktionen som funktion af andelen af smectit i lerfraktionen. Andelen af smectit i lerfraktionen skal her betragtes som et udtryk for hele prøvens (sand-,silt- og lerfraktion) indhold af mineraler stammende fra basalter.

Det kan ikke på baggrund af de fire prøver siges, at der er en sammenhæng mellem tungmetalkoncentrationen i silt- og sandfraktionen og deres mineraler. Dette konkluderes på baggrund af diagrammet i figur 9.4, hvor andelen af smectit er anvendt som repræsentant for, hvor stor en andel af sedimentprøven, der stammer fra henholdsvis gnejser og basalter, d.v.s. hvor stor en andel af sedimentprøvens silt- og sandfraktion, der består af mineraler fra henholdsvis gnejser og basalter. Men der synes altså ikke at være en sammenhæng mellem tungmetalkoncentrationerne og oprindelsesbjergarten. Det skal dog fremhæves, at vi intet belæg har for at lade lermineralfordelingen i sedimentprøven være repræsentant for den resterende del af prøven, hvorfor man ikke på baggrund af ovenstående graf bør afvise, at der kan være en sammenhæng mellem tungmetalkoncentrationer i sedimentet og oprindelsesbjergarten.

9.3. Monitoringsområde

Hvis en malmforekomst blev opdaget i basalterne omkring Blæsedalen og en udvindelse ville finde sted, ville det være relevant at vide, hvor man kunne placere et egnet monitoringsområde med henblik på kontrol af forurening.

I dette afsnit vil det blive forsøgt at fastlægge det bedst egnede monitoringsområde.

Da man ved udvinding af mineraler idag ikke længere deponerer tailings og gråbjerg i havet eller lader dem ligge blottet, men derimod anvender dem som opfyldningsmateriale, formindskes tungmetaludslippet fra disse restprodukter.

Den forureningskilde, som idag er den største, må antages at være tungmetalioner i skyllevandet. Dette vand, som anvendes til at skylle malmen med i flotationsprocessen, kan, hvis det ikke renses effektivt nok, medtage tungmetalioner ved udledning til havet. Tungmetaller kan, på opløst form, transporteres over lange afstande. Det ville derfor være oplagt at vælge et monitoringsområde et stykke fra kysten. Dette understøttes af, at lerfraktionen stiger med afstanden fra kysten. I kapitel 5 fremgår det, at tungmetalioner primært bindes til lerminerale og ikke til sand og silt.

På denne baggrund mener vi, at monitoringsområdet bedst placeres 7-8 km ude fra kysten, d.v.s. ved lokaliteterne A og B.

10. Konklusion

På baggrund af dette projekt kan det konkluderes, at vore baggrundsmålinger for udvalgte tungmetaller stemmer overens med tidligere undersøgelser i området udført af GMU. Ligeledes forekommer tungmetallerne i et koncentrationsniveau, der kunne forventes fra forvittringsmateriale af de omgivende bjergarter. De bjergarter i området omkring Blæsedalen, som bidrager med forvittringsmateriale, er gnejser og basalter. Analyserne af sedimentprøverne viste, at tungmetallerne, ikke som forventet, udelukkende var bundet til lerminerallerne og de organiske fragmenter i sedimentet. En del af tungmetallerne fandtes i sedimentprøvernes sand- og siltfraktion. Af dette konkluderes det, at tungmetallerne må indgå som komponenter i nogle af de mineraler, der indgår i sand- og siltfraktionen.

Et egnet monitoringsområde foreslås i en afstand af 7 - 8 km fra kysten i det undersøgte profil. Placeringen er baseret på to forhold. Tungmetaller kan, når de er på opløst form, transporteres over store afstande, og vil bindes til lermineraller og organiske fragmenter. Sedimentanalyserne viser, som forventet, at lerfraktionen udgør en relativ stor del af sedimenterne i denne afstand.

11. Litteraturliste

- /1/ Christensen, Poul Bo (1993): Minedrift i Grønland.
- /2/ Grønlands Miljøundersøgelser (1992): Effects of Mineral Resource Activity on Arctic Marine Mammals. A literature review. Teknisk rapport.
- /3/ Karup-Møller, Sven (1991): Kompendie i geokemi og ressourcer (3522).
- /4/ Danmarks Miljøundersøgelser (1996): Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1995. Faglig rapport fra DMU, nr. 160.
- /5/ Danmarks Miljøundersøgelser. Afdeling for Arktisk Miljø: Miljø ved Maarmorilik 1994.
- /6/ Grønlands Miljøundersøgelser (1995): Miljøundersøgelser ved Ivittuut 1982 - 1992. Rapport serie nr. 7.
- /7/ Asmund, G.; Johansen, P.; Fallis, B.W. (1991): Disposal of mine wastes containing Pb and Zn near the ocean: An assessment of associated environmental implications in the arctic. *Chemistry and Ecology*, vol. 5, pp. 1-15.
- /8/ Grønlands Fiskeri- og Miljøundersøgelser. Grønlands Geologiske Undersøgelser (1986): Miljøundersøgelser i Kong Oscars Fjord 1985.
- /9/ Glader, C.; Asmund, G. (1996): Natural zinc elevations in arctic water bodies. *Proceedings SWEMP '96*, R. Ciccu (ed). S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 7-11 October 1996.
- /10/ Bondesen, E.; Poulsen, V. m.fl. (1981): Danmarks Natur, bind 11. Grønland. "Geologi" (s. 30-169). Nørrevang & Lundø (red). Politikens Forlag.
- /11/ Pulvertaft, T.C.R.: Uummannaq - området. Hvordan blev det til ?
- /12/ Koppelhus, Eva Bundgaard; Pedersen, Gunver Krarup (1993): A palynological and sedimentological study of Cretaceous floodplain deposits of the Antane Formation at Skansen and Igdlunguaq, Disko, West Greenland. *Cretaceous Research*, vol. 14, pp. 707-734.
- /13/ Geologisk Museum (1996). Specialudstillingen: Fra stjerne til støv.
- /14/ Pedersen, Gunver K.; Pulvertaft, T.C.R. (1992): The nonmarine Cretaceous of the West Greenland Basin, onshore West Greenland. *Cretaceous Research*, vol. 13, pp. 263-272.
- /15/ Larsen, Lotte M.; Pedersen, Asger K.; Pedersen, Gunver K.; Piasecki, Stefan (1992): Timing and duration of Early Tertiary volcanism in the North Atlantic: new evidence from West Greenland. *Magmatism and the Causes of Continental Break-up*, Geological Society Special Publication No. 68, pp. 321-333.

- /16/ Handbook of Geochemistry.
- /17/ Institut for Geologi og Geoteknik: Noter til Regional Ingeniørgeologi 5604.
- /18/ Samtaler med Sven Karup-Møller.
- /19/ Millot, Georges (1970): Geology of clays.
- /20/ Karup-Møller, Sven: Kompendie i Krystalligrafi 3505.
- /21/ Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet (1996): Kemiske stoffers opførsel i jord og grundvand.
- /22/ Kristian H. Poulsen og Jesper Vinter (1996).
- /23/ Gyldendals Leksikon (1990): Fakta i fire bind.
- /24/ Geologisk Institut: Noter til øvelser i sedimentologi under Bac-programmet i Marin Geologi.
- /25/ Karup-Møller, Sven (1993): Elementære røntgenkrystallografiske og krystaloptiske analysemetoder. Kompendie til kursus 3506.
- /26/ Grønlands Miljøundersøgelser (1995): Heavy Metals in the Greenland Marine Environment. National Assessment Report. First draft.

Bilag 1

Skema til beregning af vandindhold og glødetab for samtlige prøver.

Prøve	Digle (g)	Prøve + digle (g)	Prøve (g)	Tør prøve + digle (g)	Tør prøve (g)	Vandindhold (%)	Glødet prøve + digle (g)	Glødetab (g)	Organisk indhold (%)
A0	24,38	53,15	28,77	42,79	18,41	56,27	42,14	0,65	3,53
A1	26,14	53,71	27,57	41,71	15,57	77,07	41,05	0,66	4,24
A2	24,40	46,14	21,74	37,19	12,79	69,98	36,65	0,54	4,22
A3	24,35	52,01	27,66	42,31	17,96	54,01	41,69	0,62	3,45
A4	14,37	45,47	31,10	37,57	23,20	34,05	37,16	0,41	1,77
A5	25,24	60,24	35,00	49,80	24,56	42,51	49,32	0,48	1,95
B1	21,41	52,17	30,76	40,33	18,92	62,58	39,55	0,78	4,12
B2	24,48	58,91	34,43	47,01	22,53	52,82	46,23	0,78	3,46
B3	27,04	64,31	37,27	51,95	24,91	49,62	51,27	0,68	2,73
B4	25,13	65,97	40,84	53,93	28,80	41,81	53,53	0,40	1,39
C1	14,58	41,99	27,41	35,91	21,33	28,50	35,51	0,40	1,88
C2	26,04	57,05	31,01	50,36	24,32	27,51	49,96	0,40	1,64
D0	15,13	57,34	42,21	43,63	28,50	48,11	43,06	0,57	2,00
E1	22,31	63,58	41,27	54,08	31,77	29,90	53,57	0,51	1,61
E2	19,96	53,57	33,61	45,36	25,40	32,32	44,95	0,41	1,61
E3	24,80	54,28	29,48	47,90	23,10	27,62	47,56	0,34	1,47
E4	23,00	53,95	30,95	46,82	23,82	29,93	46,46	0,36	1,51
F1	25,93	59,02	33,09	51,77	25,84	28,06	51,39	0,38	1,47
G0	21,29	58,68	37,39	52,18	30,89	21,04	51,88	0,30	0,97
I	14,77	71,31	56,54	58,00	43,23	30,79	57,49	0,51	1,18

Vandindhold = (Prøve - Tør prøve) / Tør prøve
 Organisk indhold = Glødetab / Tør prøve

Bilag 2

Glødetab i lerfraktionerne.

Prøve	Digle (g)	Digle + tør prøve (g)	Tør prøve (g)	Digle + glødet prøve (g)	Glødet prøve (g)	Carbon indhold (%)
A0	14,56	16,41	1,85	16,25	1,69	8,65
A1	25,93	26,76	0,83	26,71	0,78	6,02
A5	25,64	27,96	2,32	27,90	2,26	2,59
B1	26,14	27,61	1,47	27,50	1,36	7,48
B4	21,41	22,33	0,92	22,29	0,88	4,35
D0	26,06	28,54	2,48	27,88	1,82	26,61
E1	25,12	26,93	1,81	26,53	1,41	22,10
E3	26,01	26,29	0,28	26,27	0,26	7,14
F1	24,38	24,68	0,30	24,69	0,31	0,00

Glødetabet i lerfraktionen er ikke blevet målt for alle prøver. Kun de prøver der er medtaget i tabellen har fået det målt.

Bilag 3

Inddeling af kornstørrelse i > eller < end 63 micrometer.

Prøvebetegnelse	Prøve (g)	Sigte + sand (g)	Sand (g)	Andel af sand (%)	Andel af silt og ler (%)
A0	23,95	111,49 (67)	7,97	33,28	66,72
A1	18,86	106,25 (68)	2,46	13,04	86,96
A2	19,71	106,58 (67)	3,06	15,53	84,47
A3	19,67	108,89 (67)	5,37	27,30	72,70
A4	22,20	113,30 (68)	9,50	42,79	57,21
A5	22,56	109,49 (68)	5,70	25,27	74,73
B1	21,99	108,08 (68)	4,29	19,51	80,49
B4	22,79	116,10 (67)	12,58	55,20	44,80
C1	18,79	114,05 (68)	10,26	54,60	45,40
D0	19,03	105,93 (68)	2,14	11,25	88,75
E1	19,66	112,12 (67)	8,60	43,74	56,26
E3	23,07	116,22 (67)	12,70	55,05	44,95
E4	21,36	113,77 (67)	10,25	47,99	52,01
F1	23,89	118,03 (68)	14,24	59,61	40,39
G0	22,33	121,43 (67)	17,91	80,21	19,79
I	20,20	118,91 (67)	15,39	76,19	23,81

Sigte nr. 67 vejer 103,52 g.

Sigte nr. 68 vejer 103,79 g.

Bilag 4

Sedigraphudskrifter

Indeholdende

Tabel for kornstørrelses- og vægtfordeling side 1

Kornstørrelsesfordelingskurve side 2

Vægtfordelingskurve side 3

Kornstørrelsesfordelingsanalysen er blevet lavet på silt- og lerfraktionen for følgende prøver: A0, A1, A2, A3, A4, A5, B1, B4, C1, D0, E1, E3, E4, F1, G0 og I.

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /47
 SAMPLE ID: a 0
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: a 0
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 89 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 10:21:43 09/04/96
 REPR 10:52:29 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:30:45
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6490 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 67

MASS DISTRIBUTION

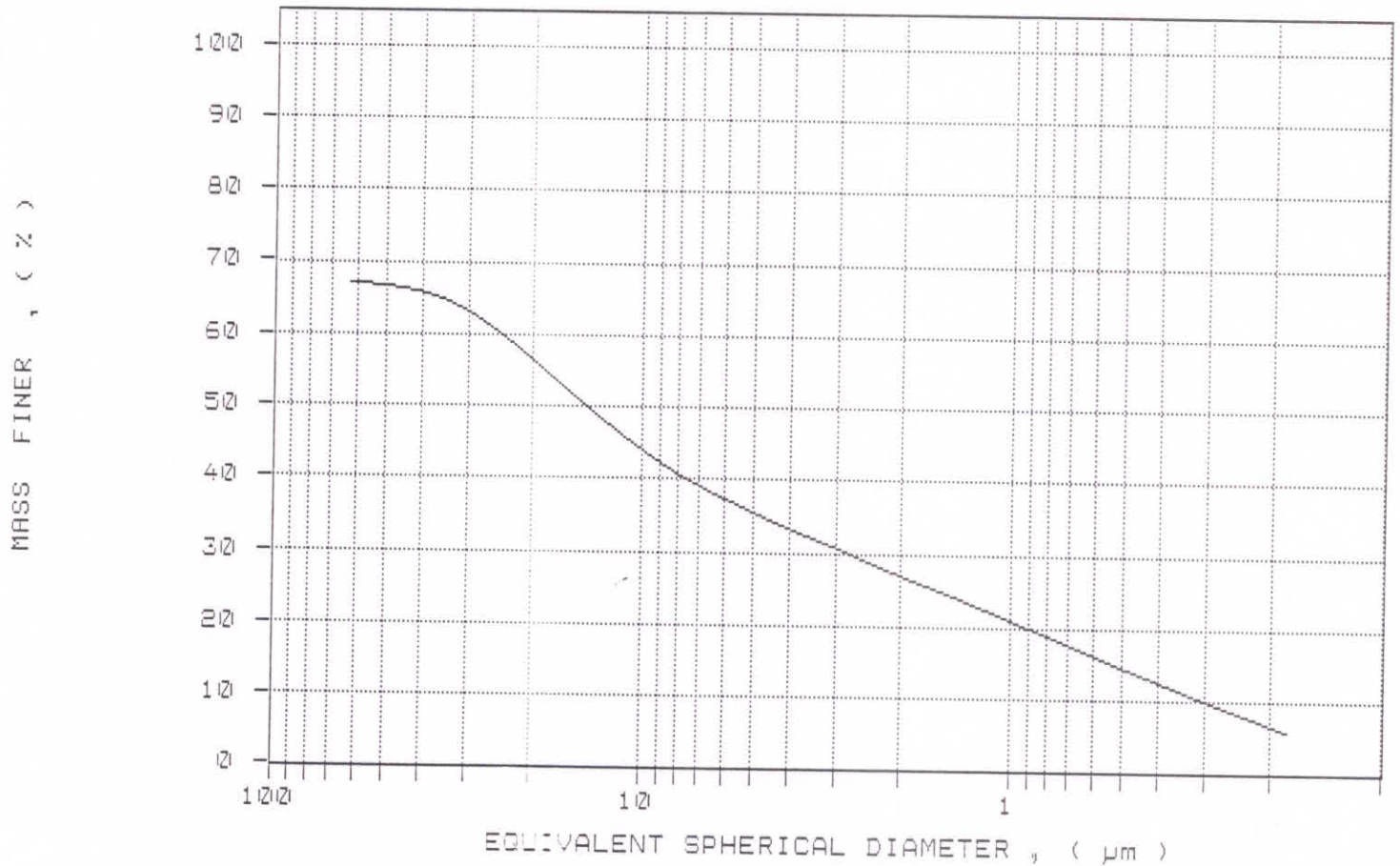
MEDIAN DIAMETER: 14.19 μm MODAL DIAMETER: 15.67 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	67.0	0.0
50.00	66.6	0.4
40.00	65.7	0.9
30.00	63.1	2.6
25.00	60.4	2.7
20.00	56.5	3.9
15.00	51.1	5.4
10.00	43.9	7.1
8.00	40.7	3.2
6.00	37.3	3.3
5.00	35.4	1.9
4.00	33.2	2.2
3.00	30.7	2.6
2.00	27.0	3.7
1.50	24.5	2.4
1.00	20.9	3.6
0.80	18.9	2.0
0.60	16.2	2.7
0.50	14.5	1.7
0.40	12.6	1.9
0.30	10.0	2.6
0.20	6.6	3.4

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /47
SAMPLE ID: a 0
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: a 0
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 89 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 10:21:43 09/04/96
REPRT 10:52:29 09/04/96
TOT RUN TIME 0:30:45
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6490 cp
RUN TYPE: High Speed

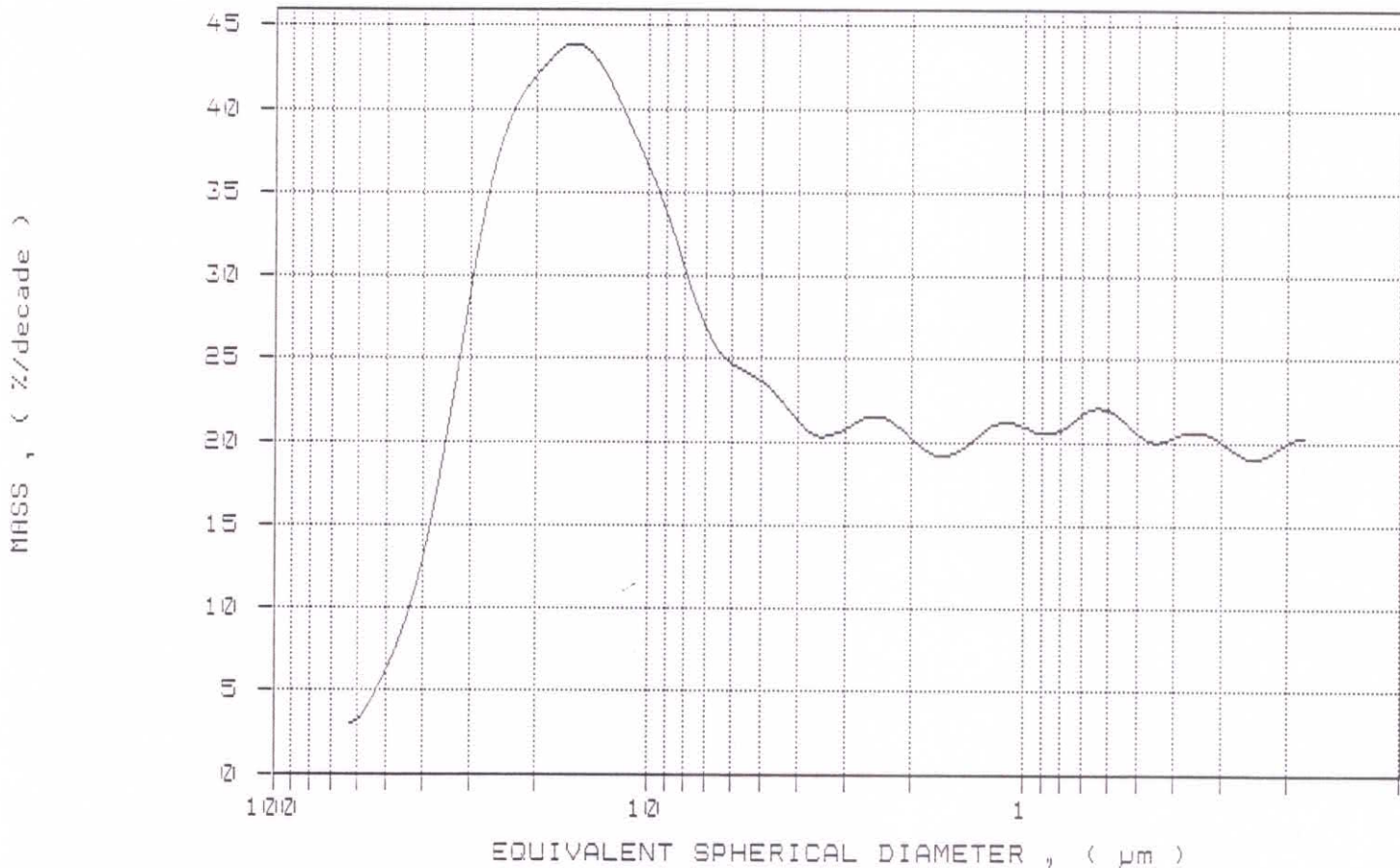
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /47
SAMPLE ID: a 0
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: a 0
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 89 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 10:21:43 09/04/96
REPRT 10:52:29 09/04/96
TOT RUN TIME 0:30:45
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6490 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /46
 SAMPLE ID: a1
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: a1
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 80 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 09:36:54 09/04/96
 REPRT 10:06:45 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:29:50
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6494 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 87

MASS DISTRIBUTION

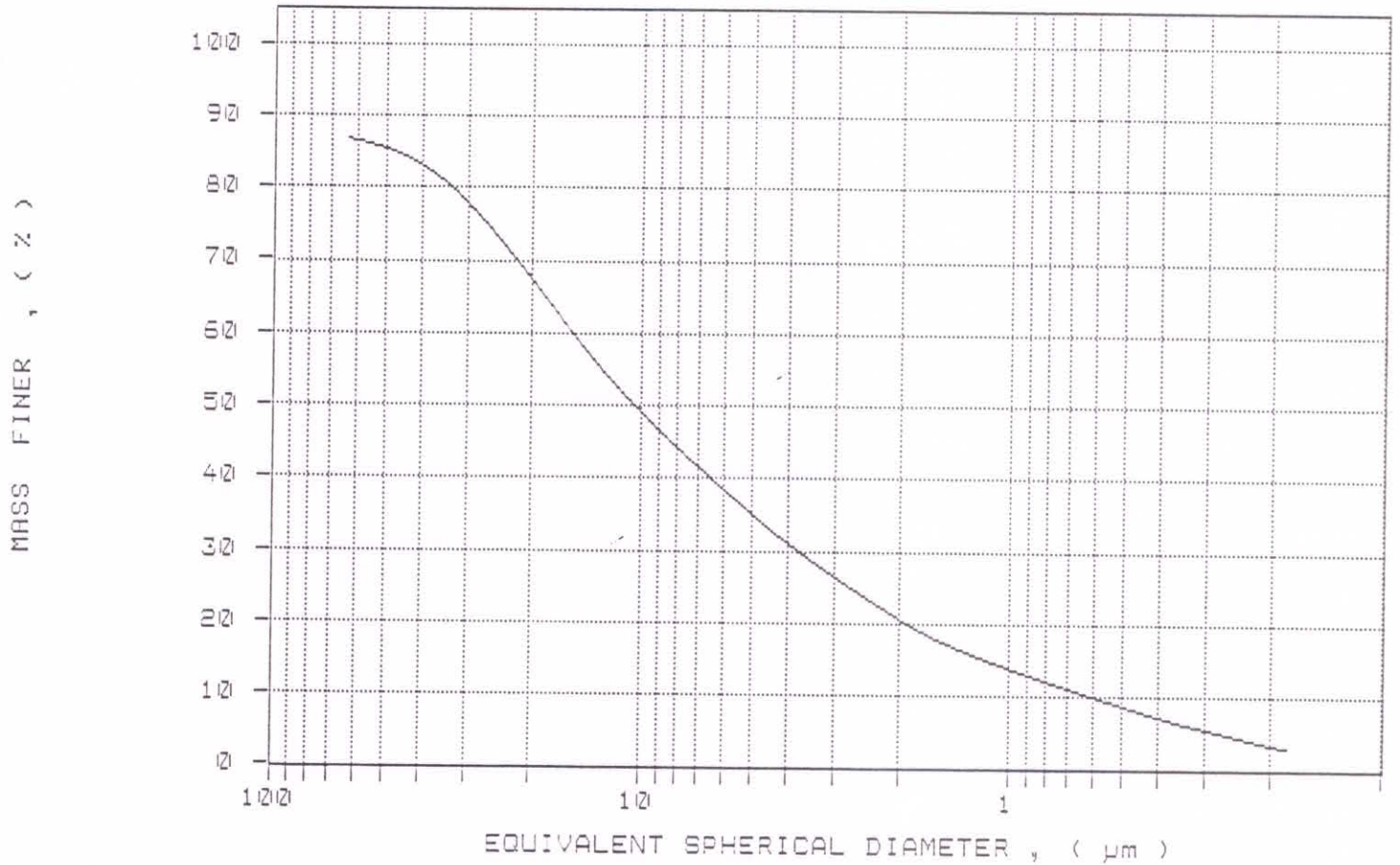
MEDIAN DIAMETER: 10.51 μm MODAL DIAMETER: 17.39 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	86.4	0.6
50.00	85.3	1.1
40.00	83.0	2.4
30.00	77.8	5.2
25.00	73.4	4.4
20.00	67.3	6.1
15.00	59.1	8.2
10.00	48.9	10.3
8.00	44.1	4.8
6.00	38.4	5.7
5.00	34.9	3.5
4.00	31.0	4.0
3.00	26.5	4.5
2.00	20.6	5.9
1.50	17.3	3.3
1.00	13.8	3.5
0.80	12.0	1.7
0.60	10.0	2.1
0.50	8.7	1.3
0.40	7.2	1.5
0.30	5.5	1.7
0.20	3.4	2.2

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /46
SAMPLE ID: a1
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: a1
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 80 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 09:36:54 09/04/96
REPR 10:06:45 09/04/96
TOT RUN TIME 0:29:50
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6494 cp
RUN TYPE: High Speed

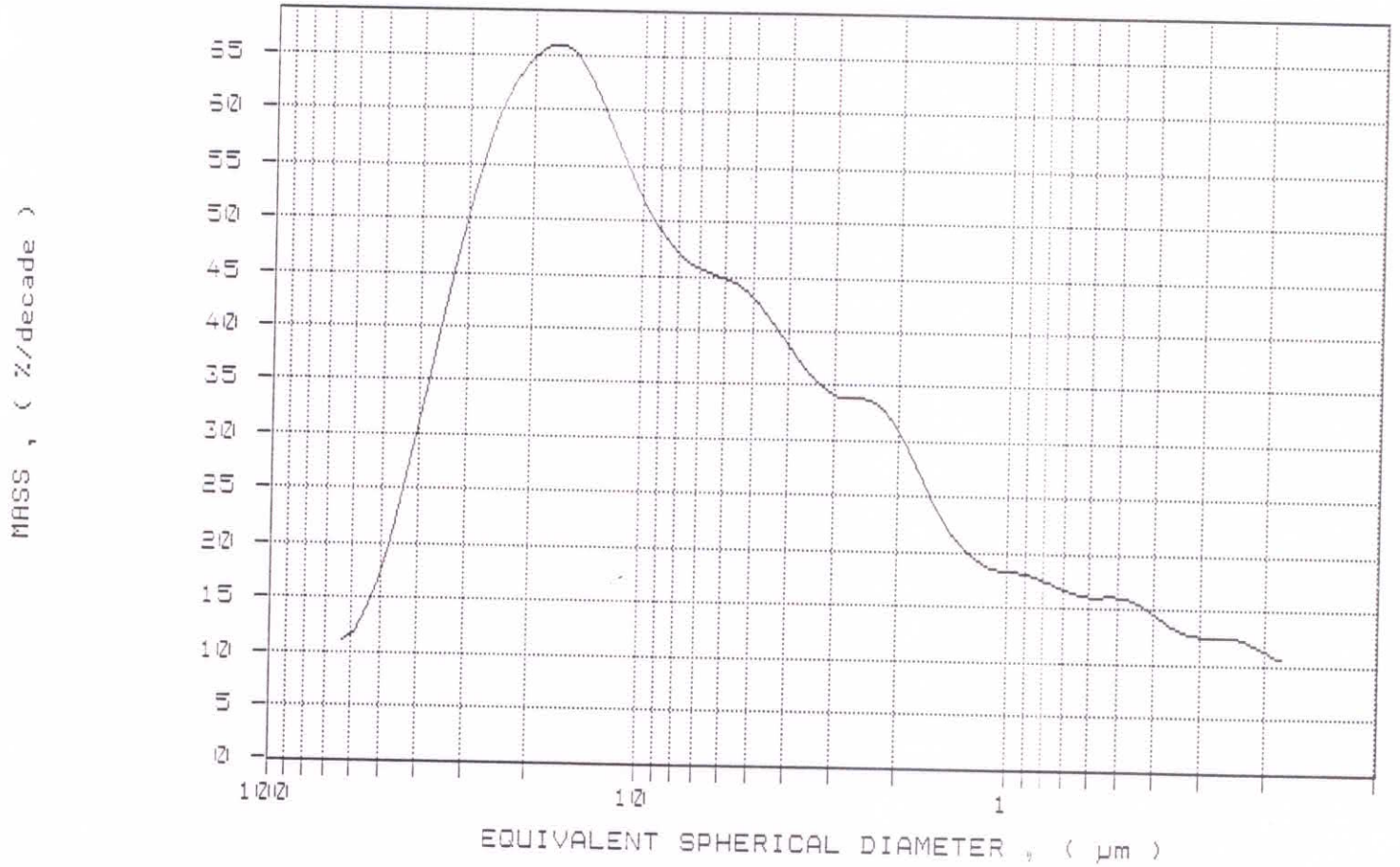
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /46
 SAMPLE ID: a1
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: a1
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 80 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 09:36:54 09/04/96
 REPT 10:06:45 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:29:50
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6494 cp
 RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /51
 SAMPLE ID: a2
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: a2
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 84 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 14:02:55 09/04/96
 REPT 14:31:59 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:29:03
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6489 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 85

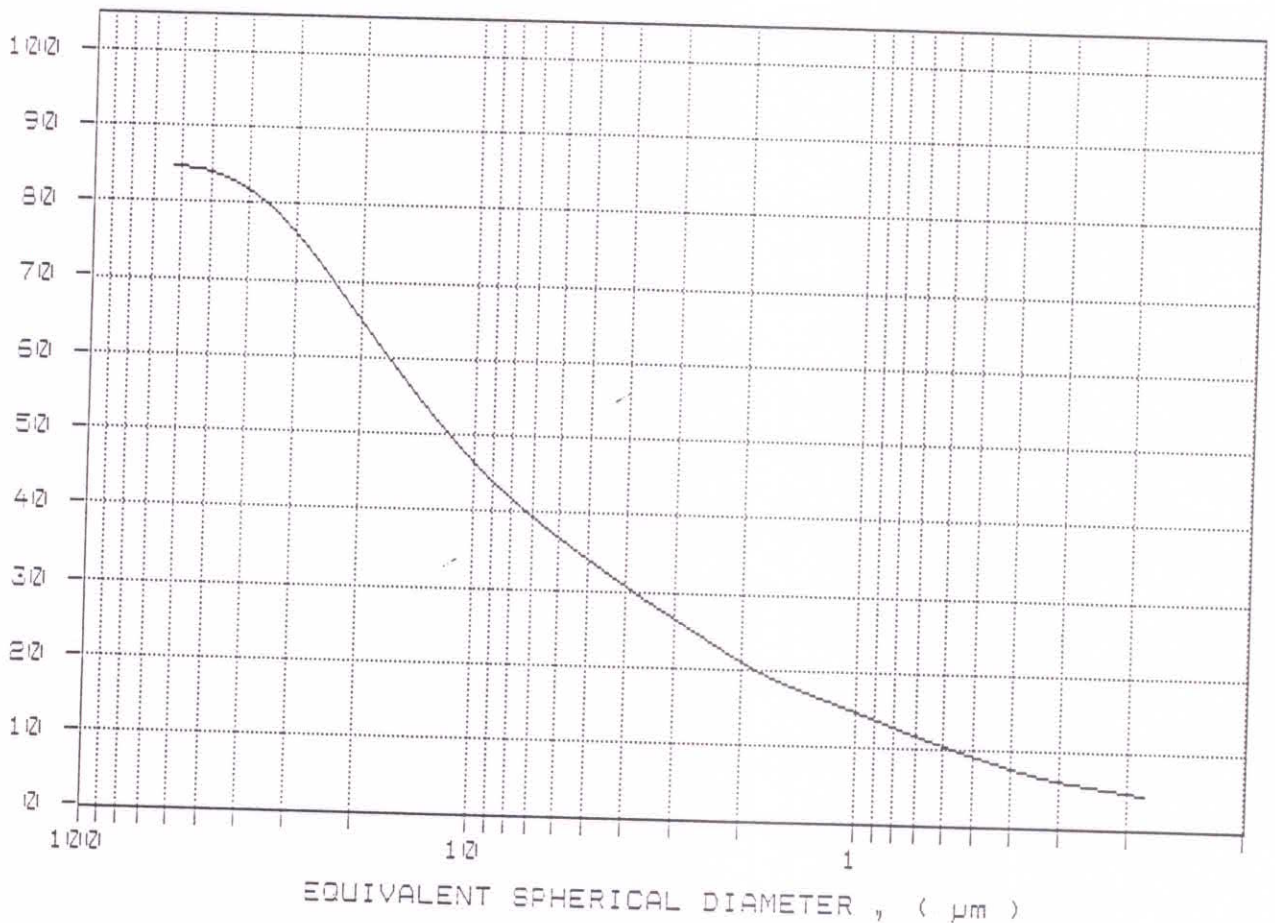
MEDIAN DIAMETER: 11.72 μm MASS DISTRIBUTION
 MODAL DIAMETER: 20.65 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	84.6	0.4
50.00	83.9	0.7
40.00	81.7	2.2
30.00	76.1	5.5
25.00	71.3	4.8
20.00	64.8	6.5
15.00	56.5	8.3
10.00	46.2	10.3
8.00	41.6	4.6
6.00	36.8	4.8
5.00	33.9	2.8
4.00	30.6	3.4
3.00	26.5	4.1
2.00	21.0	5.5
1.50	17.9	3.1
1.00	14.6	3.3
0.80	12.8	1.9
0.60	10.5	2.3
0.50	9.1	1.3
0.40	7.6	1.5
0.30	6.1	1.5
0.20	4.7	1.4

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /51
SAMPLE ID: a2
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: a2
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 84 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 14:02:55 09/04/96
REPRT 14:31:59 09/04/96
TOT RUN TIME 0:29:03
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6489 cp
RUN TYPE: High Speed

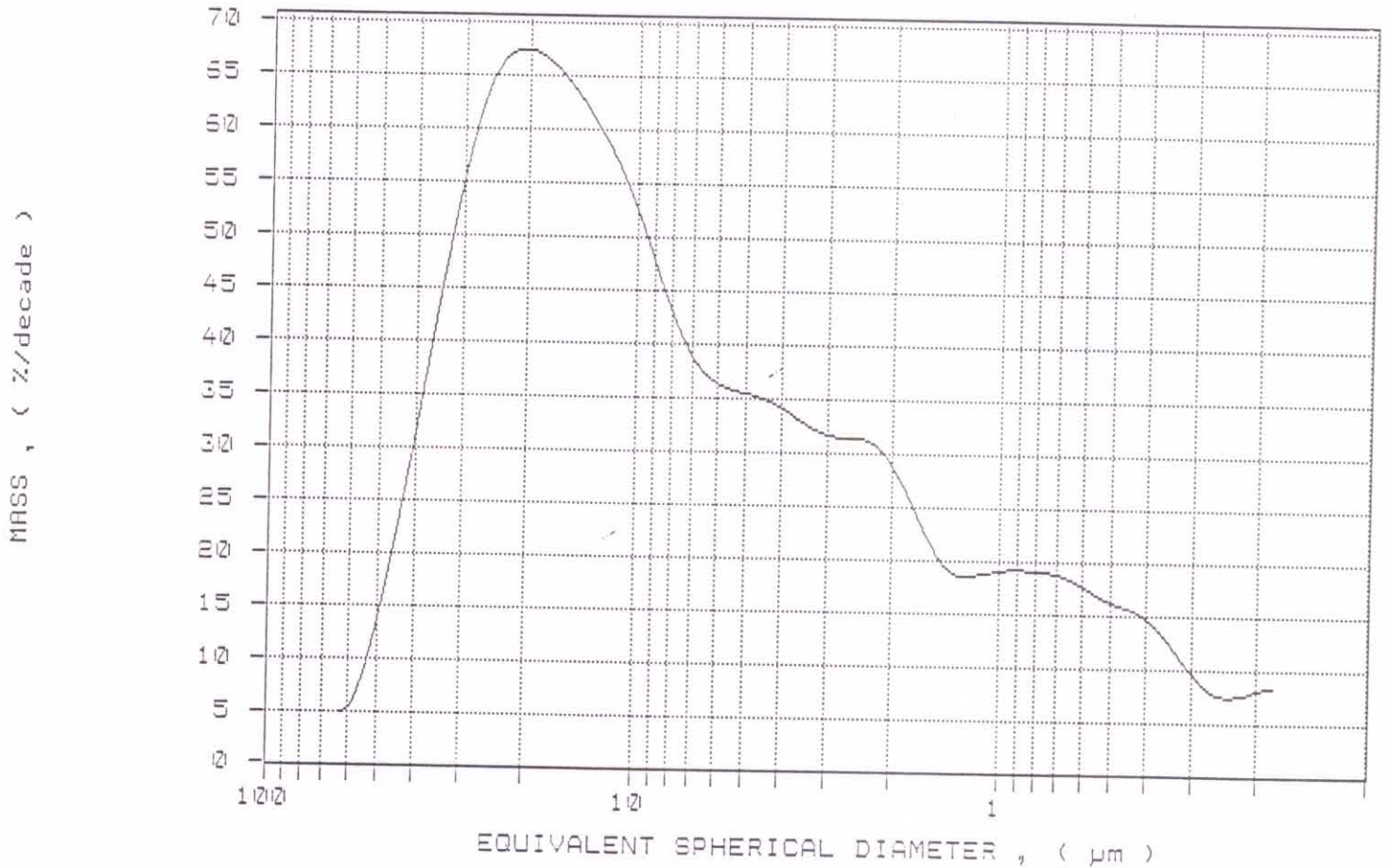
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /51
SAMPLE ID: a2
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: a2
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 84 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 14:02:55 09/04/96
REPT 14:31:59 09/04/96
TOT RUN TIME 0:29:03
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6489 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /54
 SAMPLE ID: a 3
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: a 3
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 139/ 93 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 09:47:09 09/05/96
 REPR 10:17:10 09/05/96
 TOT RUN TIME 0:30:00
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6493 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 73

MEDIAN DIAMETER: 13.70 μm MASS DISTRIBUTION

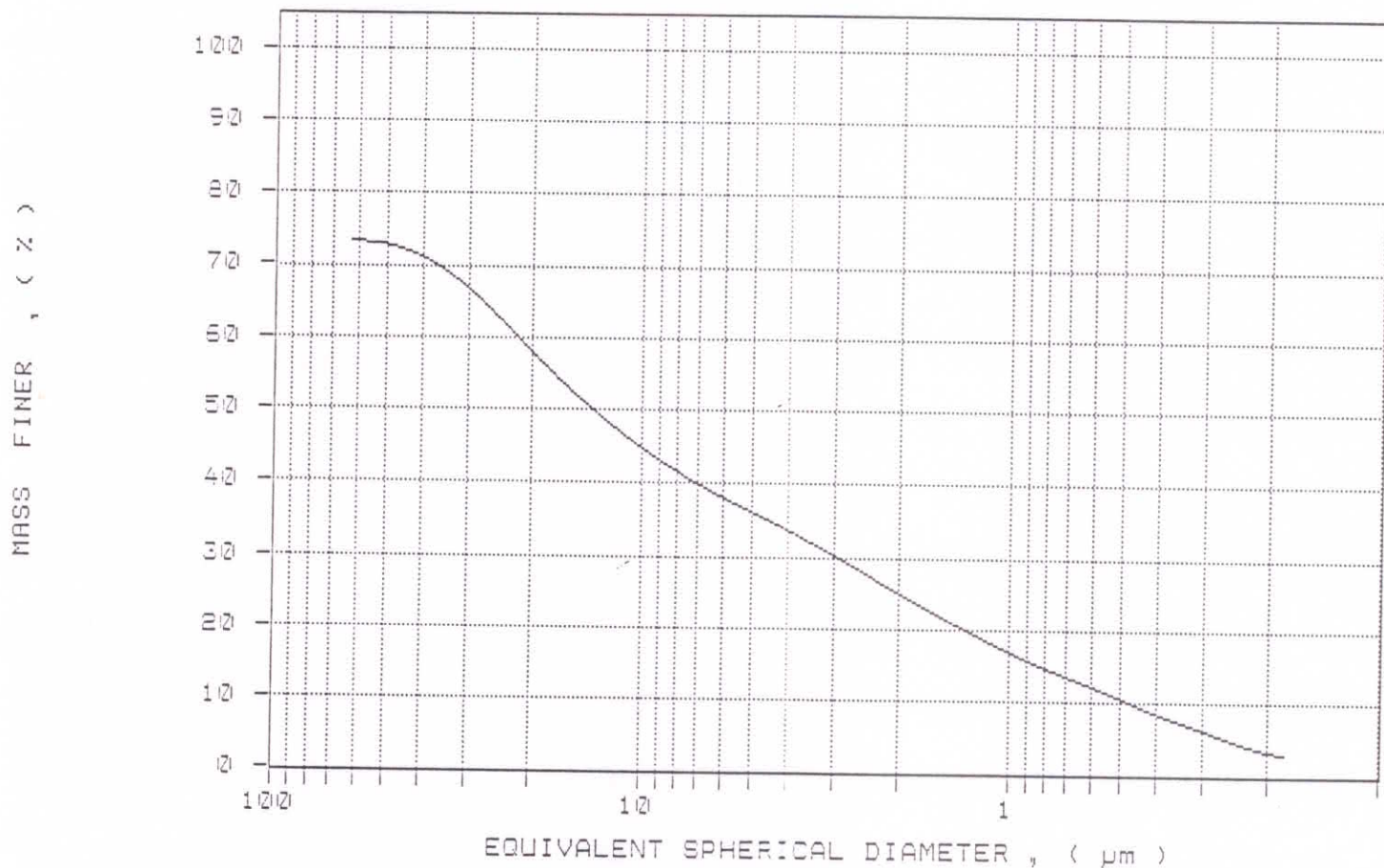
MODAL DIAMETER: 21.23 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	73.2	-0.2
50.00	72.8	0.5
40.00	71.0	1.7
30.00	66.7	4.3
25.00	63.0	3.7
20.00	57.9	5.0
15.00	51.8	6.2
10.00	44.7	7.1
8.00	41.5	3.2
6.00	38.1	3.5
5.00	36.1	2.0
4.00	33.6	2.4
3.00	30.2	3.4
2.00	25.0	5.2
1.50	21.4	3.6
1.00	16.8	4.6
0.80	14.6	2.2
0.60	12.2	2.4
0.50	10.5	1.7
0.40	8.5	2.0
0.30	6.2	2.2
0.20	3.4	2.9

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /54
SAMPLE ID: a 3
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: a 3
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 93 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 09:47:09 09/05/96
REPT 10:17:10 09/05/96
TOT RUN TIME 0:30:00
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6493 cp
RUN TYPE: High Speed

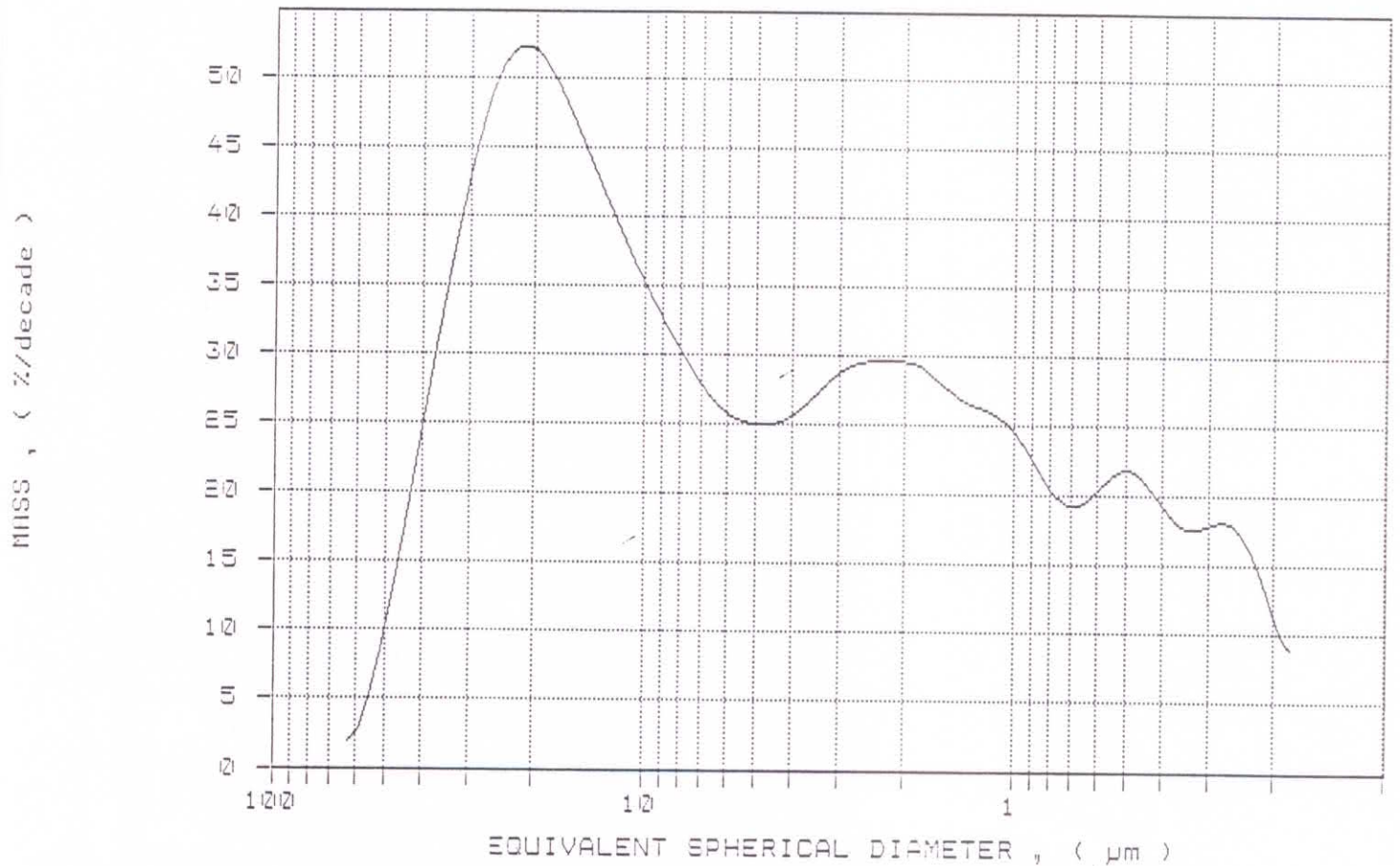
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /54
SAMPLE ID: a 3
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: a 3
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 93 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 09:47:09 09/05/96
REPRT 10:17:10 09/05/96
TOT RUN TIME 0:30:00
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6493 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /42
 SAMPLE ID: a4
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: a4
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 140/ 97 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 10:50:22 08/29/96
 REPRT 11:18:42 08/29/96
 TOT RUN TIME 0:28:19
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6491 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 57

MASS DISTRIBUTION

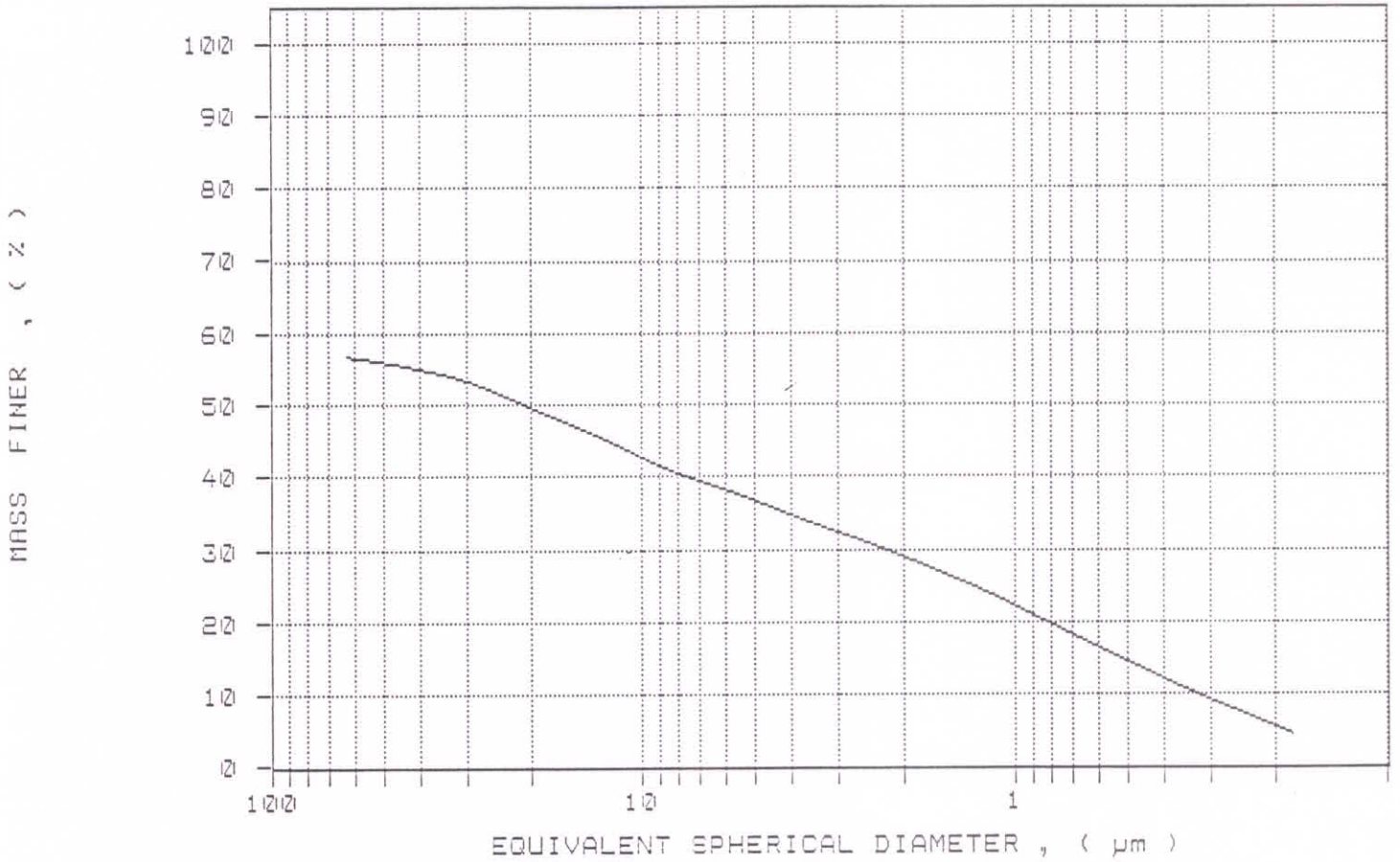
MEDIAN DIAMETER: 20.95 μm MODAL DIAMETER: 0.87 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	56.5	0.5
50.00	55.9	0.6
40.00	54.9	1.0
30.00	53.2	1.7
25.00	51.7	1.5
20.00	49.5	2.2
15.00	46.8	2.7
10.00	42.6	4.2
8.00	40.4	2.2
6.00	38.2	2.2
5.00	36.7	1.5
4.00	34.7	2.0
3.00	32.4	2.3
2.00	29.0	3.4
1.50	26.3	2.6
1.00	22.2	4.2
0.80	19.7	2.5
0.60	16.5	3.2
0.50	14.5	2.0
0.40	12.1	2.4
0.30	9.3	2.9
0.20	5.5	3.8

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /42
SAMPLE ID: a4
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: a4
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 97 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 10:50:22 08/29/96
REPRT 11:18:42 08/29/96
TOT RUN TIME 0:28:19
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6491 cp
RUN TYPE: High Speed

CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER

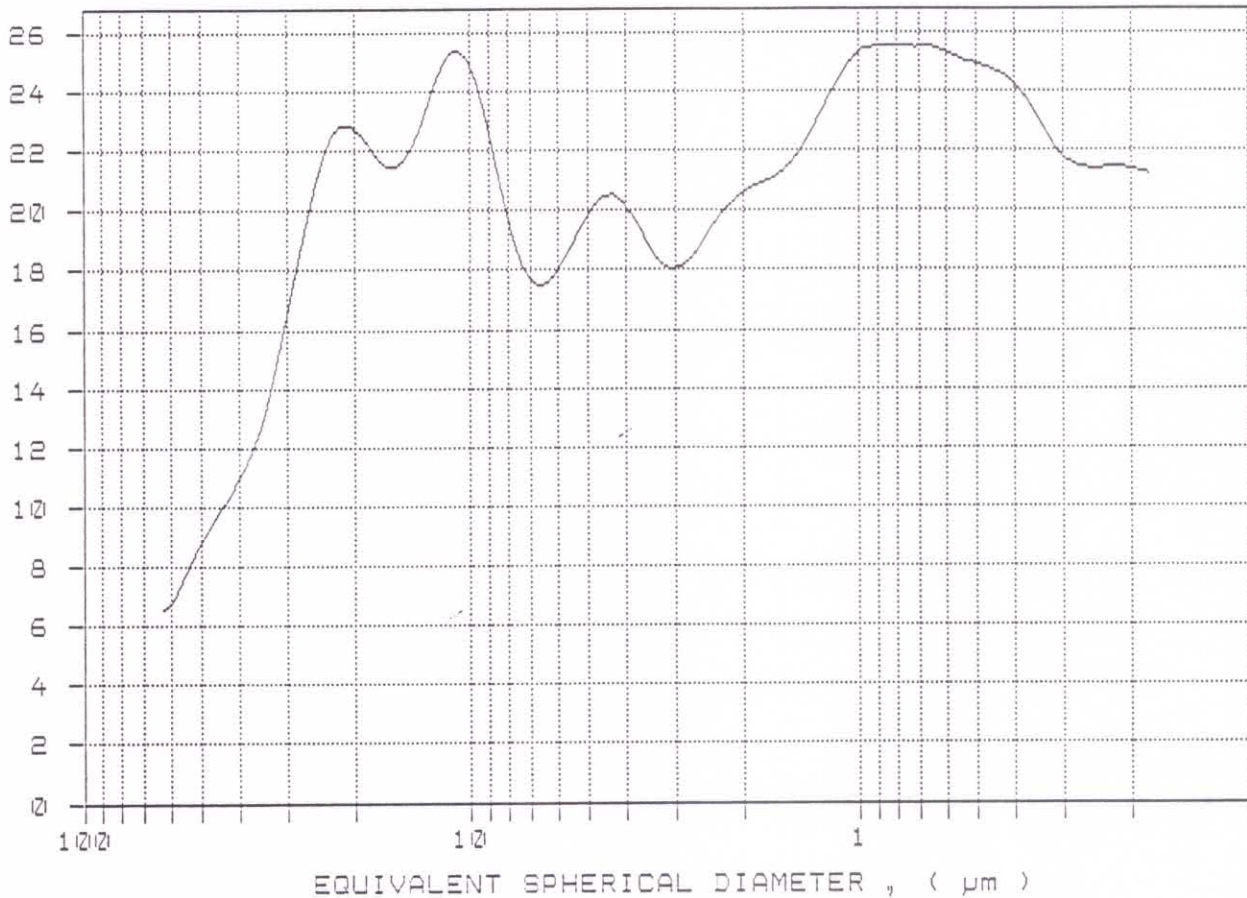


SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /42
 SAMPLE ID: a4
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: a4
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 140/ 97 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 10:50:22 08/29/96
 REPR 11:18:42 08/29/96
 TOT RUN TIME 0:28:19
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6491 cp
 RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER

MASS , (Z/decade)



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /56
 SAMPLE ID: a5
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: pernille
 SAMPLE TYPE: a5
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 139/ 81 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 11:29:46 09/05/96
 REPRT 11:59:32 09/05/96
 TOT RUN TIME 0:29:47
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6493 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 µm
 ENDING DIAMETER: 0.18 µm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 75

MASS DISTRIBUTION

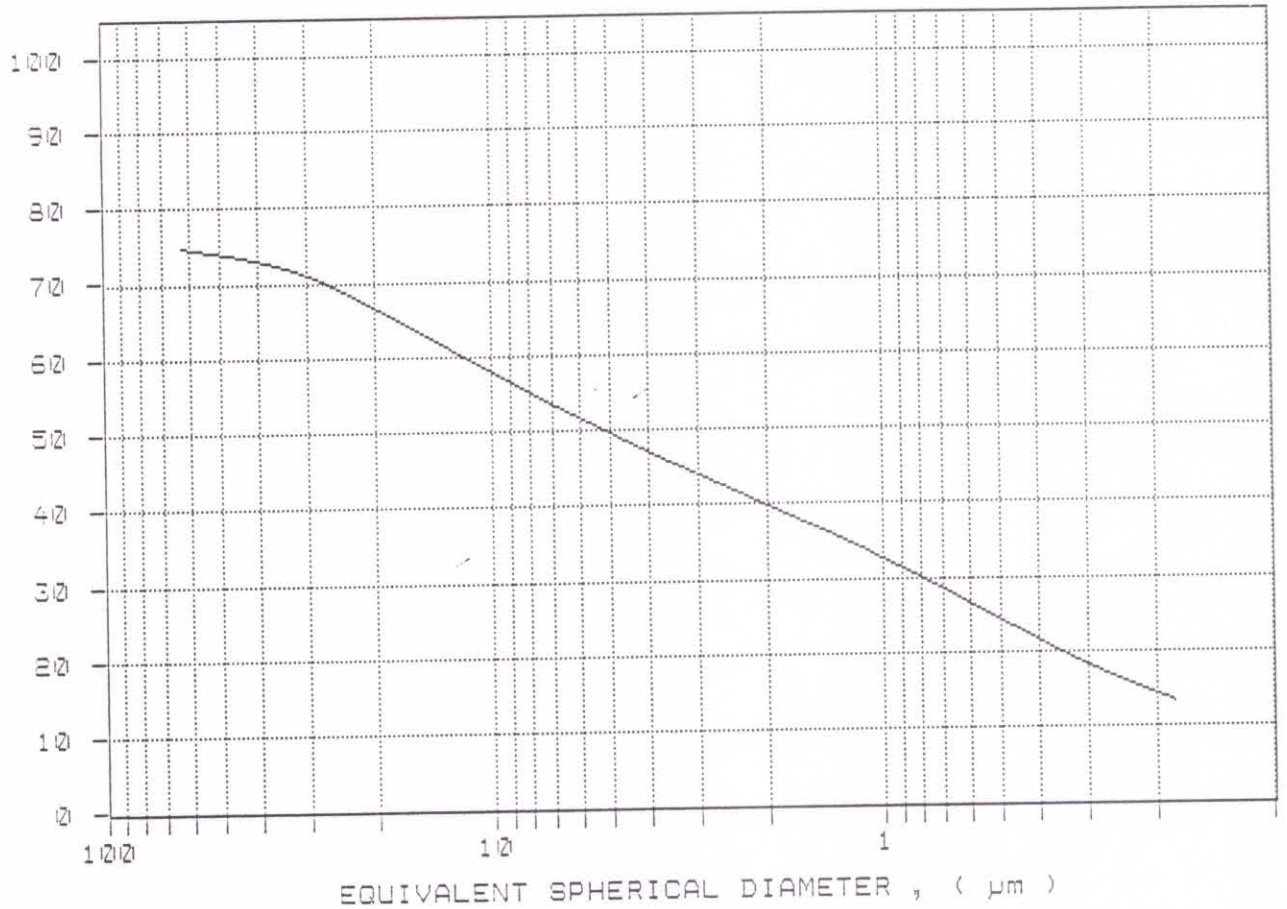
MEDIAN DIAMETER: 5.20 µm MODAL DIAMETER: 11.64 µm

DIAMETER (µm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	74.5	0.5
50.00	73.9	0.7
40.00	72.9	1.0
30.00	71.0	1.9
25.00	69.2	1.8
20.00	66.6	2.6
15.00	63.0	3.6
10.00	57.8	5.2
8.00	55.0	2.8
6.00	51.6	3.4
5.00	49.6	2.1
4.00	47.0	2.5
3.00	44.1	3.0
2.00	39.8	4.2
1.50	36.9	2.9
1.00	32.6	4.4
0.80	30.0	2.5
0.60	26.6	3.5
0.50	24.3	2.3
0.40	21.6	2.7
0.30	18.3	3.3
0.20	14.4	3.9

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /56
SAMPLE ID: a5
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: pernille
SAMPLE TYPE: a5
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 81 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 11:29:46 09/05/96
REPRT 11:59:32 09/05/96
TOT RUN TIME 0:29:47
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6493 cp
RUN TYPE: High Speed

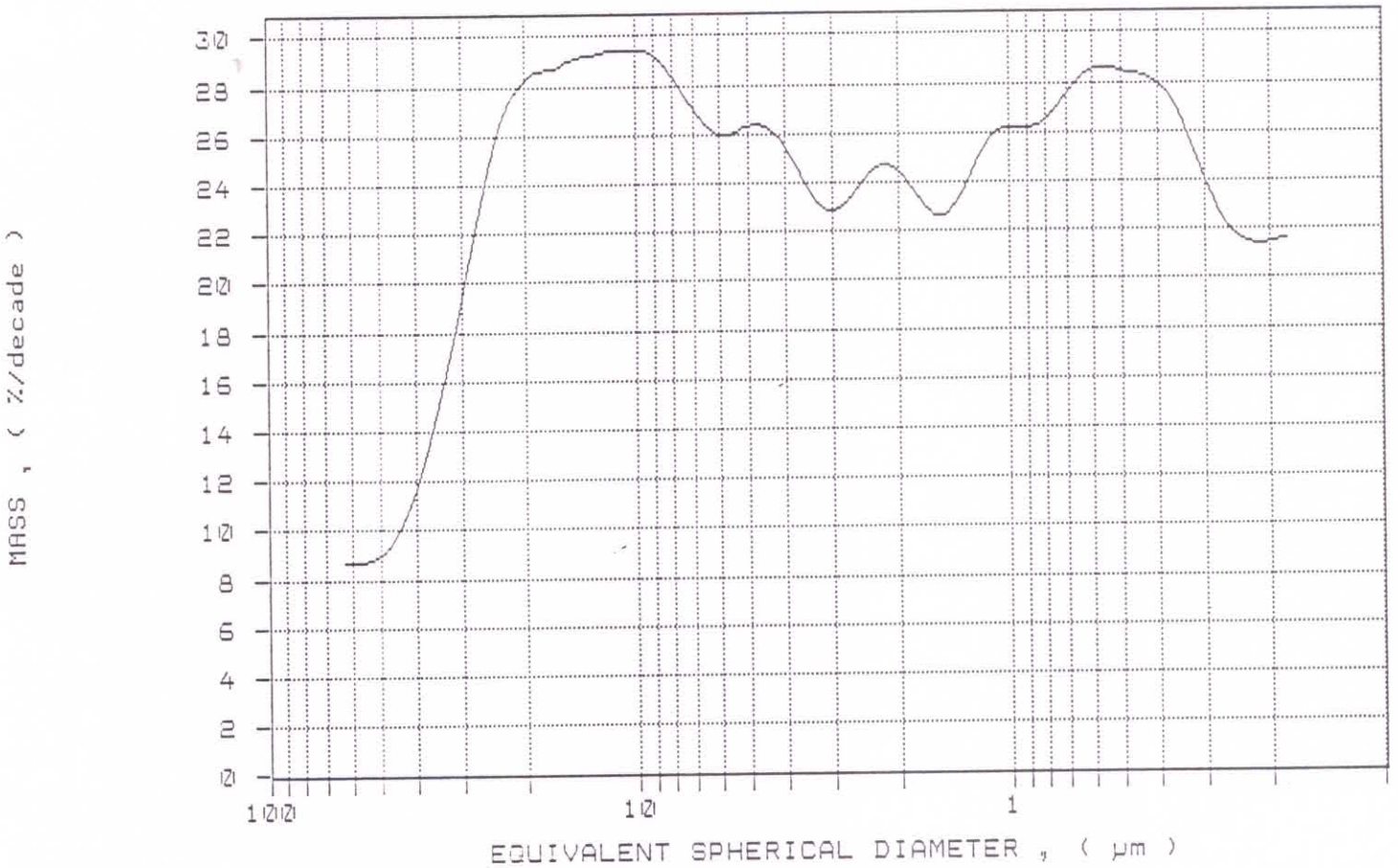
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /56
 SAMPLE ID: a5
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: pernille
 SAMPLE TYPE: a5
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 139/ 81 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 11:29:46 09/05/96
 REPR 12:45:36 09/05/96
 TOT RUN TIME 0:29:47
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6493 cp
 RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /48
 SAMPLE ID: b1
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: b1
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 81 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 11:17:53 09/04/96
 REPR 11:46:44 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:28:50
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6490 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 µm
 ENDING DIAMETER: 0.18 µm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 80

MASS DISTRIBUTION

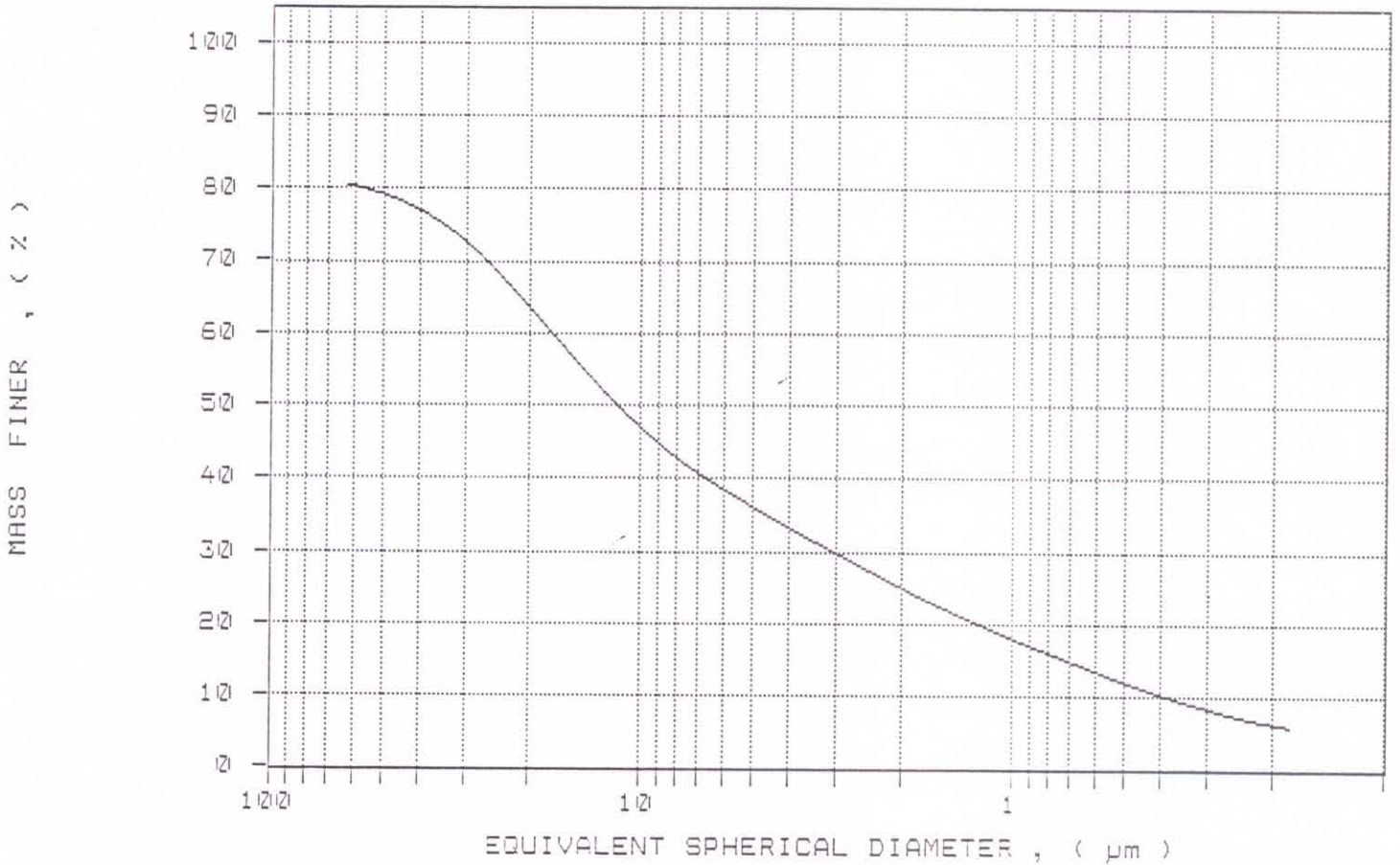
MEDIAN DIAMETER: 11.62 µm MODAL DIAMETER: 17.24 µm

DIAMETER (µm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	80.3	-0.3
50.00	79.1	1.2
40.00	76.9	2.2
30.00	72.6	4.3
25.00	68.8	3.8
20.00	63.4	5.3
15.00	56.1	7.3
10.00	46.8	9.3
8.00	42.7	4.1
6.00	38.5	4.3
5.00	36.1	2.4
4.00	33.2	2.8
3.00	29.8	3.4
2.00	25.0	4.8
1.50	21.8	3.1
1.00	17.9	3.9
0.80	16.0	1.9
0.60	13.5	2.5
0.50	12.0	1.5
0.40	10.3	1.7
0.30	8.4	1.9
0.20	6.3	2.1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /48
SAMPLE ID: b1
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: b1
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 81 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 11:17:53 09/04/96
REPT 11:46:44 09/04/96
TOT RUN TIME 0:28:50
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6490 cp
RUN TYPE: High Speed

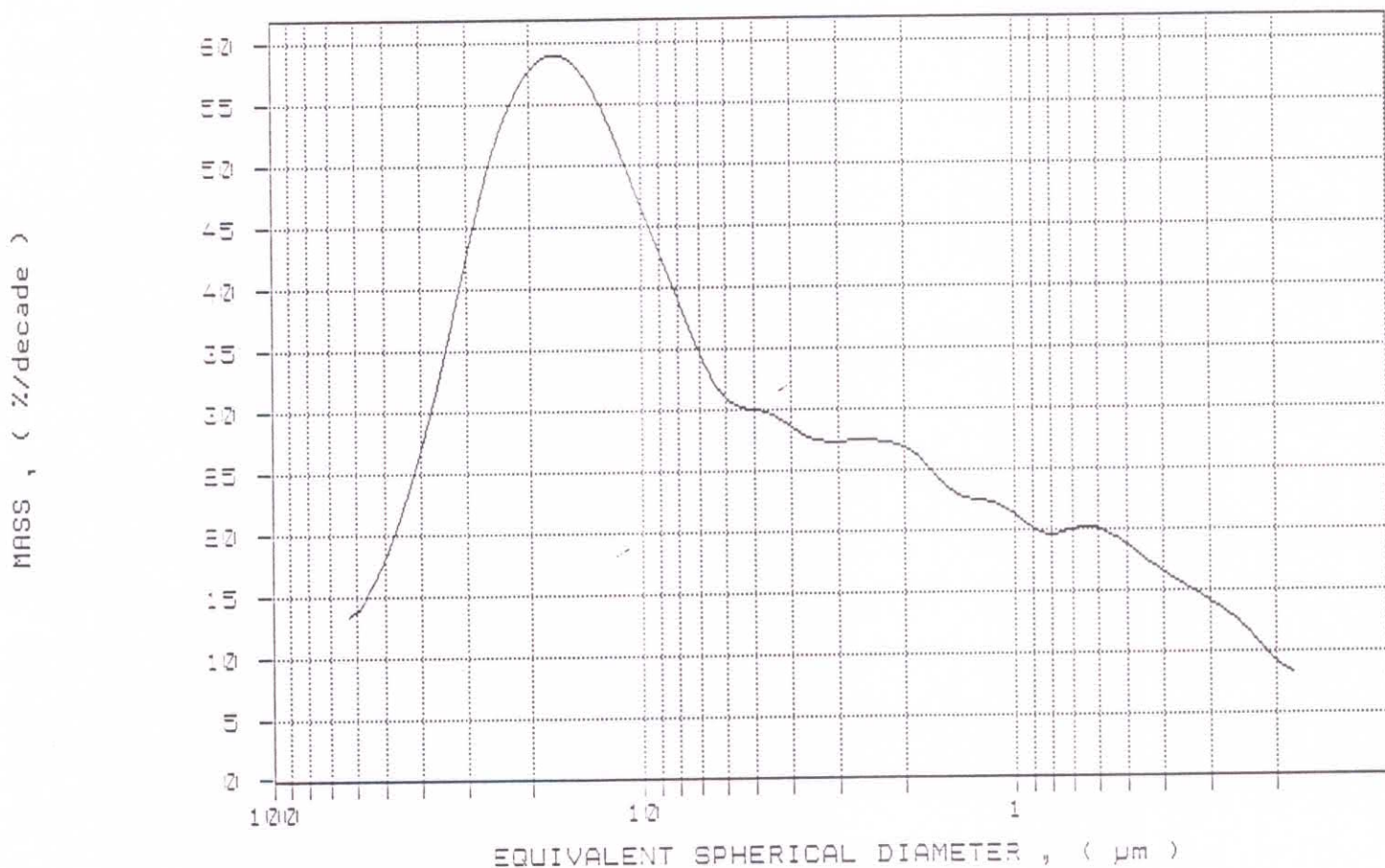
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /48
 SAMPLE ID: b1
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: b1
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 81 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 11:17:53 09/04/96
 REPT 11:46:44 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:28:50
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6490 cp
 RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /44
 SAMPLE ID: b4
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: b4
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 140/ 104 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 13:05:27 08/29/96
 REPRT 13:36:27 08/29/96
 TOT RUN TIME 0:31:00
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6491 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 45

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: NOT AVAILABLE

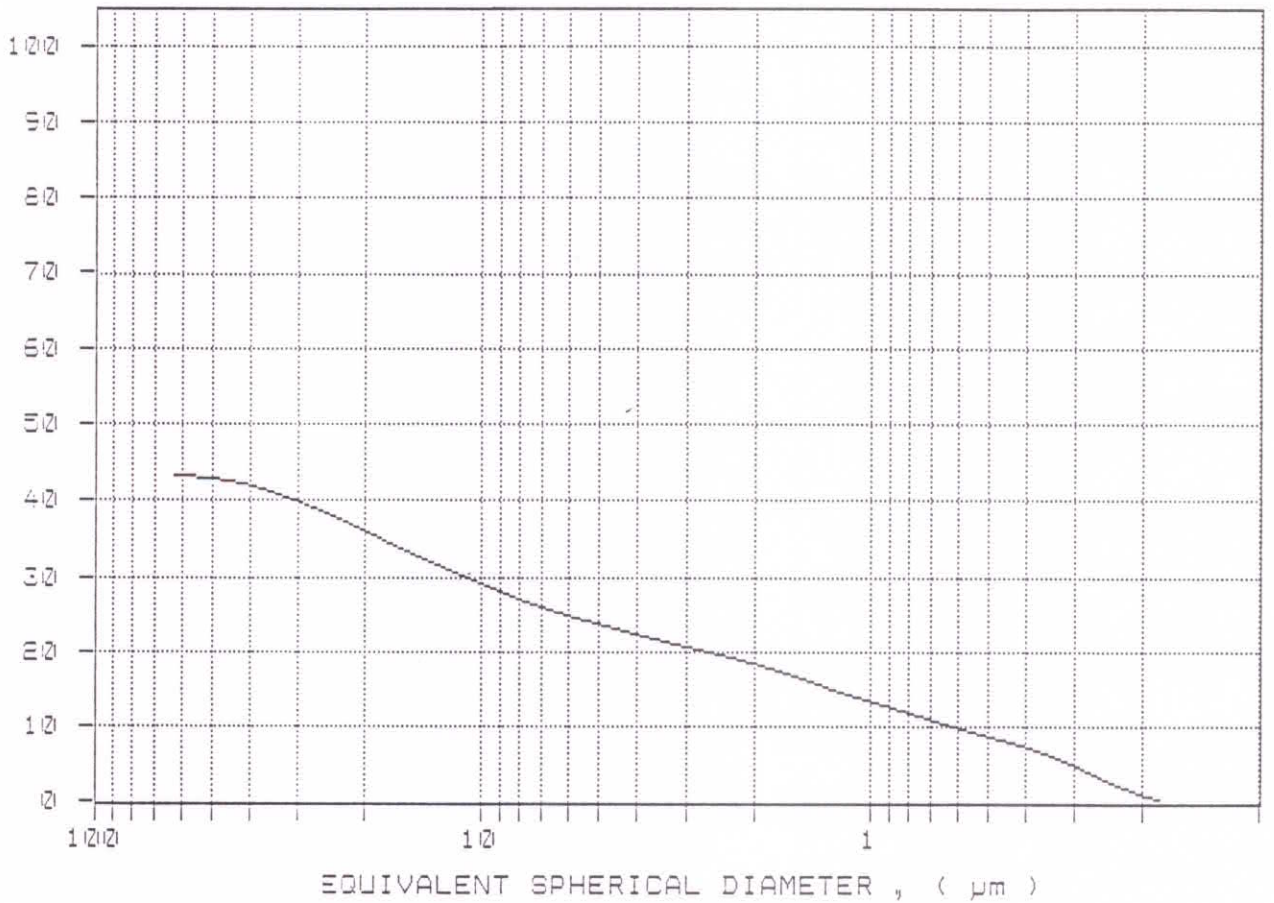
MODAL DIAMETER: 18.14 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	43.3	1.7
50.00	42.9	0.4
40.00	42.0	0.9
30.00	39.9	2.1
25.00	38.3	1.6
20.00	36.0	2.2
15.00	33.0	3.1
10.00	29.0	4.0
8.00	26.9	2.1
6.00	24.8	2.1
5.00	23.7	1.1
4.00	22.3	1.4
3.00	20.7	1.7
2.00	18.4	2.2
1.50	16.4	2.0
1.00	13.4	3.0
0.80	11.9	1.5
0.60	9.8	2.0
0.50	8.7	1.1
0.40	7.3	1.4
0.30	4.9	2.4
0.20	1.1	3.8

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /44
SAMPLE ID: b4
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: b4
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 104 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 13:05:27 08/29/96
REPRT 13:36:27 08/29/96
TOT RUN TIME 0:31:00
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6491 cp
RUN TYPE: High Speed

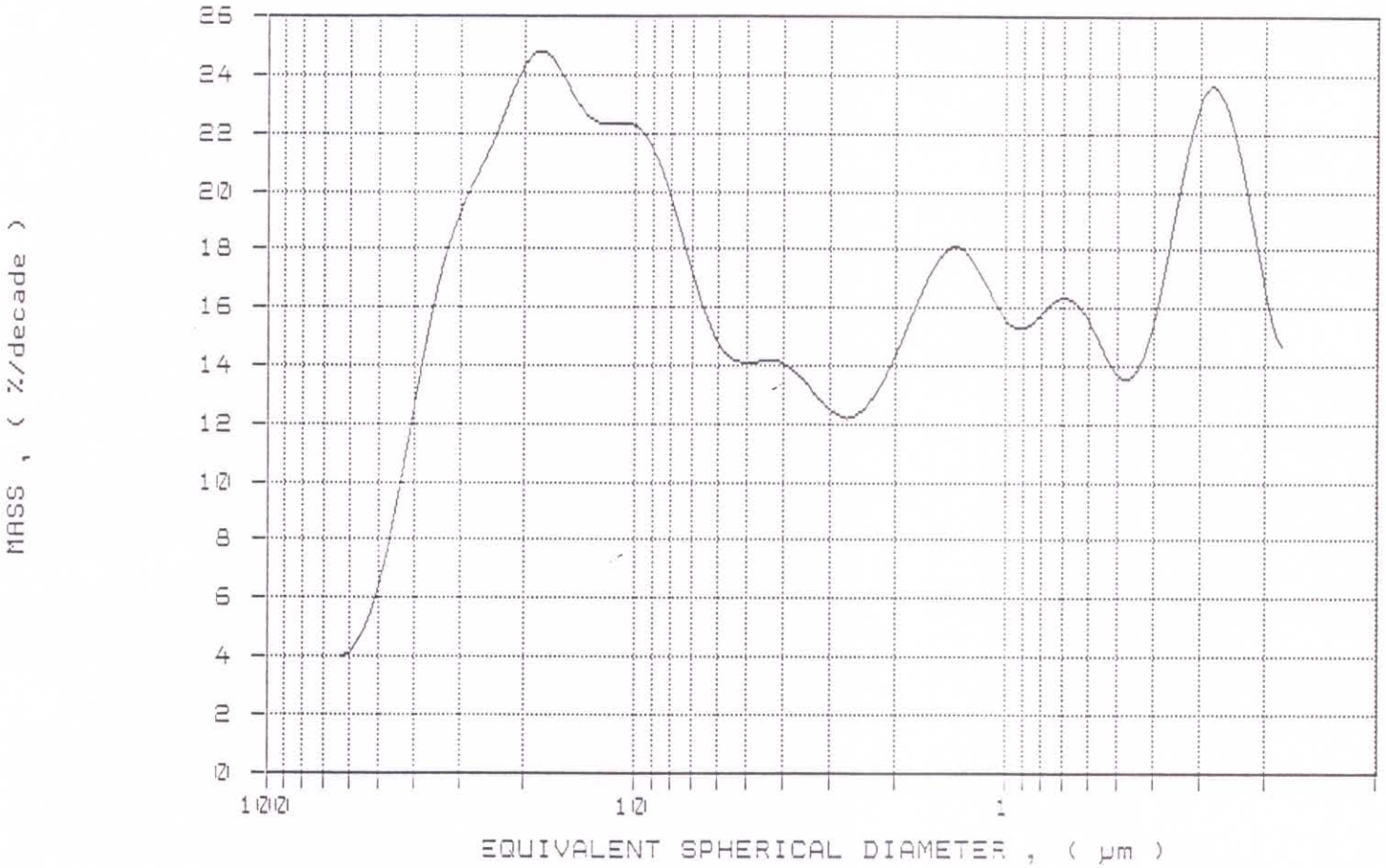
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /44
SAMPLE ID: b4
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: b4
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 104 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 13:05:27 08/29/96
REPRT 13:36:27 08/29/96
TOT RUN TIME 0:31:00
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6491 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /52
 SAMPLE ID: c 1
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: c 1
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 139/ 102 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 08:14:36 09/05/96
 REPT 08:43:59 09/05/96
 TOT RUN TIME 0:29:22
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6496 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 45

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: NOT AVAILABLE

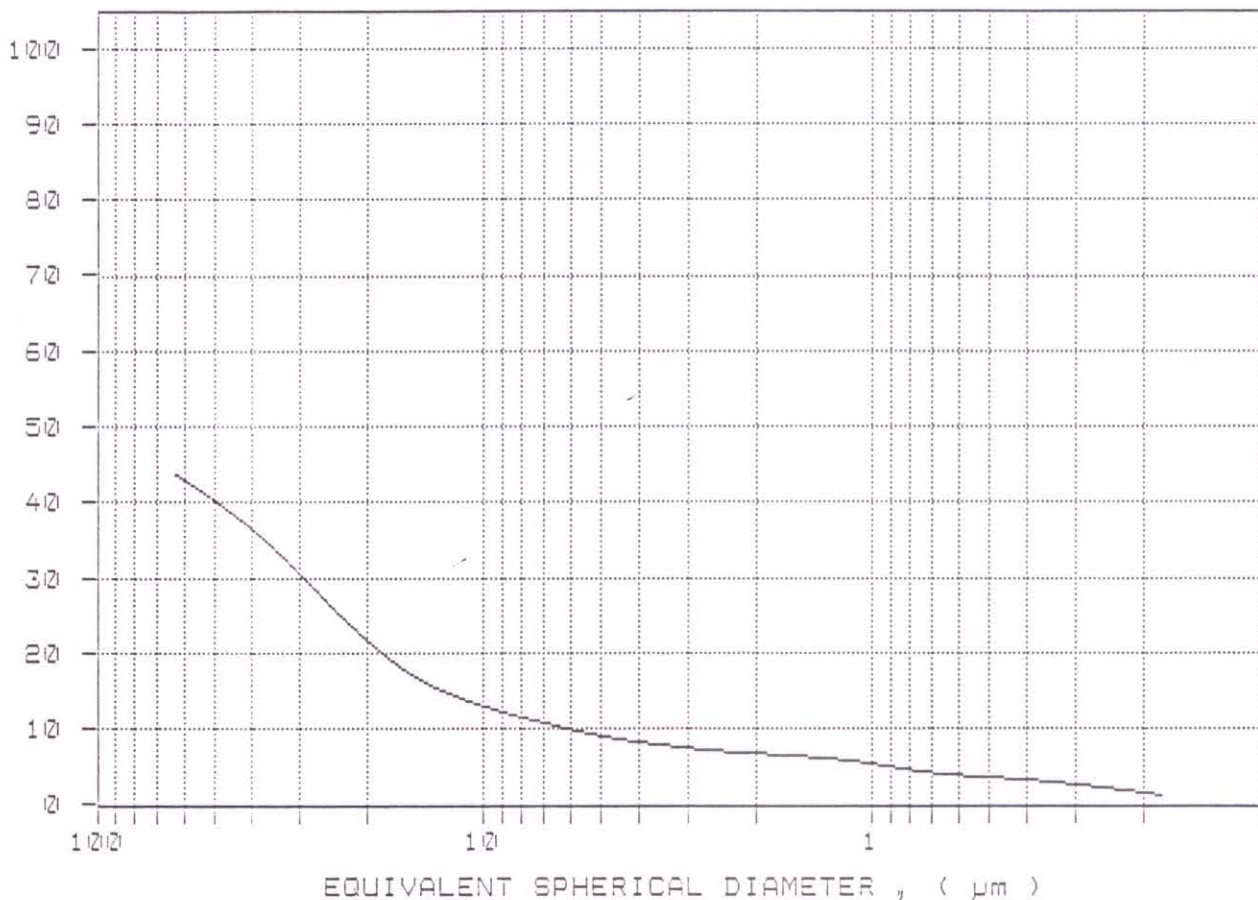
MODAL DIAMETER: 28.06 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	42.9	2.1
50.00	40.1	2.8
40.00	36.4	3.7
30.00	30.5	5.9
25.00	26.4	4.1
20.00	21.6	4.7
15.00	16.8	4.8
10.00	12.9	3.9
8.00	11.5	1.4
6.00	9.9	1.6
5.00	9.0	0.9
4.00	8.3	0.8
3.00	7.5	0.8
2.00	6.8	0.7
1.50	6.4	0.4
1.00	5.4	1.0
0.80	4.6	0.8
0.60	3.9	0.7
0.50	3.7	0.3
0.40	3.3	0.4
0.30	2.7	0.6
0.20	1.6	1.1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /52
SAMPLE ID: c 1
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: c 1
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 102 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 08:14:36 09/05/96
REPR 08:43:59 09/05/96
TOT RUN TIME 0:29:22
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6496 cp
RUN TYPE: High Speed

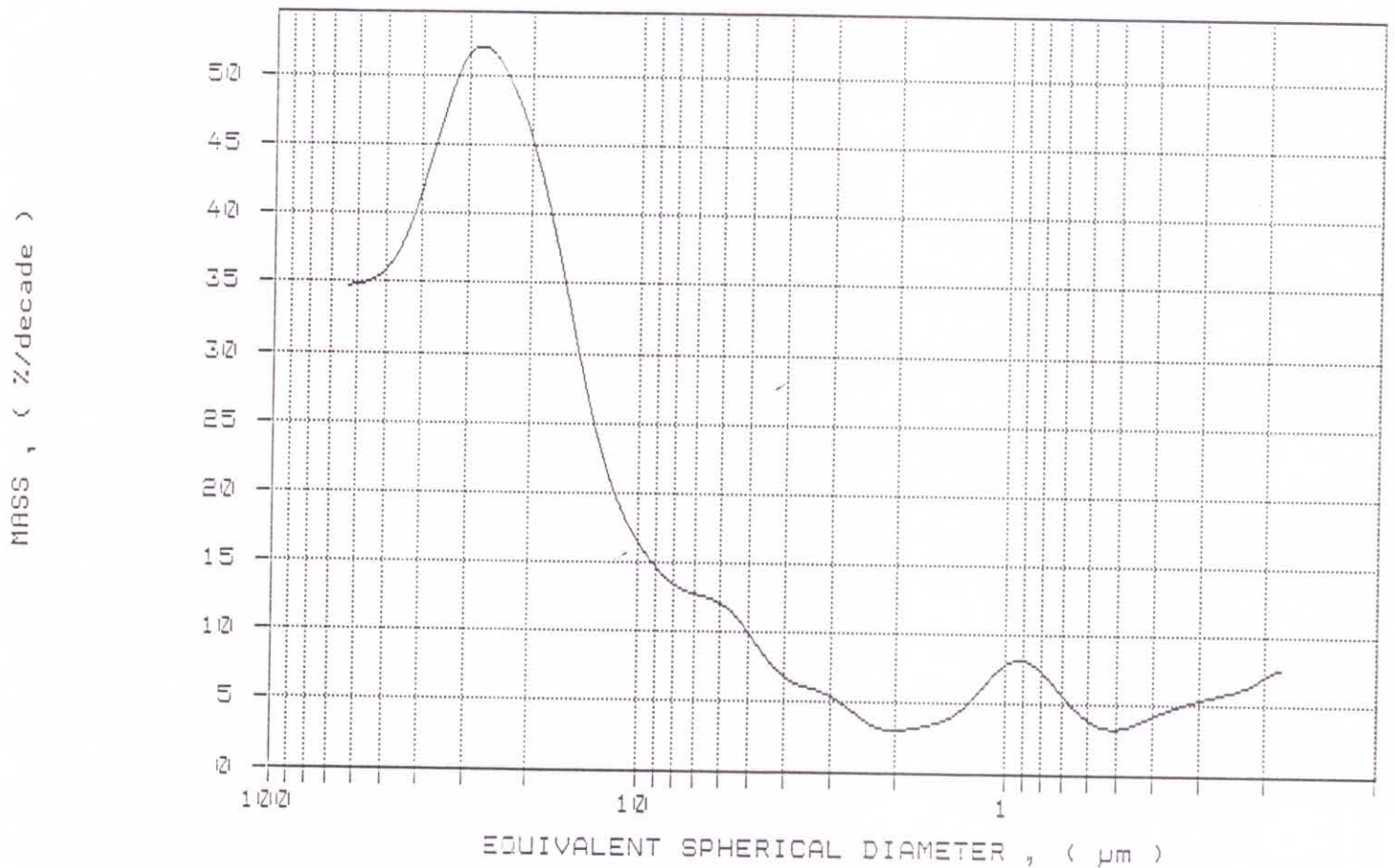
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /52
SAMPLE ID: c 1
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: c 1
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 102 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 08:14:36 09/05/96
REPRT 08:43:59 09/05/96
TOT RUN TIME 0:29:22
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6496 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /50
 SAMPLE ID: d0
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: d0
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 74 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 13:05:17 09/04/96
 REPRT 13:34:35 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:29:17
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6489 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 89

MASS DISTRIBUTION

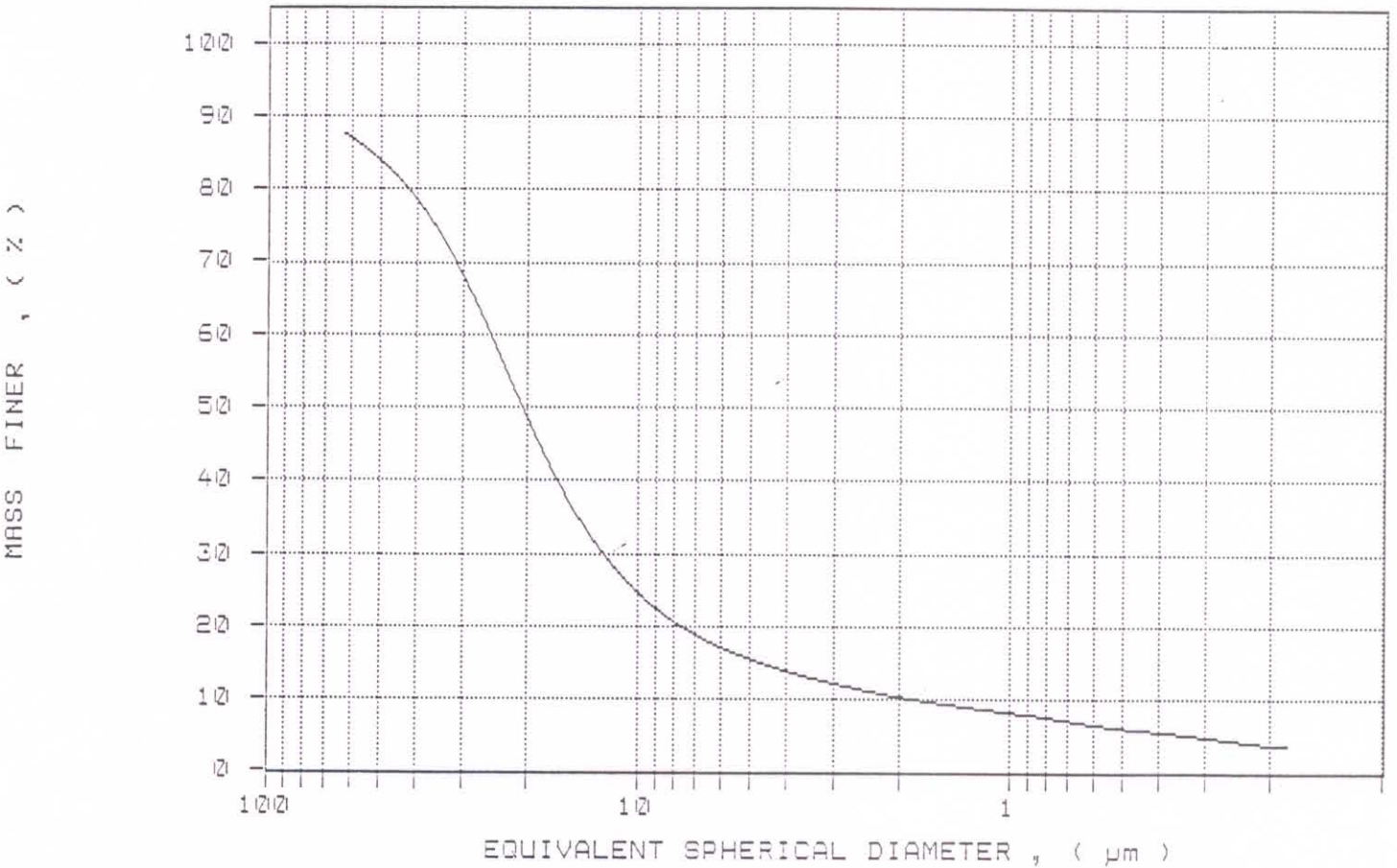
MEDIAN DIAMETER: 20.67 μm MODAL DIAMETER: 22.82 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	86.9	2.1
50.00	83.8	3.1
40.00	78.4	5.4
30.00	68.0	10.4
25.00	59.4	8.5
20.00	48.4	11.0
15.00	36.1	12.4
10.00	24.4	11.6
8.00	20.5	3.9
6.00	17.1	3.4
5.00	15.5	1.6
4.00	13.8	1.6
3.00	12.2	1.6
2.00	10.3	1.9
1.50	9.4	1.0
1.00	8.2	1.2
0.80	7.5	0.7
0.60	6.5	1.0
0.50	6.0	0.5
0.40	5.5	0.5
0.30	4.8	0.7
0.20	3.7	1.1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /50
SAMPLE ID: d0
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: d0
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 74 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 13:05:17 09/04/96
REPR 13:34:35 09/04/96
TOT RUN TIME 0:29:17
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6489 cp
RUN TYPE: High Speed

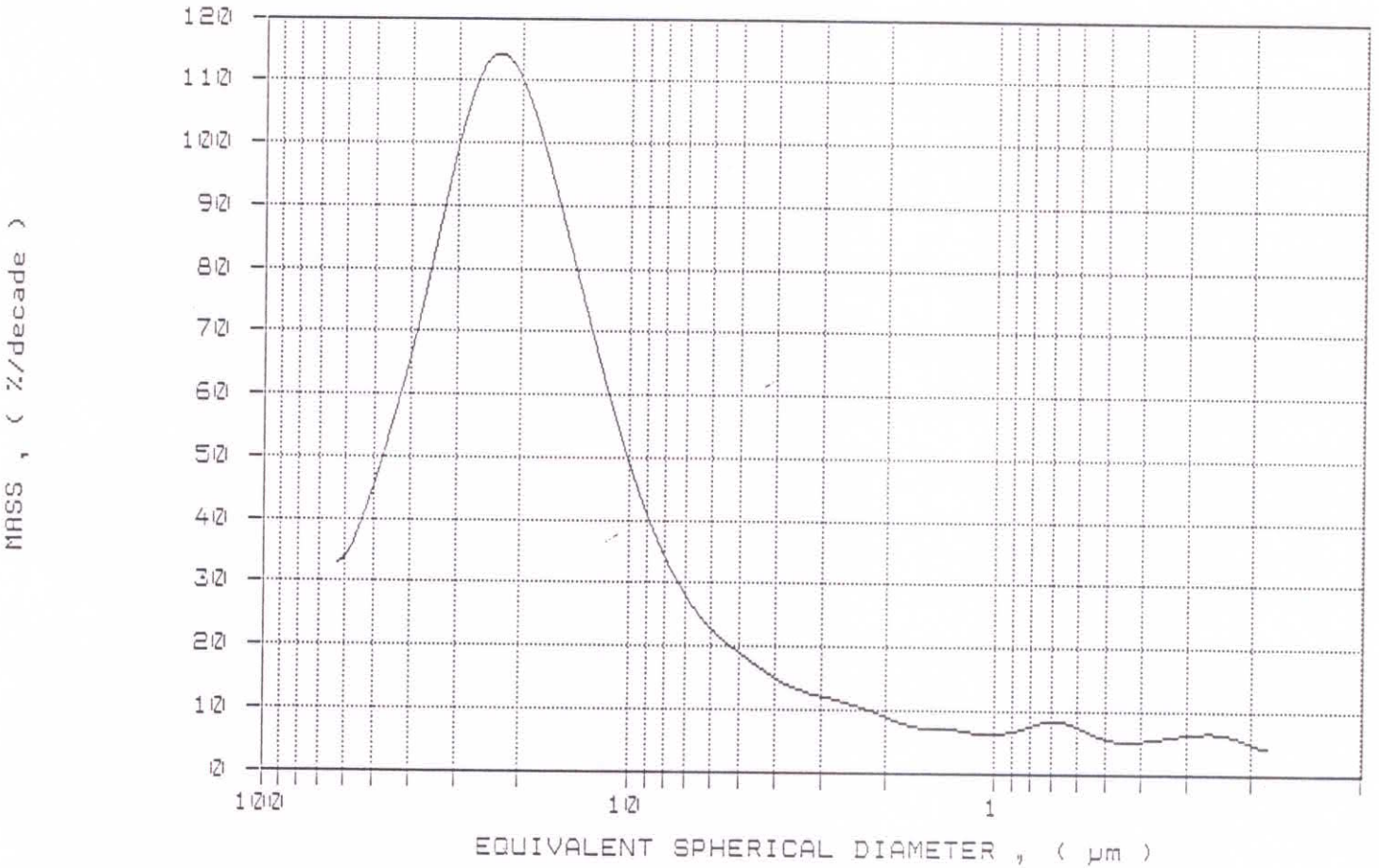
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /50
SAMPLE ID: d0
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: d0
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 74 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 13:05:17 09/04/96
REPT 13:34:35 09/04/96
TOT RUN TIME 0:29:17
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6489 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /49
 SAMPLE ID: e1
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: e1
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 96 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 12:16:00 09/04/96
 REPRT 12:45:07 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:29:06
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6491 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 56

MASS DISTRIBUTION

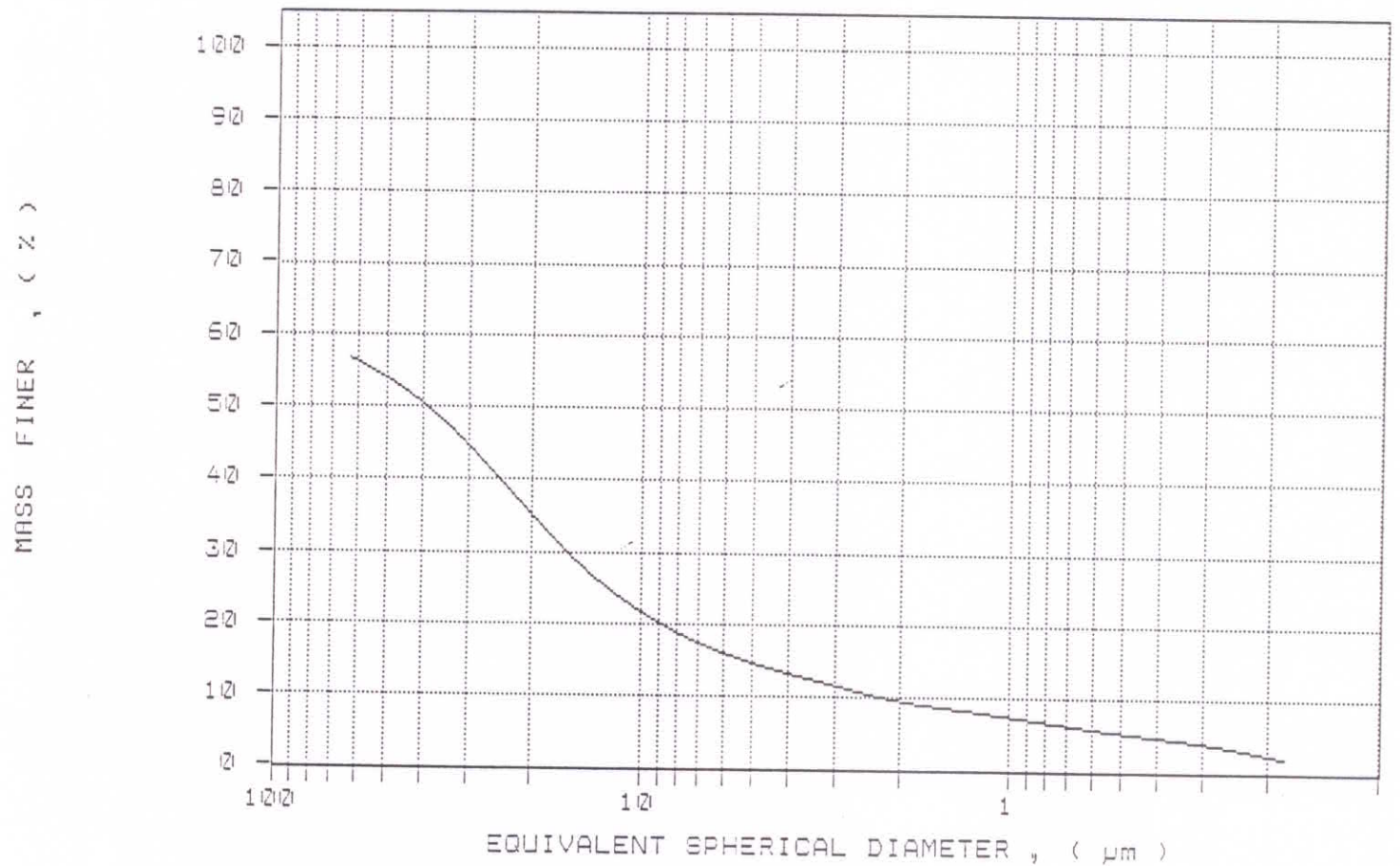
MEDIAN DIAMETER: 39.14 μm MODAL DIAMETER: 20.75 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	56.1	-0.1
50.00	53.8	2.3
40.00	50.4	3.4
30.00	44.7	5.7
25.00	40.5	4.2
20.00	35.1	5.3
15.00	28.6	6.6
10.00	21.6	7.0
8.00	18.7	2.8
6.00	16.0	2.7
5.00	14.6	1.4
4.00	13.2	1.4
3.00	11.6	1.6
2.00	9.5	2.1
1.50	8.6	0.9
1.00	7.4	1.2
0.80	6.7	0.7
0.60	5.8	0.9
0.50	5.3	0.5
0.40	4.7	0.6
0.30	4.0	0.7
0.20	2.3	1.6

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /49
SAMPLE ID: e1
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: e1
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 138/ 96 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 12:16:00 09/04/96
REPRT 12:45:07 09/04/96
TOT RUN TIME 0:29:06
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6491 cp
RUN TYPE: High Speed

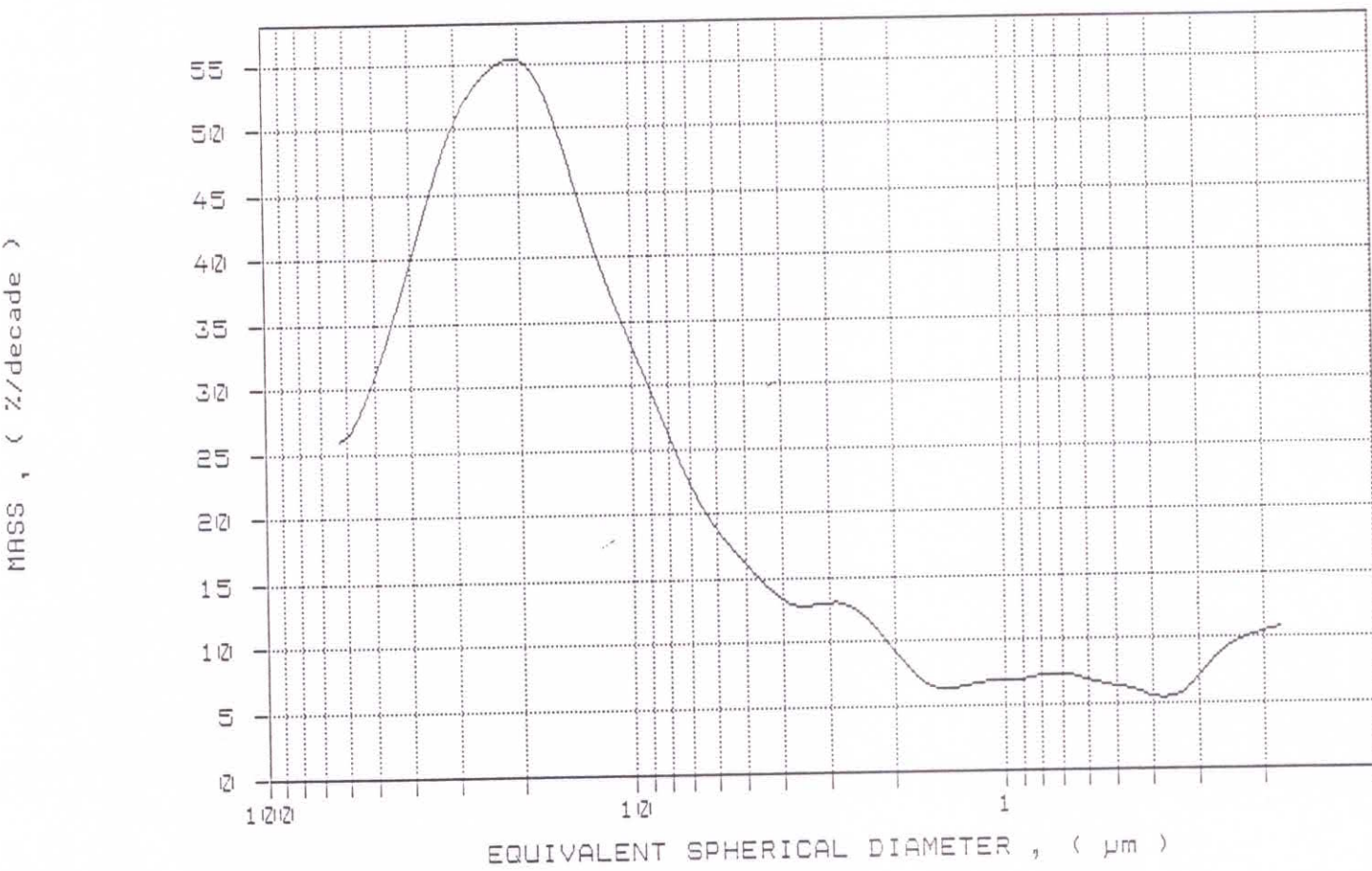
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /49
 SAMPLE ID: e1
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: e1
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 138/ 96 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 12:16:00 09/04/96
 REPRT 12:45:07 09/04/96
 TOT RUN TIME 0:29:06
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6491 cp
 RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /41
 SAMPLE ID: e3
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: e3
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 140/ 104 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 09:47:34 08/29/96
 REPT 10:18:27 08/29/96
 TOT RUN TIME 0:30:52
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6493 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 45

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: NOT AVAILABLE

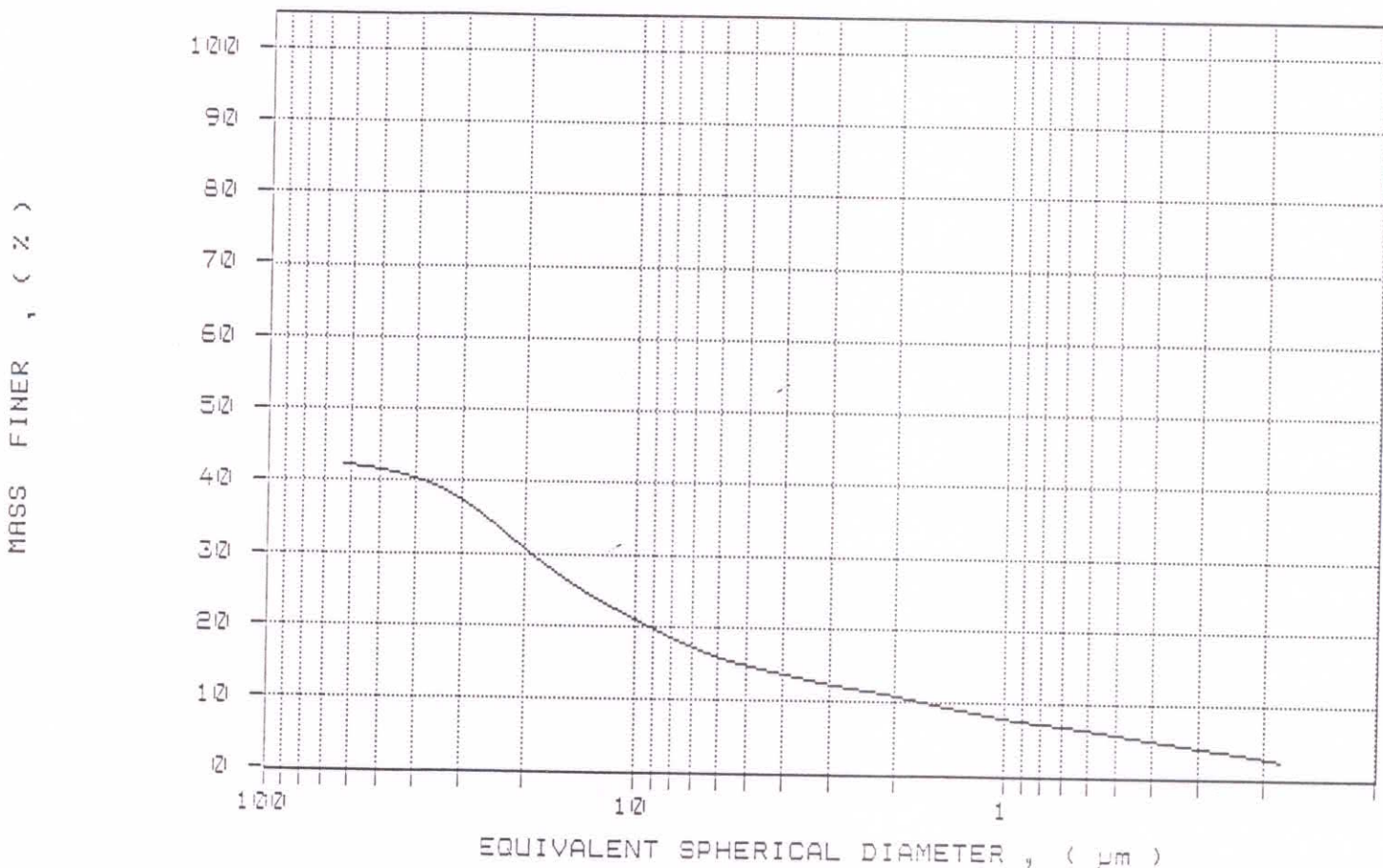
MODAL DIAMETER: 21.88 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	42.1	2.9
50.00	41.6	0.6
40.00	40.3	1.2
30.00	37.4	3.0
25.00	34.5	2.8
20.00	30.6	3.9
15.00	25.9	4.7
10.00	20.9	5.1
8.00	18.5	2.4
6.00	15.9	2.5
5.00	14.8	1.2
4.00	13.6	1.1
3.00	12.3	1.3
2.00	10.8	1.5
1.50	9.5	1.3
1.00	7.9	1.7
0.80	7.2	0.6
0.60	6.4	0.8
0.50	5.8	0.6
0.40	5.1	0.8
0.30	4.1	0.9
0.20	2.8	1.3

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /41
SAMPLE ID: e3
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: e3
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 104 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 09:47:34 08/29/96
REPT 10:18:27 08/29/96
TOT RUN TIME 0:30:52
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6493 cp
RUN TYPE: High Speed

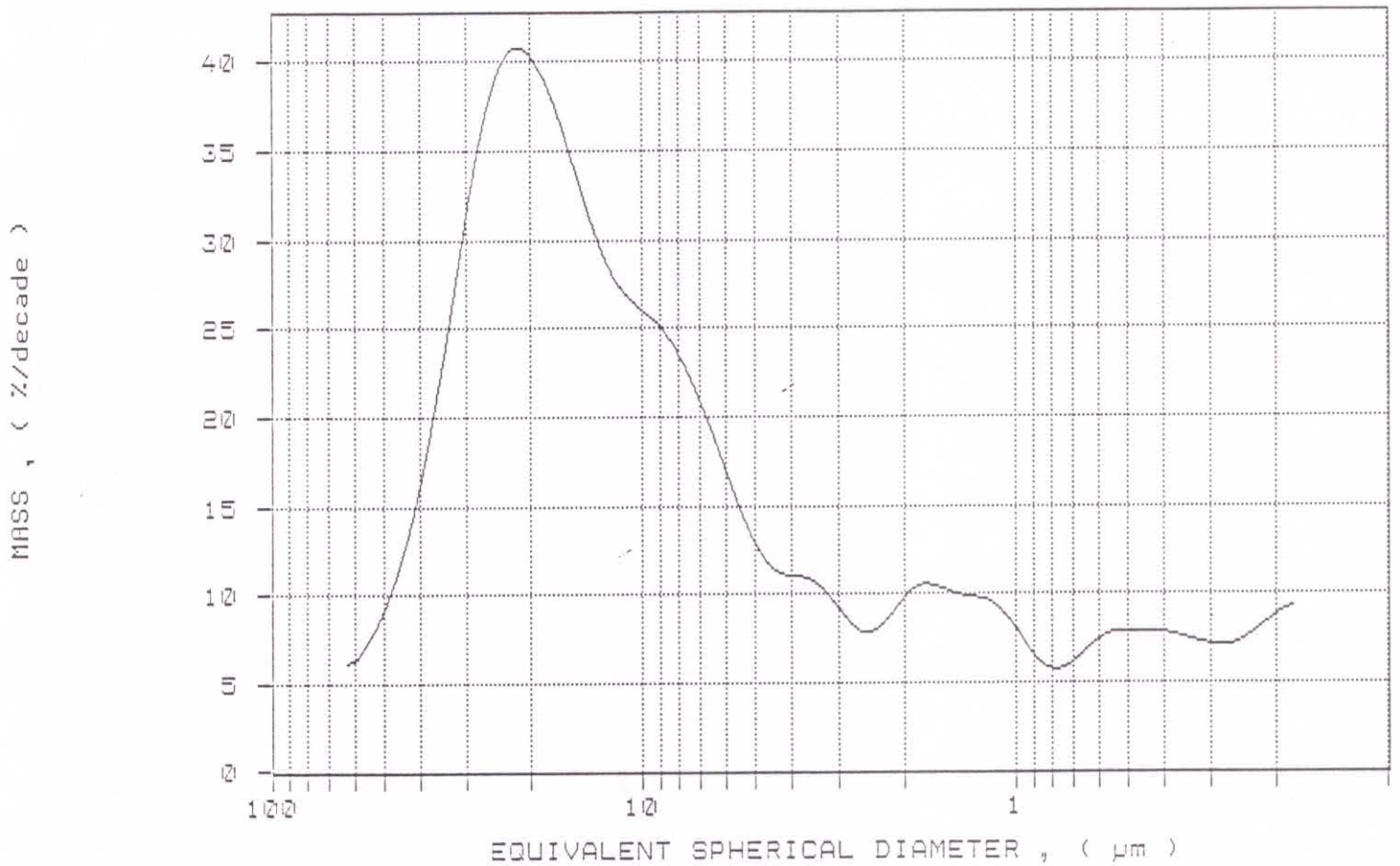
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /41
SAMPLE ID: e3
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: e3
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 104 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 09:47:34 08/29/96
REPT 10:18:27 08/29/96
TOT RUN TIME 0:30:52
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6493 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /45
 SAMPLE ID: e4
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: e4
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 140/ 108 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 13:52:23 08/29/96
 REPRT 14:23:30 08/29/96
 TOT RUN TIME 0:31:07
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6490 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 52

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: NOT AVAILABLE

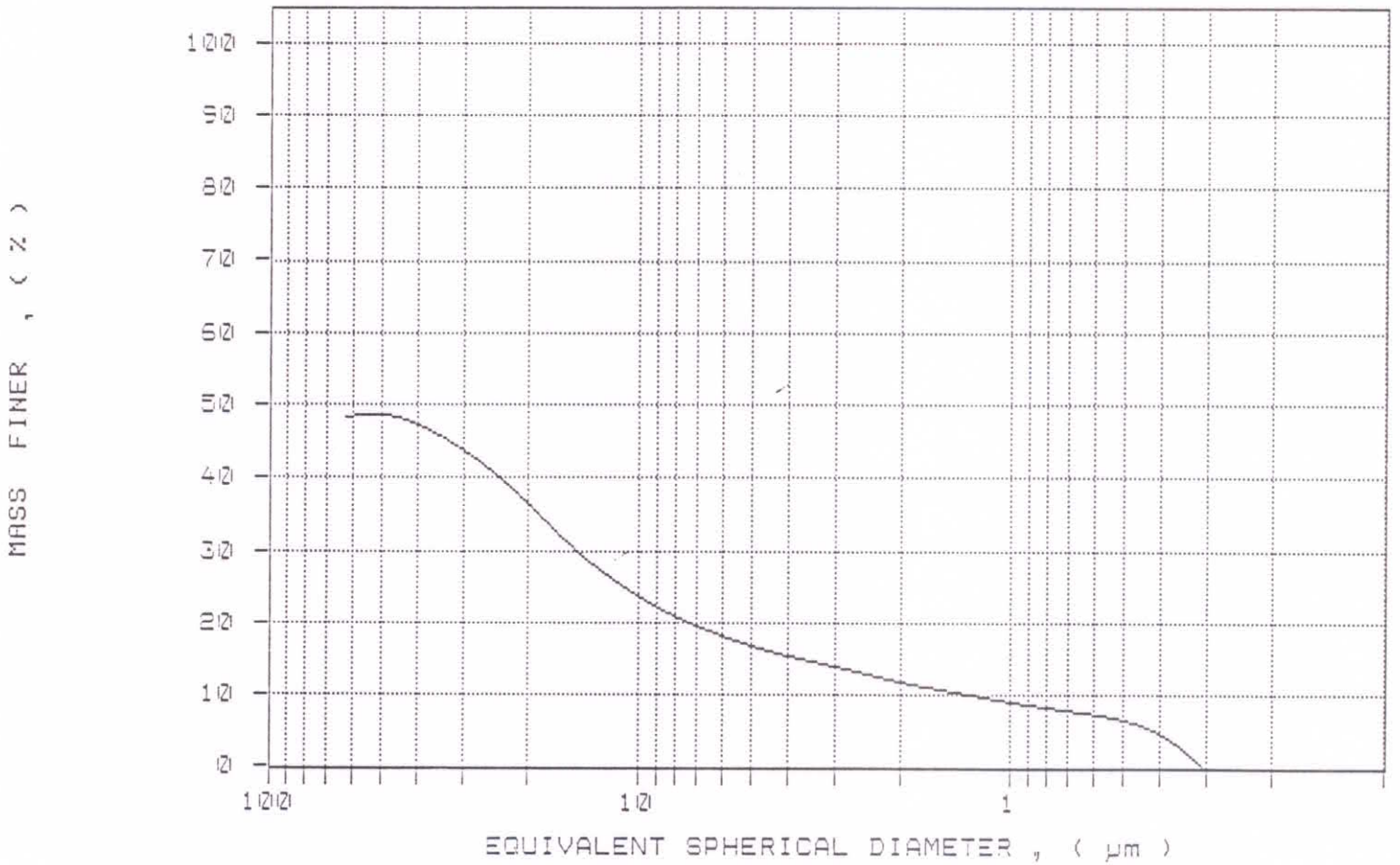
MODAL DIAMETER: 0.27 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	48.4	3.6
50.00	48.6	-0.1
40.00	47.2	1.4
30.00	43.7	3.5
25.00	40.8	2.9
20.00	36.4	4.4
15.00	30.2	6.2
10.00	23.6	6.7
8.00	20.9	2.7
6.00	18.1	2.7
5.00	16.7	1.4
4.00	15.4	1.4
3.00	13.9	1.4
2.00	11.8	2.1
1.50	10.6	1.2
1.00	9.0	1.6
0.80	8.3	0.8
0.60	7.4	0.9
0.50	6.5	0.8
0.40	4.6	2.0
0.30	-0.4	5.0
0.20	-8.5	8.1

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /45
SAMPLE ID: e4
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: e4
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 108 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 13:52:23 08/29/96
REPRT 14:23:30 08/29/96
TOT RUN TIME 0:31:07
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6490 cp
RUN TYPE: High Speed

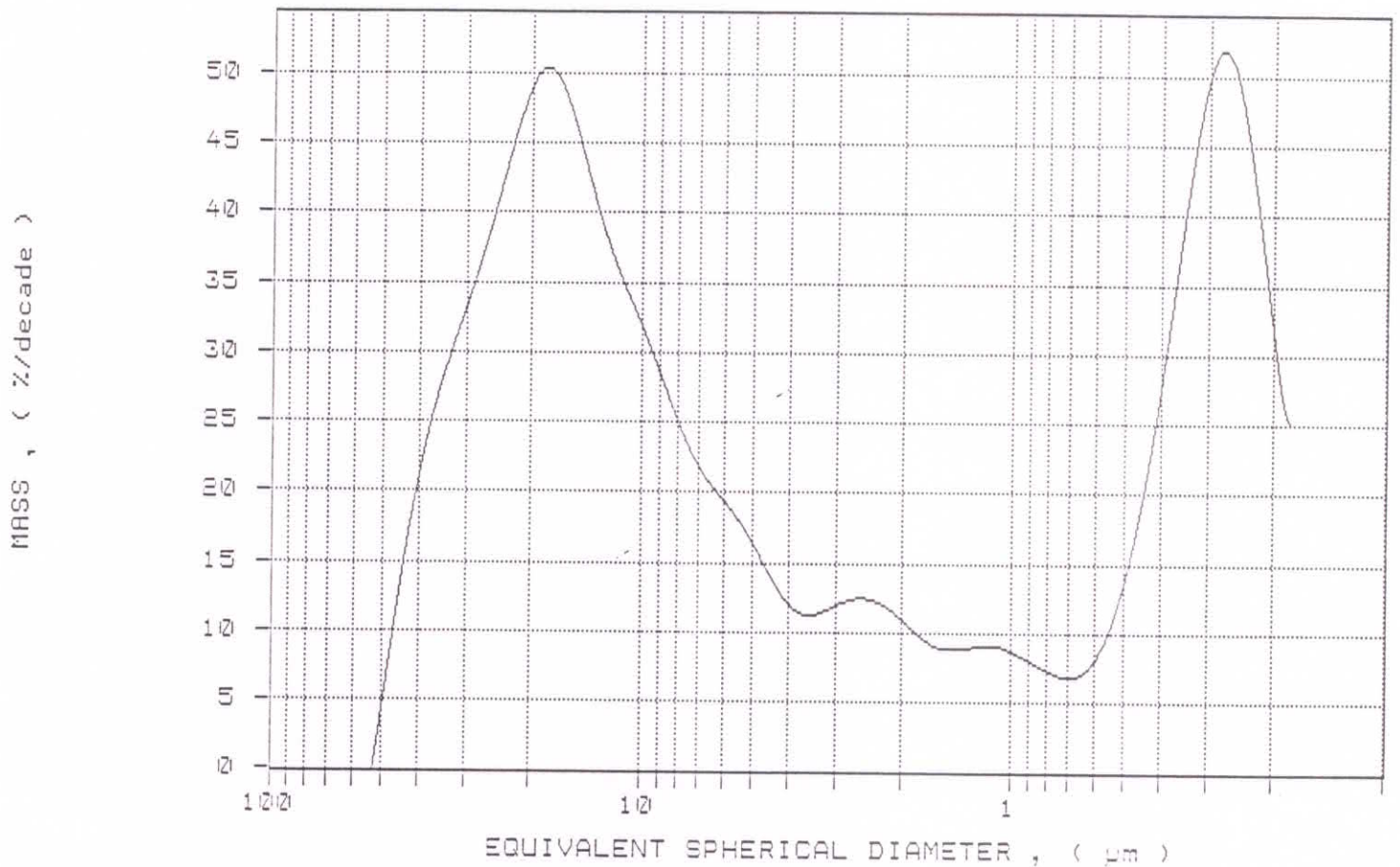
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /45
SAMPLE ID: e4
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: e4
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.6 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 108 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 13:52:23 08/29/96
REPRT 14:23:30 08/29/96
TOT RUN TIME 0:31:07
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6490 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /43
 SAMPLE ID: f1
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: pernille
 SAMPLE TYPE: f1
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 140/ 106 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 11:50:54 08/29/96
 REPRT 12:22:05 08/29/96
 TOT RUN TIME 0:31:10
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6491 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 49

MEDIAN DIAMETER: NOT AVAILABLE

MODAL DIAMETER: 20.12 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	47.2	1.8
50.00	46.5	0.7
40.00	45.3	1.2
30.00	42.2	3.1
25.00	39.3	2.9
20.00	35.3	3.9
15.00	30.3	5.0
10.00	24.5	5.8
8.00	22.2	2.4
6.00	19.7	2.5
5.00	18.5	1.2
4.00	17.2	1.3
3.00	15.7	1.5
2.00	13.8	1.9
1.50	12.4	1.4
1.00	10.7	1.7
0.80	9.6	1.0
0.60	8.5	1.1
0.50	7.7	0.8
0.40	6.1	1.6
0.30	3.2	2.9
0.20	-1.1	4.3

Koncentration (mg/l)	Absorbansværdi	Gennemsnit abs.værdi	Lineær reg.(ppm/abs)
0,0	0,000	0,003541667	50,32430431
	0,000		
	0,001		
	0,000		
	0,002		
	0,002		
	0,002		
	0,002		
	0,002		
	0,002		
	0,002		
	0,006		
	0,005		
	0,006		
	0,006		
	0,006		
0,005			
0,006			
0,006			
0,005			
0,006			
0,5	0,018	0,014375	
	0,018		
	0,017		
	0,018		
	0,011		
	0,011		
	0,011		
1,5	0,031	0,0335	
	0,031		
	0,031		
	0,031		
	0,036		
	0,036		
	0,036		

Tabel 4. Lineær regression på baggrund af målte absorbansværdier for standardrækken for nikkel (Ni).

Koncentration (mg/l)	Absorbansværdi	Gennemsnit abs.værdi	Lineær reg.(ppm/abs)
0,0	0,001	0,00178125	57,82435851
	0,001		
	0,001		
	0,001		
	0,000		
	0,001		
	0,000		
	0,001		
	0,001		
	0,000		
	0,002		
	0,002		
	0,002		
	0,002		
	0,001		
	0,002		
	0,003		
	0,002		
	0,002		
	0,003		
0,003			
0,003			
0,003			
0,002			
0,002			
0,002			
0,002			
0,003			
0,003			
0,002			
0,003			
0,002			
0,003			
5,0	0,088	0,08825	
0,088			
0,088			
0,088			
0,088			
0,088			
0,089			
0,089			
0,088			
0,088			

Tabel 7. Lineær regression på baggrund af målte absorbansværdier for standardrækken for bly (Pb).

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /55
 SAMPLE ID: G 0
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: Pernille
 SAMPLE TYPE: G 0
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 139/ 121 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 10:31:54 09/05/96
 REPRT 11:01:45 09/05/96
 TOT RUN TIME 0:29:50
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6492 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 20

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: NOT AVAILABLE

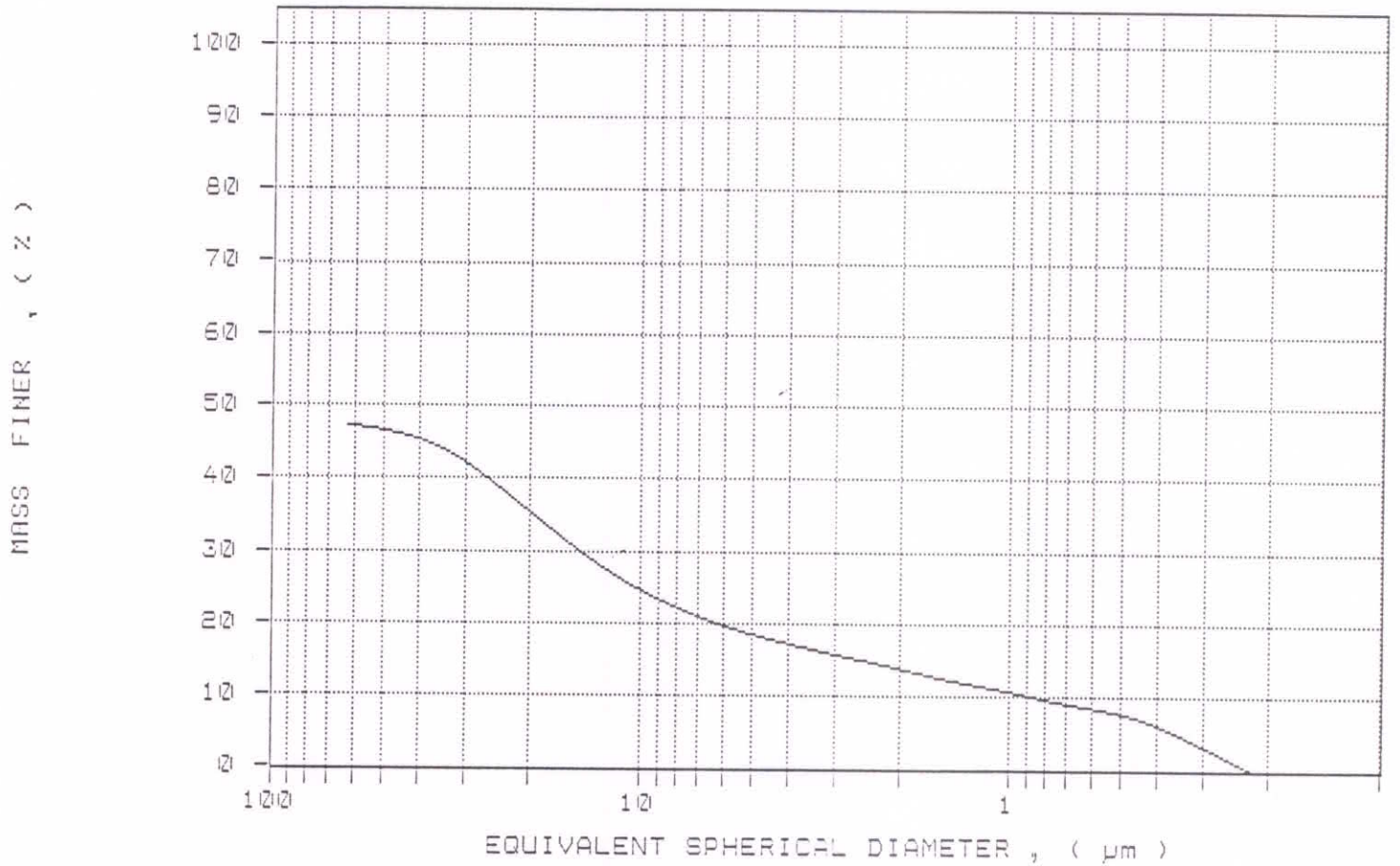
MODAL DIAMETER: 16.33 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	20.0	-0.0
50.00	19.5	0.6
40.00	18.5	1.0
30.00	16.9	1.6
25.00	15.8	1.0
20.00	14.5	1.3
15.00	12.7	1.8
10.00	10.8	1.9
8.00	10.1	0.6
6.00	9.2	0.9
5.00	8.6	0.5
4.00	8.2	0.5
3.00	7.7	0.5
2.00	6.9	0.8
1.50	6.6	0.3
1.00	5.9	0.7
0.80	5.5	0.4
0.60	5.2	0.4
0.50	4.9	0.3
0.40	4.4	0.5
0.30	3.7	0.7
0.20	3.3	0.4

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /43
SAMPLE ID: f1
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: pernille
SAMPLE TYPE: f1
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 106 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 11:50:54 08/29/96
REPT 12:22:05 08/29/96
TOT RUN TIME 0:31:10
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6491 cp
RUN TYPE: High Speed

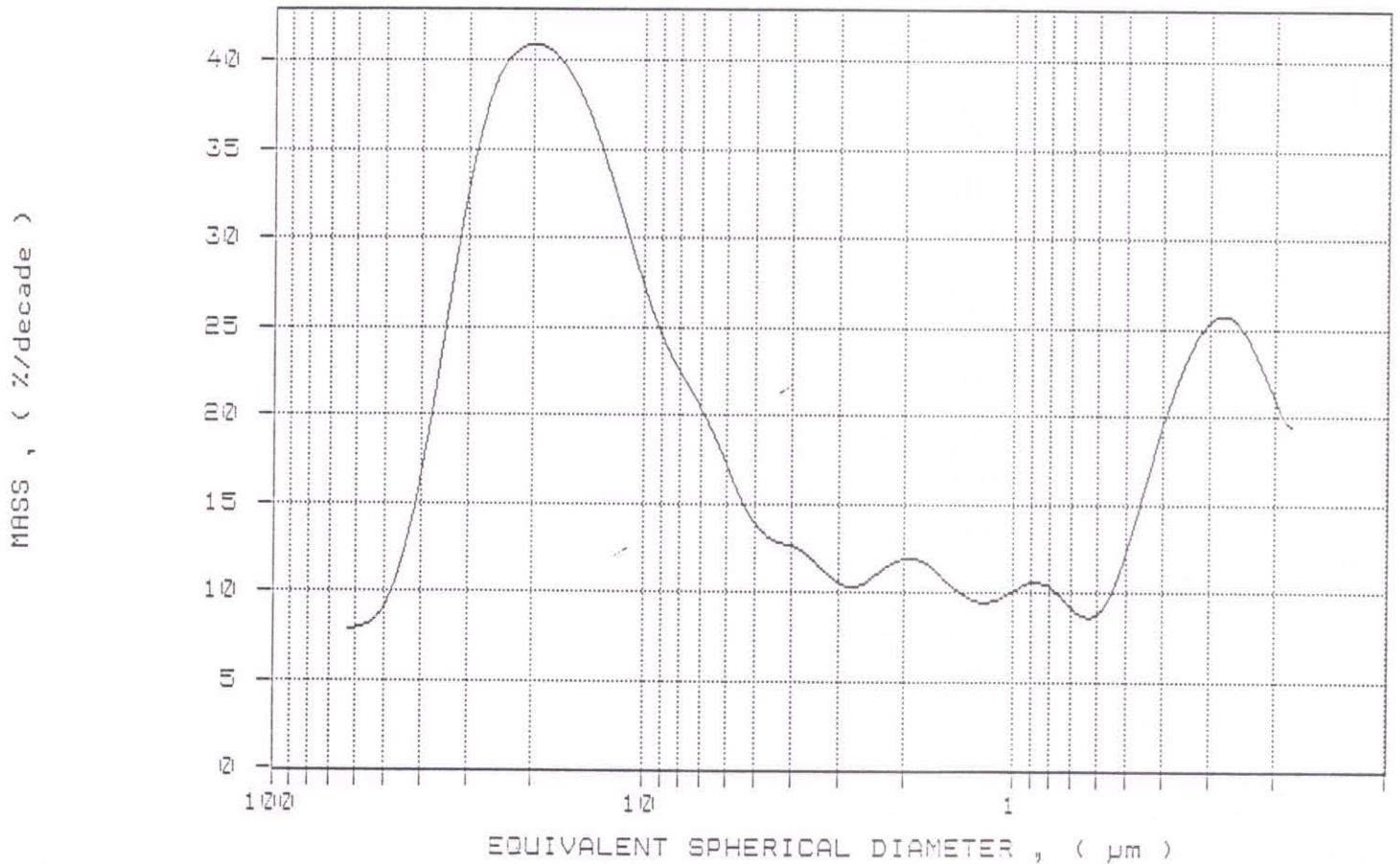
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /43
SAMPLE ID: f1
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: pernille
SAMPLE TYPE: f1
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 140/ 106 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 11:50:54 08/29/96
REPRT 12:22:05 08/29/96
TOT RUN TIME 0:31:10
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6491 cp
RUN TYPE: High Speed

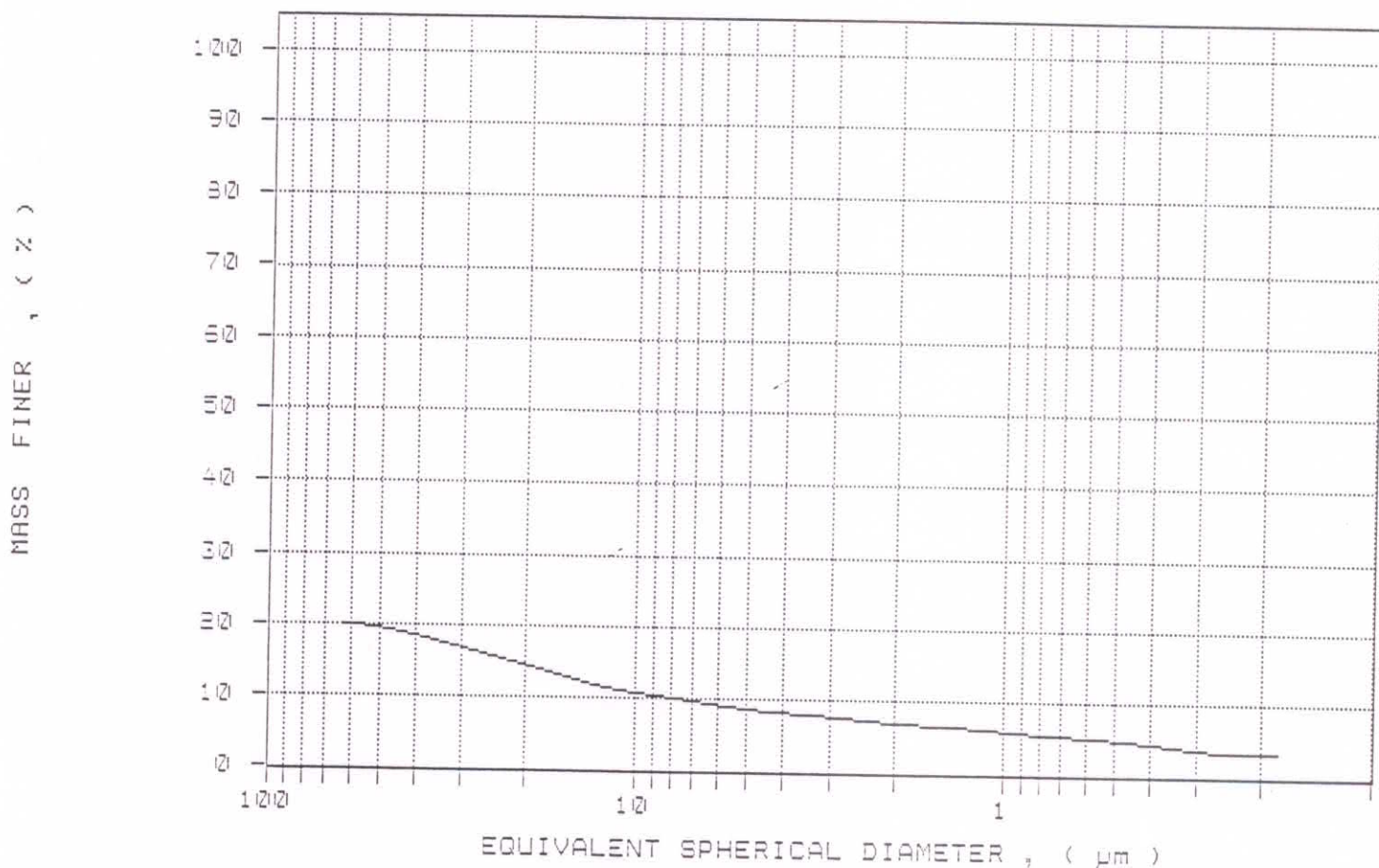
MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /55
SAMPLE ID: G 0
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: G 0
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 121 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 10:31:54 09/05/96
REPT 11:01:45 09/05/96
TOT RUN TIME 0:29:50
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6492 cp
RUN TYPE: High Speed

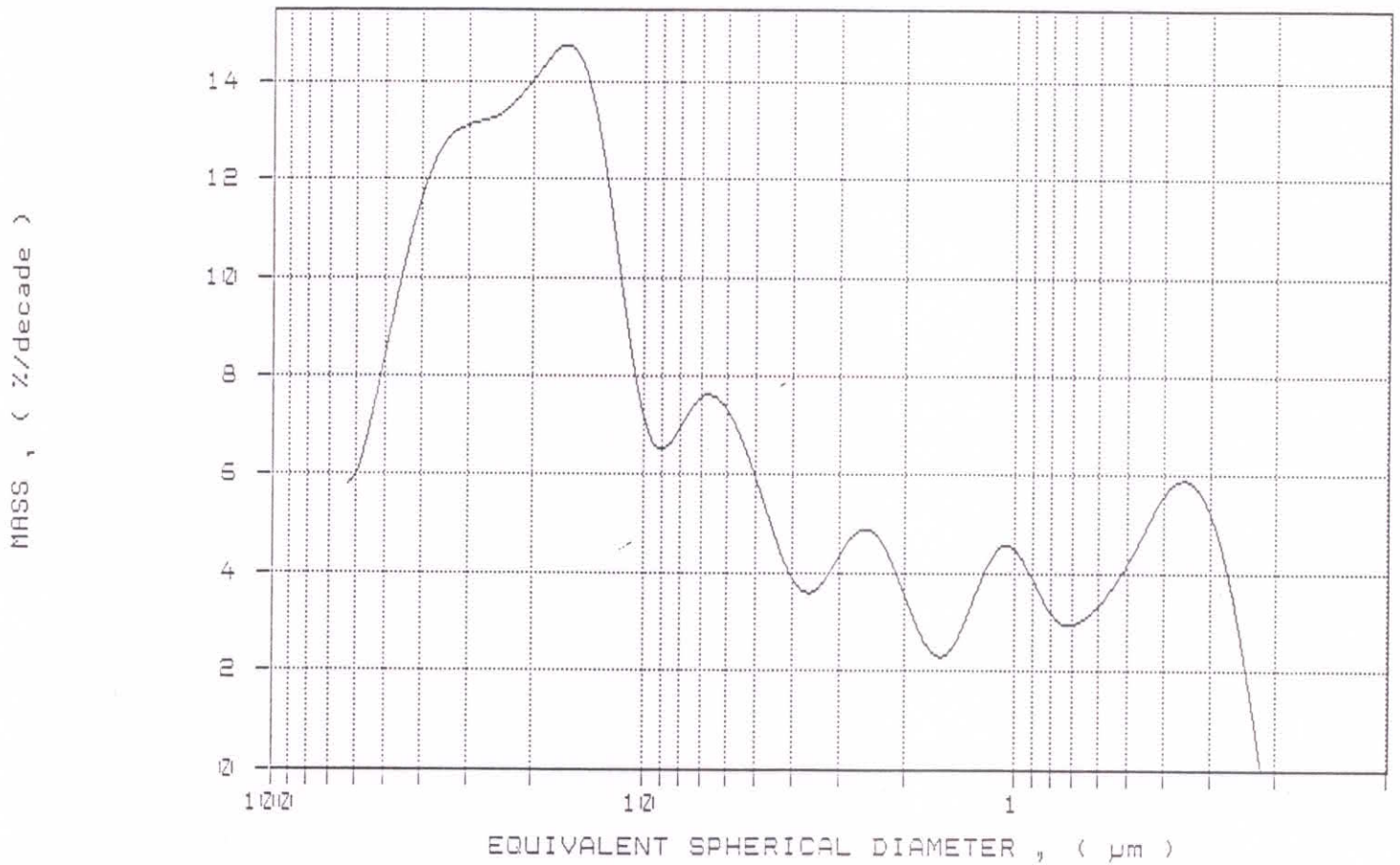
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /55
SAMPLE ID: G 0
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: Pernille
SAMPLE TYPE: G 0
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 121 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 10:31:54 09/05/96
REPRT 11:01:45 09/05/96
TOT RUN TIME 0:29:50
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6492 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /53
 SAMPLE ID: i
 SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
 OPERATOR: pernille
 SAMPLE TYPE: i
 LIQUID TYPE: Water
 ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
 BASELINE/FULL SCALE: 139/ 118 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
 START 08:59:29 09/05/96
 REPT 09:29:20 09/05/96
 TOT RUN TIME 0:29:51
 SAM DENS: 2.6500 g/cc
 LIQ DENS: 0.9921 g/cc
 LIQ VISC: 0.6493 cp
 RUN TYPE: High Speed

STARTING DIAMETER: 63.00 μm
 ENDING DIAMETER: 0.18 μm

REYNOLDS NUMBER: 0.53
 FULL SCALE MASS %: 24

MASS DISTRIBUTION

MEDIAN DIAMETER: NOT AVAILABLE

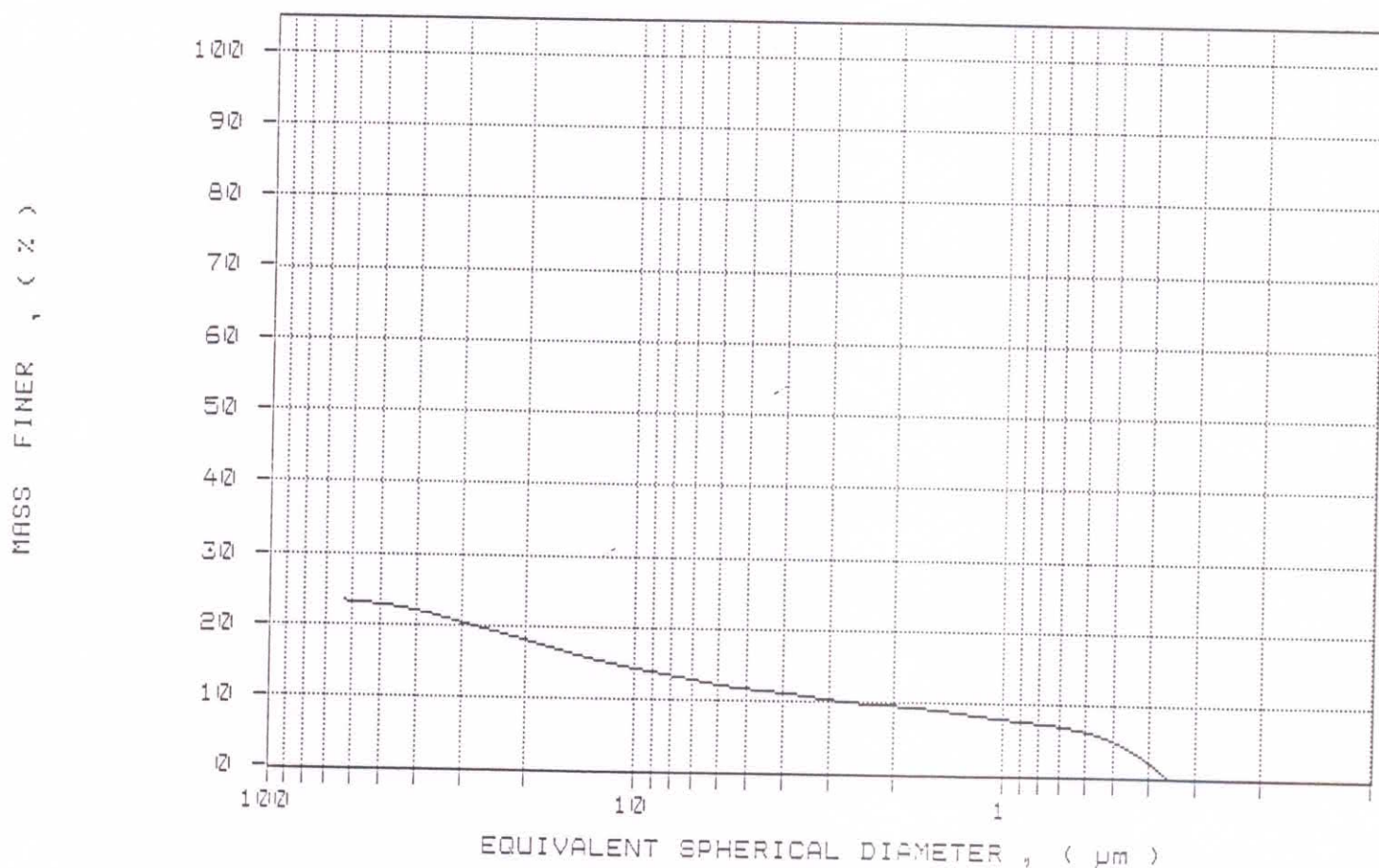
MODAL DIAMETER: 0.32 μm

DIAMETER (μm)	CUMULATIVE MASS FINER (%)	MASS IN INTERVAL (%)
60.00	23.3	0.7
50.00	22.8	0.4
40.00	22.0	0.8
30.00	20.4	1.6
25.00	19.4	1.0
20.00	18.1	1.3
15.00	16.3	1.8
10.00	14.3	2.0
8.00	13.4	0.9
6.00	12.3	1.2
5.00	11.7	0.6
4.00	11.2	0.5
3.00	10.3	0.8
2.00	9.6	0.8
1.50	9.0	0.6
1.00	7.8	1.2
0.80	7.3	0.5
0.60	6.3	1.1
0.50	4.9	1.3
0.40	2.0	2.9
0.30	-3.7	5.7
0.20	-10.2	6.5

SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /53
SAMPLE ID: i
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: pernille
SAMPLE TYPE: i
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 118 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 08:59:29 09/05/96
REPT 09:29:20 09/05/96
TOT RUN TIME 0:29:51
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6493 cp
RUN TYPE: High Speed

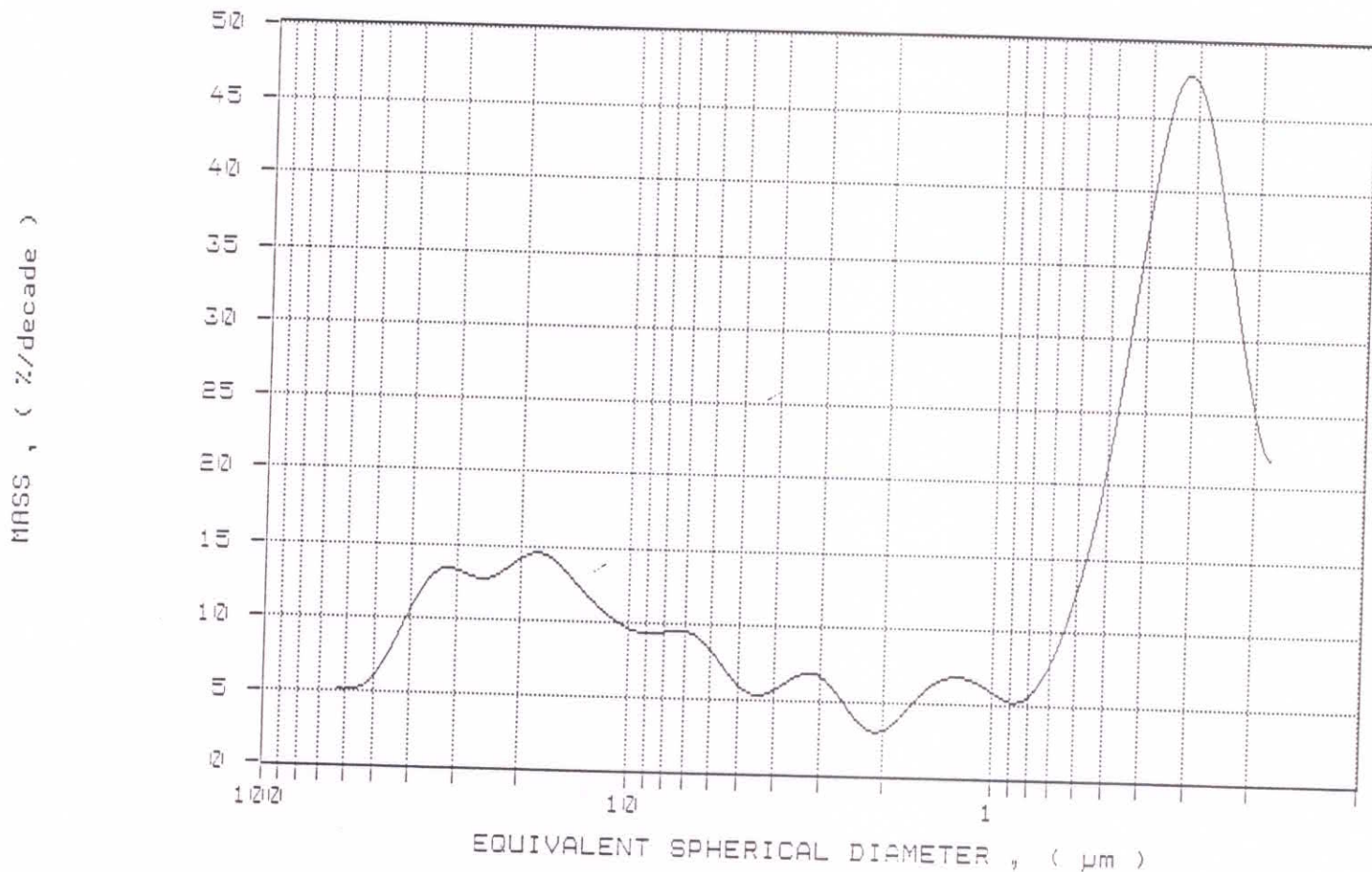
CUMULATIVE MASS PERCENT FINER VS. DIAMETER



SAMPLE DIRECTORY/NUMBER: SINH /53
SAMPLE ID: i
SUBMITTER: MINERALINDUSTRI
OPERATOR: pernille
SAMPLE TYPE: i
LIQUID TYPE: Water
ANALYSIS TEMP: 40.5 deg C
BASELINE/FULL SCALE: 139/ 118 kilocounts/sec

UNIT NUMBER: 1
START 08:59:29 09/05/96
REPT 09:29:20 09/05/96
TOT RUN TIME 0:29:51
SAM DENS: 2.6500 g/cc
LIQ DENS: 0.9921 g/cc
LIQ VISC: 0.6493 cp
RUN TYPE: High Speed

MASS POPULATION VS. DIAMETER



Bilag 5

Beregninger af tungmetalkoncentrationer.

Koncentration (mg/l)	Absorbansværdi	Gennemsnit abs.værdi	Lineær reg.(ppm/abs)
0,0	0,000	0,000	23,47269096
	0,000		
	0,000		
	0,000		
1,0	0,047	0,044	
	0,046		
	0,045		
	0,046		
	0,043		
	0,044		
	0,043		
	0,043		
	0,044		
	0,044		
3,0	0,129	0,128	
	0,128		
	0,129		
	0,129		
	0,128		
	0,128		
	0,127		
	0,129		
4,0	0,171	0,171	
	0,171		
	0,172		
	0,171		
	0,170		
	0,170		
	0,170		
	0,170		

Tabel 1. Lineær regression på baggrund af fundne absorbansværdier for standardrækken for kobber (Cu).

Prøve	Absorbansværdi	Gennemsnitlig absorbansværdi	Koncentration* (mg/l)	Prøvemængde (g)	Koncentration (mg/kg)
A0	0,088 0,085 0,088 0,090	0,08775	2,059728632	1,0014	205,68
A1	0,056 0,055 0,057 0,057	0,05625	1,320338867	1,0026	131,69
A2	0,058 0,060 0,056 0,057	0,05775	1,355547903	1,0005	135,49
A3	0,042 0,042 0,042 0,042	0,042	0,98585302	1,0066	97,94
A4	0,023 0,023 0,023 0,023	0,023	0,539871892	1,0045	53,75
A5	0,027 0,027 0,027 0,027	0,027	0,633762656	1,0090	62,81
B1	0,033 0,033 0,034 0,033	0,03325	0,780466974	1,0036	77,77
B2	0,022 0,022 0,022 0,021	0,02175	0,510531028	1,0070	50,70
B3	0,026 0,026 0,026 0,025	0,02575	0,604421792	1,0215	59,17
B4	0,016 0,016 0,016 0,016	0,016	0,375563055	1,0117	37,12
C1	0,062 0,062 0,061 0,062	0,06175	1,449438667	1,0007	144,84
C2	0,054 0,054 0,054 0,054	0,054	1,267525312	1,0206	124,19
D0	0,056 0,056 0,056 0,055	0,05575	1,308602521	0,9996	130,91
E1	0,055 0,055 0,056 0,055	0,05525	1,296866176	1,0035	129,23
E2	0,045 0,046 0,045 0,045	0,04525	1,062139266	1,0095	105,21
E3	0,045 0,045 0,045 0,045	0,045	1,056271093	0,9994	105,69
E4	0,040 0,040 0,040 0,040	0,04	0,938907638	1,0029	93,62
F1	0,032 0,032 0,032 0,032	0,032	0,751126111	0,9998	75,13
G0	0,012 0,012 0,012 0,012	0,012	0,281672292	0,9995	28,18
I	0,012 0,012 0,012 0,012	0,012	0,281672292	1,0161	27,72

Tabel 2. Cu-koncentrationer baseret på hele prøven.

Prøve	Absorbansværdi	Gennemsnitlig absorbansværdi	Koncentration* (mg/l)	Prøvemængde (g)	Koncentration (mg/kg)
A0	0,066 0,064 0,067 0,067	0,066	1,549197603	1,1554	134,08
A1	0,038 0,039 0,038 0,038	0,03825	0,897830429	0,7800	115,11
A5	0,026 0,026 0,026 0,026	0,026	0,610289965	1,0751	56,77
B1	0,054 0,054 0,054 0,054	0,054	1,267525312	1,0757	117,83
B4	0,03 0,03 0,03 0,03	0,03	0,704180729	0,8658	81,33
D0	0,113 0,113 0,113 0,113	0,113	2,652414078	0,9440	280,98
E1	0,14 0,14 0,14 0,14	0,14	3,286176734	1,0442	314,71
E3	0,036 0,035 0,038 0,035	0,036	0,845016875	0,2558	330,34
F1	0,028 0,027 0,028 0,027	0,0275	0,645499001	0,2906	222,13

Tabel 3. Cu-koncentrationerne i lerfraktionen.

Prøve	Absorbansværdi	Gennemsnitlig absorbansværdi	Koncentration* (mg/l)	Prøvemængde (g)	Koncentration (mg/kg)
A0	0,007 0,007 0,006 0,007	0,00675	0,339689054	1,0014	33,92
A1	0,009 0,009 0,009 0,009	0,009	0,452918739	1,0026	45,17
A2	0,010 0,010 0,009 0,010	0,00975	0,490661967	1,0005	49,04
A3	0,008 0,008 0,008 0,008	0,008	0,402594434	1,0066	40,00
A4	0,008 0,007 0,009 0,008	0,008	0,402594434	1,0045	40,08
A5	0,010 0,010 0,010 0,010	0,01	0,503243043	1,0090	49,88
B1	0,011 0,011 0,011 0,011	0,011	0,553567347	1,0036	55,16
B2	0,011 0,011 0,010 0,011	0,01075	0,540986271	1,0070	53,72
B3	0,009 0,009 0,009 0,009	0,009	0,452918739	1,0215	44,34
B4	0,008 0,009 0,008 0,008	0,00825	0,415175511	1,0117	41,04
C1	0,009 0,010 0,009 0,009	0,00925	0,465499815	1,0007	46,52
C2	0,010 0,010 0,009 0,010	0,00975	0,490661967	1,0206	48,08
D0	0,010 0,010 0,009 0,010	0,00975	0,490661967	0,9996	49,09
E1	0,008 0,007 0,008 0,009	0,008	0,402594434	1,0035	40,12
E2	0,009 0,009 0,009 0,008	0,00875	0,440337663	1,0095	43,62
E3	0,008 0,008 0,008 0,008	0,008	0,402594434	0,9994	40,28
E4	0,009 0,009 0,009 0,009	0,009	0,452918739	1,0029	45,16
F1	0,008 0,008 0,008 0,008	0,008	0,402594434	0,9998	40,27
G0	0,006 0,007 0,007 0,006	0,0065	0,327107978	0,9995	32,73
I	0,008 0,008 0,007 0,008	0,00775	0,390013358	1,0161	38,38

Tabel 5. Ni-koncentrationer baseret på hele prøven.

Prøve	Absorbansværdi	Gennemsnitlig absorbansværdi	Koncentration* (mg/l)	Prøvemængde (g)	Koncentration (mg/kg)
A0	0,023 0,023 0,023 0,023	0,023	1,157458999	1,1554	100,18
A1	0,016 0,016 0,015 0,016	0,01575	0,805188869	0,7800	103,23
A5	0,023 0,023 0,022 0,022	0,0225	1,157458999	1,0751	107,66
B1	0,023 0,023 0,023 0,023	0,023	1,157458999	1,0757	107,60
B4	0,019 0,019 0,019 0,019	0,019	0,956161782	0,8658	110,44
D0	0,016 0,015 0,016 0,016	0,01575	0,805188869	0,9440	85,30
E1	0,016 0,016 0,017 0,016	0,01625	0,805188869	1,0442	77,11
E3	0,008 0,008 0,008 0,008	0,008	0,402594434	0,2558	157,39
F1	0,009 0,009 0,009 0,009	0,009	0,452918739	0,2906	155,86

Table 6. Ni-koncentrationerne i lerfraktionen.

Prøve	Absorbansværdi	Gennemsnitlig absorbansværdi	Koncentration* (mg/l)	Prøvemængde (g)	Koncentration (mg/kg)
A0	0,002 0,002 0,002 0,002	0,002	u.d.	1,0014	u.d.
A1	0,001 0,002 0,001 0,001	0,00125	u.d.	1,0026	u.d.
A2	0,014 0,014 0,014 0,014	0,014	0,809541019	1,0005	80,91
A3	0,002 0,001 0,002 0,002	0,00175	u.d.	1,0066	u.d.
A4	0,001 0,001 0,002 0,001	0,00125	u.d.	1,0045	u.d.
A5	0,002 0,002 0,002 0,002	0,002	u.d.	1,0090	u.d.
B1	0,002 0,001 0,001 0,002	0,0015	u.d.	1,0036	u.d.
B2	0,003 0,003 0,003 0,003	0,003	0,173473076	1,0070	17,23
B3	0,001 0,001 0,001 0,001	0,001	u.d.	1,0215	u.d.
B4	0,002 0,002 0,002 0,002	0,002	u.d.	1,0117	u.d.
C1	0,001 0,001 0,001 0,001	0,001	u.d.	1,0007	u.d.
C2	0,005 0,005 0,005 0,005	0,005	0,289121793	1,0206	28,33
D0	0,020 0,020 0,020 0,020	0,02	1,15548717	0,9996	115,69
E1	0,001 0,001 0,001 0,001	0,001	u.d.	1,0035	u.d.
E2	0,002 0,002 0,003 0,002	0,00225	0,130104807	1,0095	12,89
E3	0,002 0,002 0,002 0,002	0,002	u.d.	0,9994	u.d.
E4	0,002 0,002 0,002 0,002	0,002	u.d.	1,0029	u.d.
F1	0,003 0,003 0,003 0,003	0,003	0,173473076	0,9998	17,35
G0	0,003 0,003 0,003 0,004	0,00325	0,187929165	0,9995	18,80
I	0,003 0,002 0,003 0,003	0,00275	0,159016986	1,0161	15,65

Tabel 8. Pb-koncentrationer baseret på hele prøven. u.d. = under detektionsgrænsen.

Prøve	Absorbansværdi	Gennemsnitlig absorbansværdi	Koncentration* (mg/l)	Prøvemængde (g)	Koncentration (mg/kg)
A0	0,005 0,005 0,005 0,005	0,005	0,289121793	1,1554	25,02
A1	0,002 0,002 0,002 0,003	0,00225	0,130104807	0,7800	16,68
A5	0,026 0,026 0,026 0,026	0,026	1,503433321	1,0751	139,84
B1	0,002 0,003 0,002 0,002	0,00225	0,130104807	1,0757	12,09
B4	0,002 0,002 0,002 0,002	0,002	u.d.	0,8658	u.d.
D0	0,002 0,003 0,002 0,002	0,00225	0,130104807	0,9440	13,78
E1	0,002 0,002 0,002 0,003	0,00225	0,130104807	1,0442	12,46
E3	0,002 0,002 0,002 0,003	0,00225	0,130104807	0,2558	50,86
F1	0,002 0,002 0,002 0,003	0,00225	0,130104807	0,2906	44,77

Tabel 9. Pb-koncentrationerne i lerfraktionen. u.d. = under detektionsgrænsen.

Koncentration (mg/l)	Absorbansværdi	Gennemsnit abs.værdi	Lineær reg.(ppm/abs)
0,0	-0,001	-0,0015	5,93563371
	0,000		
	-0,004		
	-0,001		
0,2	0,037	0,036875	
	0,036		
	0,038		
	0,037		
	0,037		
	0,037		
	0,037		
	0,036		
0,8	0,137	0,136	
	0,137		
	0,136		
	0,136		
	0,135		
	0,136		
	0,135		
	0,136		
1,0	0,169	0,168	
	0,170		
	0,169		
	0,167		
	0,167		
	0,167		
	0,167		
	0,168		

Tabel 10. Lineær regression på baggrund af målte absorbansværdier for standardrækken for zink (Zn).

Prøve	Absorbansværdi	Gennemsnitlig absorbansværdi	Koncentration* (mg/l)	Prøvemængde (g)	Koncentration (mg/kg)
A0	0,084 0,084 0,085 0,084	0,08425	0,50007714	1,0014	49,94
A1	0,100 0,101 0,101 0,098	0,1	0,593563371	1,0026	59,20
A2	0,105 0,105 0,104 0,105	0,10475	0,621757631	1,0005	62,14
A3	0,087 0,087 0,088 0,087	0,08725	0,517884041	1,0066	51,45
A4	0,085 0,085 0,085 0,085	0,085	0,504528865	1,0045	50,23
A5	0,097 0,096 0,096 0,097	0,0965	0,572788653	1,0090	56,77
B1	0,097 0,097 0,097 0,098	0,09725	0,577240378	1,0036	57,52
B2	0,087 0,087 0,088 0,087	0,08725	0,517884041	1,0070	51,43
B3	0,074 0,074 0,074 0,074	0,074	0,439236895	1,0215	43,00
B4	0,059 0,059 0,060 0,059	0,05925	0,351686297	1,0117	34,76
C1	0,103 0,103 0,103 0,103	0,103	0,611370272	1,0007	61,09
C2	0,106 0,106 0,107 0,106	0,10625	0,630661082	1,0206	61,79
D0	0,089 0,090 0,090 0,088	0,08925	0,529755309	0,9996	53,00
E1	0,085 0,088 0,085 0,084	0,0855	0,507496682	1,0035	50,57
E2	0,082 0,083 0,083 0,081	0,08225	0,488205873	1,0095	48,36
E3	0,073 0,074 0,072 0,072	0,07275	0,431817352	0,9994	43,21
E4	0,073 0,073 0,074 0,073	0,07325	0,434785169	1,0029	43,35
F1	0,057 0,060 0,056 0,058	0,05775	0,342782847	0,9998	34,29
G0	0,025 0,025 0,025 0,025	0,025	0,148390843	0,9995	14,85
I	0,035 0,035 0,036 0,036	0,0355	0,210714997	1,0161	20,74

Tabel 11. Zn-koncentrationer baseret på hele prøven.

Prøve	Absorbansværdi	Gennemsnitlig absorbansværdi	Koncentration* (mg/l)	Prøvemængde (g)	Koncentration (mg/kg)
A0	0,151 (1) 0,151 (1) 0,151 (1) 0,152 (1)	0,15125	1,795529197	1,1554	155,40
A1	0,169 0,170 0,169 0,168	0,169	1,003122097	0,7800	128,61
A5	0,130 (1) 0,131 (1) 0,130 (1) 0,130 (1)	0,13025	1,546232581	1,0751	143,82
B1	0,125 (1) 0,125 (1) 0,125 (1) 0,125 (1)	0,125	1,483908428	1,0757	137,95
B4	0,105 (1) 0,106 (1) 0,105 (1) 0,106 (1)	0,1055	1,252418713	0,8658	144,65
D0	0,138 0,140 0,142 0,140	0,14	0,830988719	0,9440	88,03
E1	0,142 0,142 0,142 0,142	0,142	0,842859987	1,0442	80,72
E3	0,047 0,046 0,048 0,047	0,047	0,278974784	0,2558	109,06
F1	0,069 0,070 0,071 0,067	0,06925	0,411042634	0,2906	141,45

Tabel 12: Zn-koncentrationerne i lerfraktionen. (1) Prøverne er fortyndet 50 %, hvilket der er taget hensyn til i de videre beregninger.