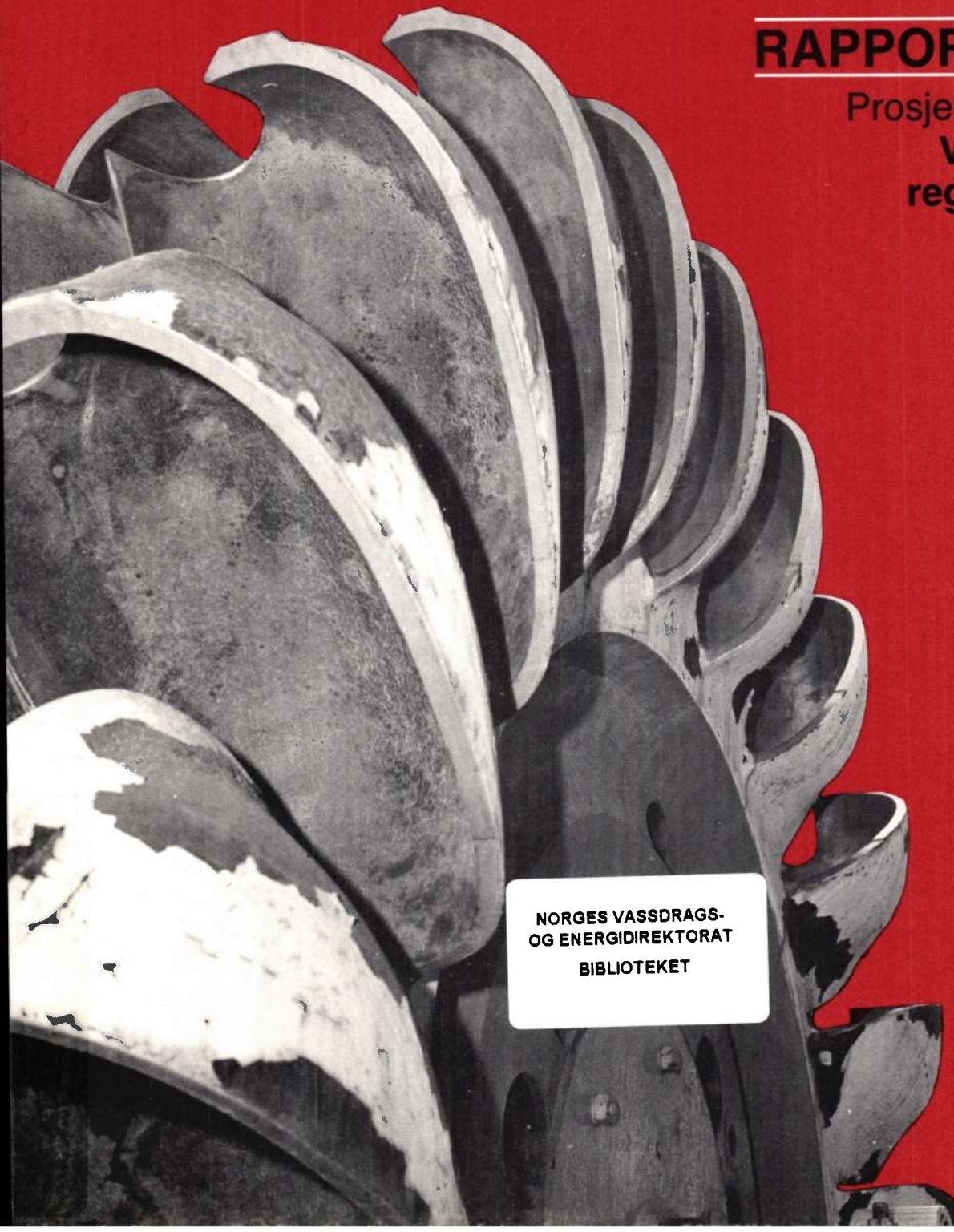


Sandslitasje på vannkraftturbiner

Driva Kraftverk

RAPPORT 1982

Prosjektansvarlig:
**Vassdrags-
regulantenens
forening**



**NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET**

SANDSLITASJE PÅ VANNKRAFTTURBINER

RAPPORT FRA DRIVA KRAFTVERK

Komitéen for undersøkelse av
sandslitasje på turbiner 1982

FORORD

ORIENTERING OM PROSJEKTET SANDSLITASJE PÅ TURBINER

Bakgrunn

Sira-Kvina Kraftselskap tok våren 1977 kontakt med Servicekontoret for driftserfaringer og anmodet kontoret om å foreta en undersøkelse omkring sandslitasje på turbiner.

En komité som fungerte som en arbeidsgruppe arbeidet med spørsmålet i ca. 1 år og ga 19.6.1978 ut en rapport, SD nr. 9, "Sandslitasje på turbiner", som hadde til formål å kartlegge problemstillingen. Rapporten tok for seg forskjellige sider ved sandslitasje med spesiell vekt på følgende forhold:

- Geologi (mineralogi)
- Sandtransport i tunneler, sandfang
- Økonomi

Rapporten konkluderer med at problemet er for dårlig undersøkt, spesielt med hensyn til mineralogi og økonomiske konsekvenser. Samtidig er det begrenset hva man kan hente av opplysninger fra utlandet. Skulle man derfor kunne bidra til å forbedre forholdene ved norske kraftverk, ville det bli nødvendig å gjennomføre et forsknings- og utredningsprosjekt. RL sa seg villig til å stå bak et slikt prosjekt, og utarbeidet sammen med komitéen kostnadsoverslag og prosjektplan for et 3 års forskningsprosjekt.

Beskrivelse av prosjektet

Prosjektet kom i gang ca. 1.4.1980 og var forutsatt avsluttet i løpet at 3 år. I beskrivelsen av prosjektet er følgende angitt som formål:

Fremskaffe nødvendig grunnlag for rasjonell vurdering av sandslitasje på turbiner og annet mekanisk utstyr for teknisk/økonomisk prosjektering av kraftanlegg og utbedring av slitasjeproblemer ved eksisterende anlegg.

Arbeidsprogrammet er delt opp i 3 hovedområder. Målsettingen innenfor disse 3 områdene er:

1. Å kunne anslå sannsynlighet og utviklingshastighet for skadelig sandslitasje ut fra opplysninger om geologiske (mineralogiske) forhold (tunneltrasé, bekkeinntak, inntaksmagasiner etc.) og turbinkonstruksjoner.
2. Ut fra gitte forutsetninger å kunne vurdere sandtransporten gjennom tunnelsystemet, planlegge tiltak (sandfang e.l.), og kjenne tiltakenes virkning for å redusere turbinslitasje.
3. Etablere underlag for å kunne vurdere de totale kostnadsmessige konsekvenser av turbinslitasje, dvs. redusert virkningsgrad, revisjonskostnader, driftstans og eventuelt vanntap.

Det ble i første rekke lagt vekt på å vurdere norske forhold og å komme fram til løsninger tilpasset våre kraftverk. Det skulle likevel i en viss grad etableres kontakt med utlandet, særlig alpelandene, der slitasjeomfanget synes å være vesentlig større enn hos oss.

For å få en oversikt over omfanget av sandslitasje i Norge, og for å få et inntrykk av flest mulige sider ved sandslitasje, ble det etablert kontakt med 10 - 15 kraftverk. Disse stilte seg alle meget positive til å samarbeide med prosjektet, og stilte sine anlegg til disposisjon for undersøkelser. I flere tilfeller ble også mannskaper og økonomiske midler stilt til rådighet.

Mye av arbeidet er lagt på geologien, både for å finne kildene for sanden og for å analysere den mineralogiske sammensetning. Fra tidligere forelå en god del erfaringer fra sandtransport i tunneler, sandfang o.l.

Spørsmålene er blitt bearbeidet av fagfolk i samarbeid med komitéens medlemmer. Blant annet til innhenting og bearbeiding av feltprøver har

diplomkandidater ved NTH vært til stor nytte.

Prosjektkostnader

Prosjektet har budsjettet med utgifter på ca. 1,5 mill. kr. i løpet av 3 år. De kilder som har bidratt er:

1. NTNF
2. Konesjonsavgiftsfondet
3. Kraftverkene
4. Egeninnsats komitémedlemmer og andre

Bidragene har dels vært pengebidrag, dels egeninnsats av komitémedlemmene og deres organisasjoner. Et vesentlig bidrag har også vært de undersøkelser som er utført i samarbeid med prosjektet, og som er betalt direkte av det enkelte kraftverk.

Styring av prosjektet

Den komité som utarbeidet den første rapporten, har fortsatt som prosjektets styringskomité.

Komitéens medlemmer er:

Dosent Ragnar Dahl, Geologisk Institutt, NTH
Sjefing. Rolf Dillner, Sira-Kvina Kraftselskap
Siv.ing. Svein Jenssen, Sivilingeniør Nybro Hansen A/S
Dr.ing. Dagfinn K. Lysne, Konsulent
Teknisk sjef Sigurd Pettersen, Vassdragsregulantenenes forening

Komitéens formann har vært Lysne, mens Pettersen har vært prosjektkoordinator og sekretær.

Følgende personer har vært knyttet til prosjektet som faglige medarbeidere:

Lab.ing. Torgeir Blindheim, Geologisk Institutt, NTH
Overing. Ragnar Hartmann, NVE-Statskraftverkene
Gruppeleder Kåre Tvinnereim, NHL/VHL

Fra 1.1.1982 da Blindheim gikk over i ny stilling, ble det meste av hans engasjement overtatt av siv.ing. Ola By, Geologisk Institutt, NTH.

En rekke diplomkandidater har dessuten utført undersøkelser i samarbeid med prosjektkomiteen.

INNHOOLD:	Side
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	2
2. BESKRIVELSE AV KRAFTVERKET	4
3. TURBINSLITASJE OG REVISJONER	8
3.1. Utvikling av sandslitasjen	8
3.2. Virkningsgrader, kostnader, gevinst	10
4. OPPLEGG FOR UNDERSØKELSENE	12
5. SANDTRANSPORT I TUNNELNE	13
5.1. Generelt om sandtransport	13
5.2. Sandtransporten i Driva kraftverk	15
5.3. Observasjoner fra driftstunnelen	15
6. LØSMASSEFØRDELINGEN OG SANDTRANSPORTEN I DE YTRE VANNVEIENE	17
7. PRØVETAKING	17
8. LABORATORIEANALYSER	18
8.1. Innledning	18
8.2. Oppsummering av analyseresultatene	18
8.3. Diskusjon av analyseresultatene	19
9. SAMMENSTILLING OG DISKUSJON AV ANALYSERESULTATENE OG FELTOBSERVASJONENE	20
10. TILTAK SOM KAN STOPPE SANDTRANSPORTEN FRA OTTBÆKKEN	21
10.1. Sandfang	21
10.2. Sedimenteringsbasseng	23
10.3. Antatt gevinst av tiltak	25
11. REFERANSER	25
12. BILAGSLISTE	26

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Fra kraftverket kom i full drift 1.7.1973, har turbinene vært jevnlig inspisert, og tilstanden er notert. Alt ved første gangs inspeksjon 26. juni 1973 ble det observert spor etter sandslitasje på ledeflatene. Samtidig ble det konstatert erosjonsskader på forbislipningsventilenes tetningsflater.

Ved de påfølgende inspeksjoner ble det konstatert en jevnt økende slitasje på turbinene. I 1976 begynte slitasjene å bli så alvorlige at en større revisjon syntes nødvendig i løpet av de nærmeste 2 - 3 år. Grundig inspeksjon ble foretatt desember 1977, og det ble konstatert omfattende slitasje med en anslått reduksjon i virkningsgraden på 1 - 1½ %.

Turbin 2 ble inspisert februar 1978, og konklusjonen var at denne turbinen var noe mer slitt enn turbin 1. Det ble på denne bakgrunn besluttet å revidere turbin 2 i løpet av 1978. Turbin 1 ble revidert i 1980.

Virkningsgradsmålinger foretatt umiddelbart etter revisjonen bekrefter at slitasjen hadde vært stor ved Driva kraftverk. I turbinenes lastområde var gevinsten 3 - 3,5% som ga en produksjonsgevinst på ca. 17 GWh det første året etter revisjonene.

Driva kraftverk har hovedsakelig to ytre kilder for tilførsel av sand og slam inn i tunnelsystemet, Ottdalen og inntaket i Gjevilvatnet. Den viktigste er åpenbart Ottdalen, hvor det i forbindelse med sterke regnskyl og hurtig snøsmelting går hyppige ras i bratte moreneskråninger. Materialet transporteres ut i bekken og føres videre helt ned til inntaket, uten noen naturlig mulighet for sedimentering på veien.

Som et grovt overslag kan det antydes at av utrasningene i Ottdalen vil enkelte år 4.000 - 5.000 m³ eller mer havne i inntaket. Det er ingenting som tyder på at aktiviteten skal avta med årene.

Laboratorieanalysene av morenematerialet viser at det er så finkornet at en betydelig del vil kunne transporteres gjennom tunnelen. Av materialets mineralsammensetning går det fram at det vil virke slitende på turbinstålet.

Laboratorieanalysene av materialet fra avsetningene ved inntaket i Gjevilvatnet viser at det meste er for grovkornet for vanntransport med de rådende strømforholdene der. Videre består materialet i de fineste fraksjoner for en stor del av glimmermineraler som antas ikke å være harde nok til å kunne gi nevneverdig abrasiv (ripende) slitasje av turbinstål.

Det er sannsynlig at materiale fra tunnelsålen har forårsaket slitasje i en tidlig fase. Disse massene bør imidlertid nå være utvasket og ha en stabilisert overflate, hvilket også ble bekreftet ved en befaring høsten 1981. Kornfordelingsanalyse av sålematerialet oppstrøms innløpet fra Ottbekken tyder på det samme.

Mangelen på sandbanker i driftstunnelen oppstrøms innløpet, og den mineralogiske sammensetningen i prøver nedstrøms, gjør at man kan trekke den konklusjon at den alt overveiende del av sandtransporten stammer fra Ottbekken. Noen form for tiltak for å stoppe slamtilførselen fra Gjevilvatnet syntes derfor ikke å være aktuell.

Sandtransporten fra Ottbekken kan reduseres enten ved at det bygges et oppsamlings-/utspylingsarrangement umiddelbart under inntaket, eller et eller flere sedimenteringsbasseng i Ottbekken et stykke ovenfor inntaket. Det anbefales at den sistnevnte løsning velges, fordi denne også vil kunne samle opp meget finkornige masser (diameter mindre enn 0,25 mm), som vi regner med deltar i sliteprosessen.

2. BESKRIVELSE AV KRAFTVERKET

Driva kraftverk er et felleseie mellom Sør-Trøndelag Kraftselskap og Møre og Romsdal fylke. Kraftverket utnytter et fall på 550 m mellom Gjevilvatnet i Oppdal, Sør-Trøndelag og Driva i Sunndalen, Møre og Romsdal. I kraftverket er installert 2 aggregater hvert på 70 MW. Midlere netto årsproduksjon er beregnet til 540 GWh. Anleggsarbeidene tok til i 1969 og kraftverket ble satt i drift våren 1973. Oversikt er vist i fig. 1.

Tilløpstunnelen er ca. 20 km lang. Arealet varierer fra 14 til 22 m². Ca. 5,5 km er utført som sterkt fallende trykktunnel. Underveis fra Gjevilvatnet til Sunndalen tas Storbekken, Lonbekken, Tovatna og Ottbekken direkte inn på tilløpstunnelen. Mellom tunnelen fra Ottdalen og kraftstasjonen ligger sandfanget. Snitt av tilløpssystemet er vist i fig. 2.

Sandfanget er utformet som fire 3,5 m brede rektangulære åpninger i tunnelsålen, fig. 3. Avstanden mellom åpningene er 10 m (c/c). Langs høyre side er tunnelen farbar til fots i ca. 1,0 m bredde. Sandmassene som felles ut i åpningene faller ned i en underliggende tunnel forbundet med tverrslaget ved Fale i Sunndalen.

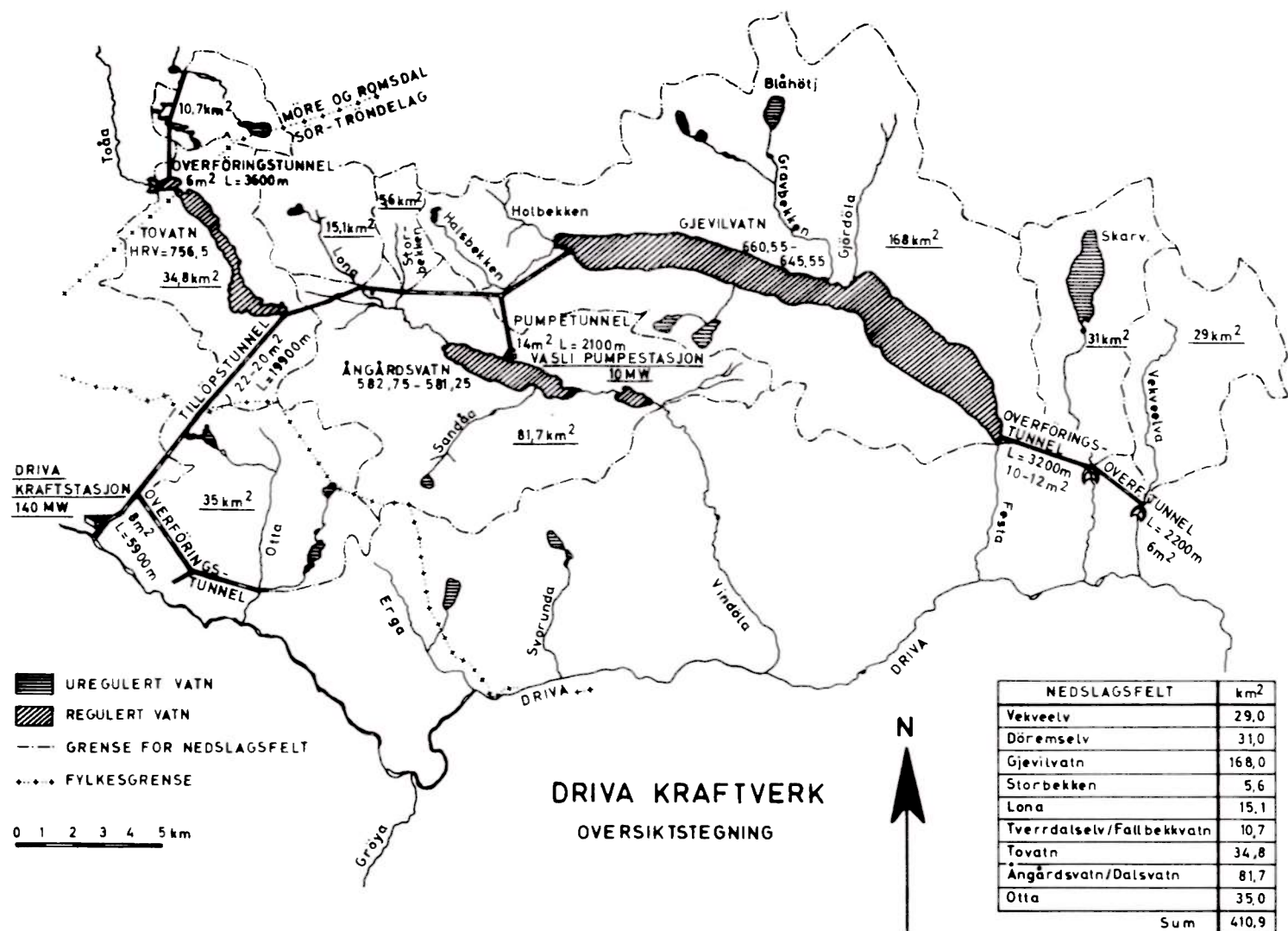


Fig. 1. Driva kraftverk, oversikt.

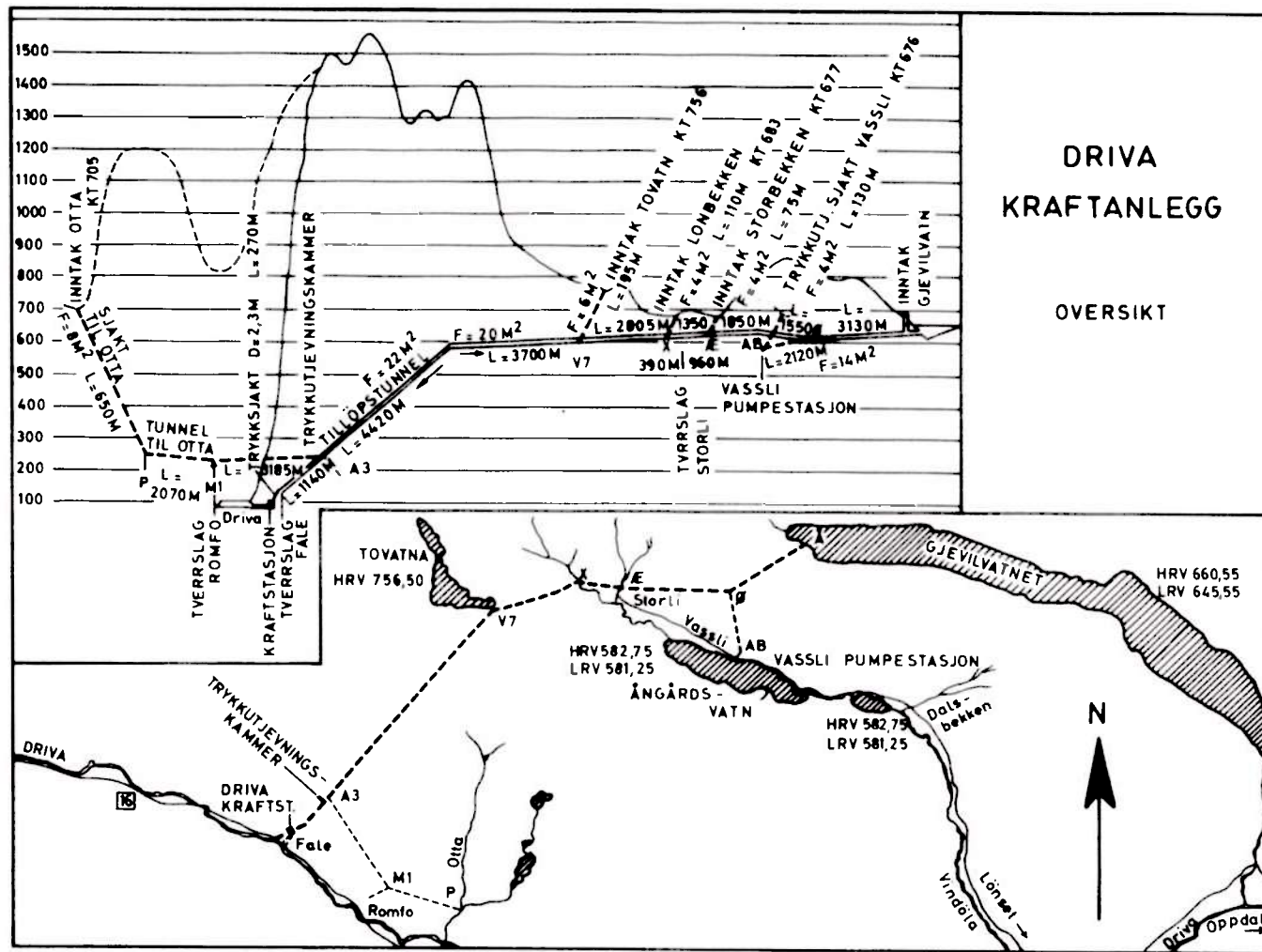


Fig. 2. Driva kraftverk, lengdesnitt av tilloppssystem.

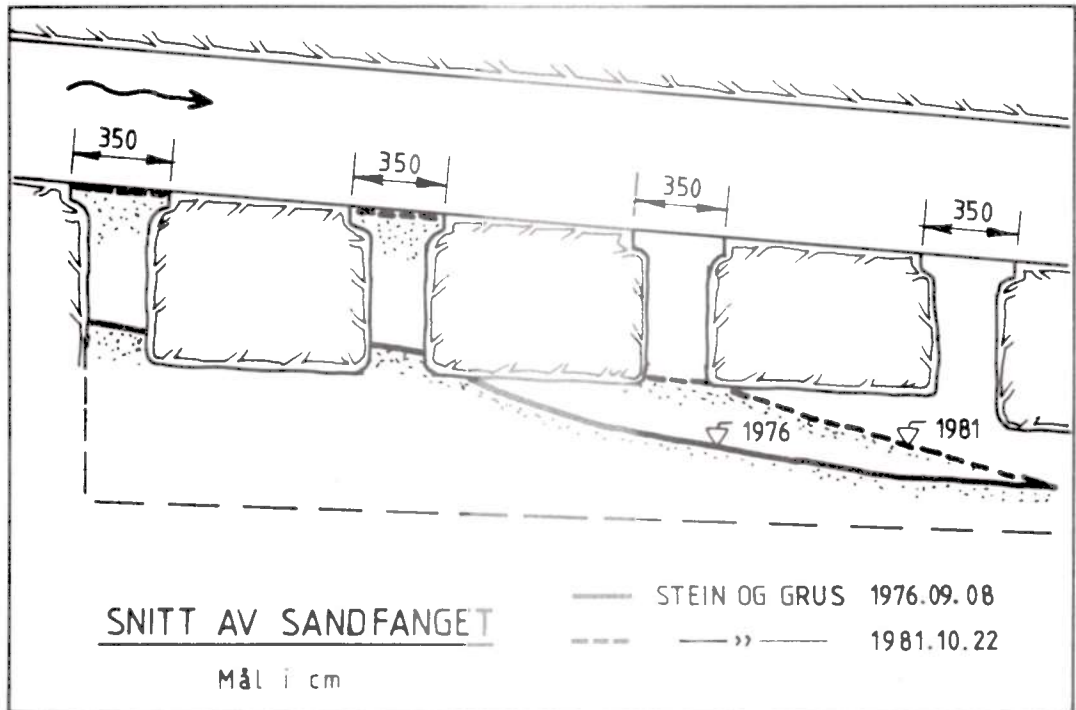


Fig. 3. Sandfanget i driftstunnelen.

3. TURBINSLITASJE OG REVISJONER

3.1. Utvikling av sandslitasjen

Fra kraftverket kom i full drift 1.7.1973, har turbinene vært jevnlig inspisert, og tilstanden er notert. Alt ved første gangs inspeksjon 26. juni 1973 ble det observert spor etter sandslitasje på ledeflatene. Samtidig ble det konstatert erosjonsskader på forbislipningsventilenes tetningsflater.

Ved de påfølgende inspeksjoner ble det konstatert en jevnt økende slitasje på turbinene. I 1976 begynte slitasjene å bli så alvorlige at en større revisjon syntes nødvendig i løpet av de nærmeste 2 - 3 år.

12.12.1977 ble turbin 1 demontert og inspisert, og siv.ing. Aspesletten fra Sørumsand Verkstad A/S utarbeidet følgende rapport:

"Våre montører J. Bakke og Holsæther hadde senket ned lederingen. Alt var klart for inspeksjon.

Hovedinntrykket er at ledeapparatet er meget slitt. (Sandslitasje). Kan ikke huske å ha sett det verre. Ledeapparatet var rengjort slik at det ikke fantes sand. Ifølge anleggets folk er det samlet opp sandprøver i kjølevannskummen. Disse skulle analyseres.

Hjulet: Etter forholdene ser dette bra ut. Det er antydning til svak kavitasjon på avløpskanten. På endeflaten på ringen er det en smal stripe på ca. 1/2 mm hvor det er gjennomslag i det rustfrie belegget. Den ikke-rustfrie delen av skovlene er endel rustangrepet. Det er endel tæring på innløpssiden i overgang mellom rustfri påleggssveis og godset - ca. 1 - 1½ mm kant. Hele innløpskanten på skovlene er ru og "markspist". Påleggssveis på bossets innløp er gjennombrutt på ca. halve omkretsen i en bredde av ca. 15 mm. Nedre spalteflate ser fin ut, men er slitt ca. 2 - 3/10 på radien. Øvre spalteflate var ikke tilgjengelig. Det er en gjennombrutt rose ca. 50 Ø på utvendig flate av ringen.

Ledeflater: Disse flatene er meget slitt. Slitasjen er størst ved skovlenes avløpskant.

Her er det dype blankslitte renner, opptil 4 mm dype. Men største del av

dybden er 2 - 3 mm. Mønsteret av tre forskjellige skovlstillinger tegner seg klart frem. Den som representerer størst åpning, viser størst slitasje.

Ved øvre lokk var det gjennomslag i det rustfrie belegg på fire steder. Det største var ca. 50 mm langt, 5 - 6 mm bredt og av beskjedne dybde. De andre var mere punktformet. Men foreløpig var det liten tæring inn i grunnmaterialet. I nedre lokk var det gjennomslag på ett sted. Det var et par mm i diameter. Ved innløpet var det en markert rand etter skovlkonturen. Denne hadde et mere hakkete utseende enn resten, som var helt glatt.

I spalten mellom lokk og hjul, ved innløpet, på nedre lokk, var det slitte striper på en lengde av 200 mm, bredde 6 - 7 mm og dybde 2 - 3 mm.

Foringene i nedre lokk var betydelig eroderte ved kraven, mens de i selve lagerflaten var fine. Den vanlige utvaskingen ved utløpet av smøresporene kunne ikke observeres.

Ledeskovler: Ledeskovlene hang fremdeles i øvre lokk. Tappene ser fine ut. I hulkilen ved nedre tapp er det betydelig erodert, spesielt på den siden som vender mot hjulet. Dybden kunne være 2 - 3 mm.

Ved avløpskantens hjørner er det avslitt gods. På endeflaten er det et erodert parti ved innløpet, ca. 50 mm langt, 10 mm bredt, dybde ca. 1 mm. Langs avløpskanten er det en kavitasjonslignende stripe - ca. 60 - 70 mm lang og bredde opptil 10 mm. Dybden usikker, men anslagsvis opptil 1,5 mm.

En skovl ble senket ned. Det samlede inntrykk var omtrent likt som for undersiden.

Vannberørte flater ellers så fine ut. Det ble tatt en del bilder.

Konklusjon:

Ledeapparatet må betegnes som meget slitt. Det er sannsynlig at det er en vesentlig reduksjon i virkningsgraden, anslagsvis størrelsesorden 1 - 1½ %.

Foreløpig kan det neppe betegnes som farlig sikkerhetsmessig. Med den senere omtalte "førstehjelp" skulle det neppe gi driftsproblemer det første året. Men det bør foretas en omfattende utbedring i løpet av relativt kort tid for å unngå ytterligere gjennomslag i belegget". (Sitat slutt).

Turbin 2 ble inspisert 2. februar 1978 og konklusjonen var at denne turbin var noe mer slitt enn turbin 1, men forskjellen var heller liten. Det ble på denne bakgrunn besluttet å revidere turbin 2 i løpet av 1978.

Denne revisjon medførte full demontering av turbinen for transport til Sørumsand der overhalingen fant sted. Her ble hjulet reparert, spaltinger ble skiftet, ledeflatene ble maskinert og nye flater av en hårdere legering ble montert på de gamle. Foringer for ledeskovler ble utskiftet og ledeskovlene ble oppsveiset. Dessuten ble det laget et ekstra sett ledeskovler.

I 1980 ble turbin 1 revidert. Denne revisjonen var mindre omfattende enn revisjonen for turbin 2. De viktigste tiltak var:

Ledeflatenes sår ble oppsveiset og renmaskinert. Foringer ble boret opp og isatt smøringsfrie foringer (DU-foringer). Det ekstra sett ledeskovler som ble anskaffet i 1978 ble tilpasset og satt inn. Løpehjul ble slipt og oppsveiset. Labyrintringer ble skiftet.

Turbinene er senere inspisert, og selv om det er tegn til at sandslitasjen fortsetter, er turbinenes tilstand i øyeblikket akseptabel.

3.2. Virkningsgrader, kostnader og gevinst

Ved den første turbinrevisjonen ble det foretatt fullstendige virkningsgradsmålinger før og etter revisjonen. Disse viser en øking på 3,0 - 3,5 % etter revisjonen (fig. 4), relativt likt fordelt på labyrinter og ledeapparat. For turbin 2 ble ikke slike målinger foretatt, men det er antatt at resultatet av revisjonen var noe nær det samme.

Kraftverket produserer årlig ca. 550 GWh, og gevinsten lå følgelig på ca. 17 GWh/år umiddelbart etter revisjonen. Med utgangspunkt i en kraftpris på 10 øre/kWh vil dette gi en årlig gevinst på 1,7 mill. kr.

Fra kraftselskapet opplyses at omkostningene med revisjonene har vært:

Turbin 1	kr. 1.000.000
" 2	" 1.700.000
Nye ledeskovler	" 350.000
	kr. 3.050.000
	=====

Man hadde ingen vanntap som følge av revisjonene.

Sandslitasjen oppsto i løpet av 5 - 6 år. Det er grunn til å tro at slitasjen var sterkest den første tiden, da det i denne periode også foregikk en stabilisering av tunnelsålen. Man vet i dag for lite om hvordan slitasjen utvikler seg på de reviderte turbinene til å kunne sette opp noen tidsplan for nye revisjoner, avgjørelsen må bli tatt etter fortløpende inspeksjoner, eventuelt supplert med virkningsgradsmålinger.

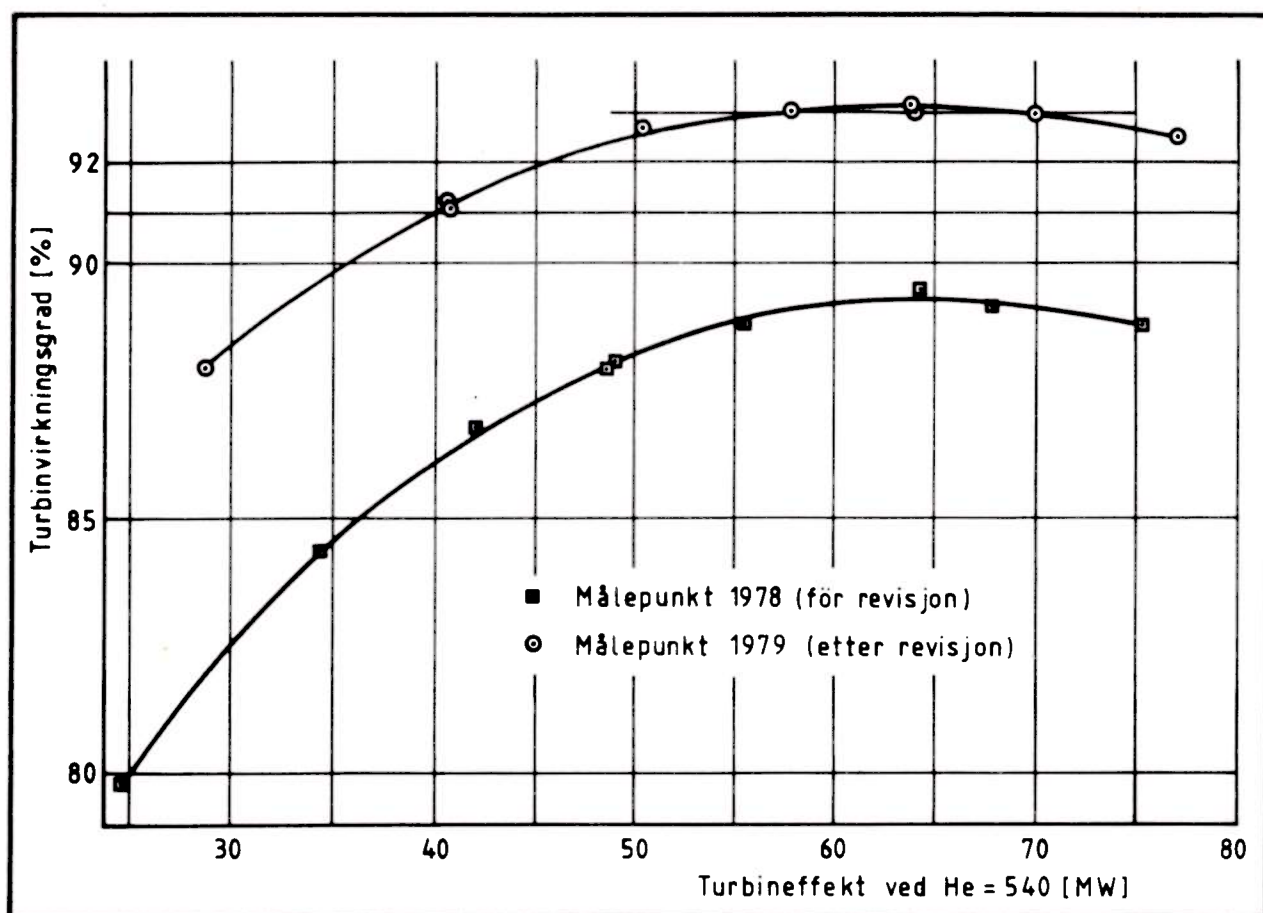


Fig. 4. Resultat av termodynamiske virkningsgradsmålinger ved Driva kraftverk, turbin nr. 2. Fransisturbin. $P_r=71,5$. $H_r=540$. nr=600. (Utført av Kværner Brug A/S 25.07.78 og 13-14.02.79.)

4. OPPLEGG FOR UNDERSØKELSENE

Undersøkelse av årsakene til sandslitasje på turbiner ved Driva kraftverk ble første gang drøftet i møte ved Vassdrags- og havnelaboratoriet (VHL) 13. mars 1978.

I møtet ble man enig om at det viktigste spørsmålet for å klarlegge årsakssammenhengen var å få undersøkt geologiske og mineralogiske forhold. De foreløpige planer for undersøkelsene omfattet derfor innsamling av prøver fra driftsvannet/tunnelsystemet, bekkeinntakene og Gjevilvatnet under forskjellige driftssituasjoner ved kraftverket. Videre ville arbeidet omfatte befaringer, laboratorieanalyser, vurderinger og mulige forslag til å redusere sandslitasje i fremtiden. Kostnadene ble anslått til ca. kr. 90.000. En vesentlig del av arbeidet ville bli utført ved Ingeniørgeologisk laboratorium, Geologisk Institutt, NTH, under ledelse av dosent Ragnar Dahl.

Våren 1978 var en forundersøkelse av sandslitasje på turbiner ved norske kraftverk nær sin avslutning. Servicekontoret for driftserfaringer sto for undersøkelsen og kontoret var i gang med å klarlegge opplegg og muligheter for en systematisk undersøkelse av sandslitasje på turbiner ved norske kraftverk. Siden gjennomføringen av dette prosjektet ikke var klar ble undersøkelsene for Driva kraftverk, av praktiske grunner, registrert som oppdrag ved VHL. I 1980 ble forskningsprosjektet "Sandslitasje på turbiner" startet opp som planlagt og undersøkelsene ved Driva kraftverk har inngått som et av kraftverkene i dette samarbeidsprosjektet.

5. SANDTRANSPORT I TUNNELENE

5.1. Generelt om sandtransport

På tunnelsålen vil det etter grovrensk (knølrensk) fortsatt ligge tilbake betydelige masser. Eksempler på kornfordelingsanalyser fra en del andre anlegg er vist i fig. 5.

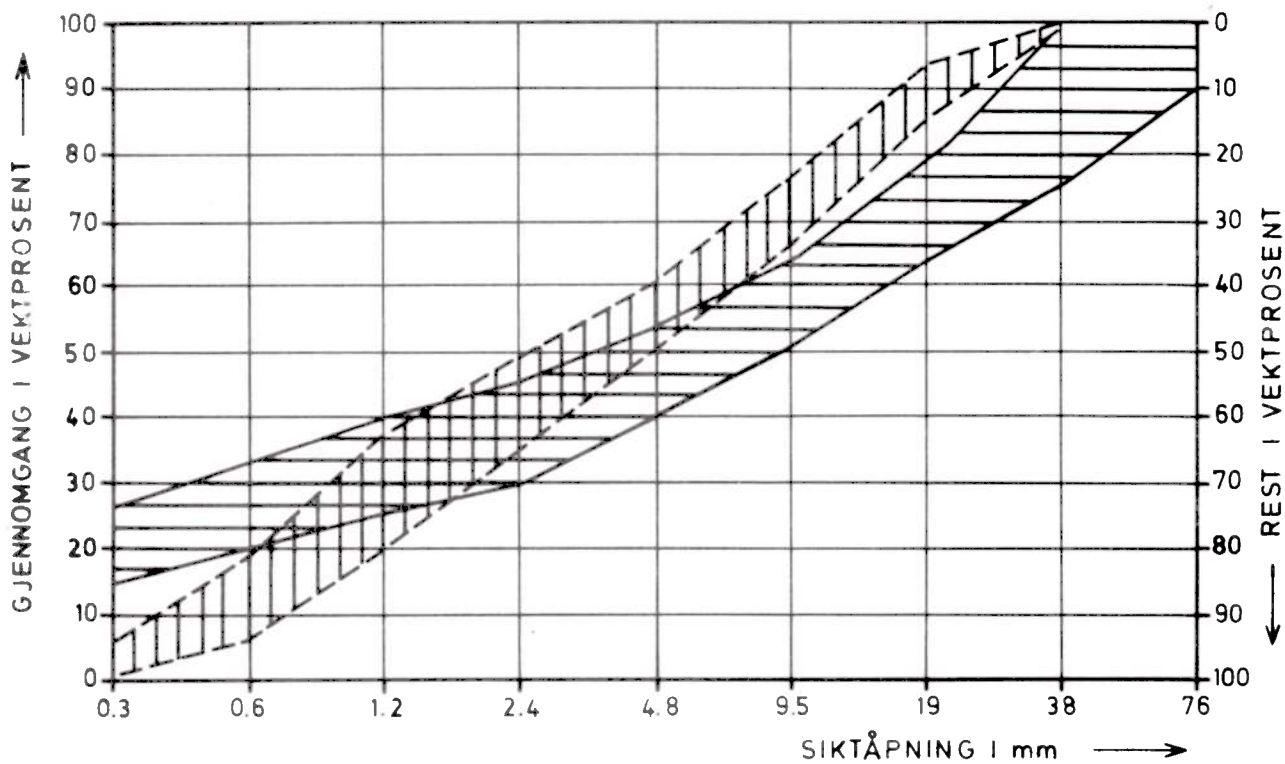


Fig. 5. Kornfordeling av gjenværende masser på tunnelsåle.
Horisontal skravur dekker 21 prøver fra diverse anlegg [2].
Vertikal skravur dekker prøver fra Lang-Sima [3].

Dekklaget langs tunnelsålen blir dannet av de groveste fraksjonene. Ved Lang-Sima (Eidfjordverkene) hadde dekklaget ved forskjellige peler sammensetning som vist i fig. 5. Prøven fra Lang-Sima er blant flere andre valgt som referanse.

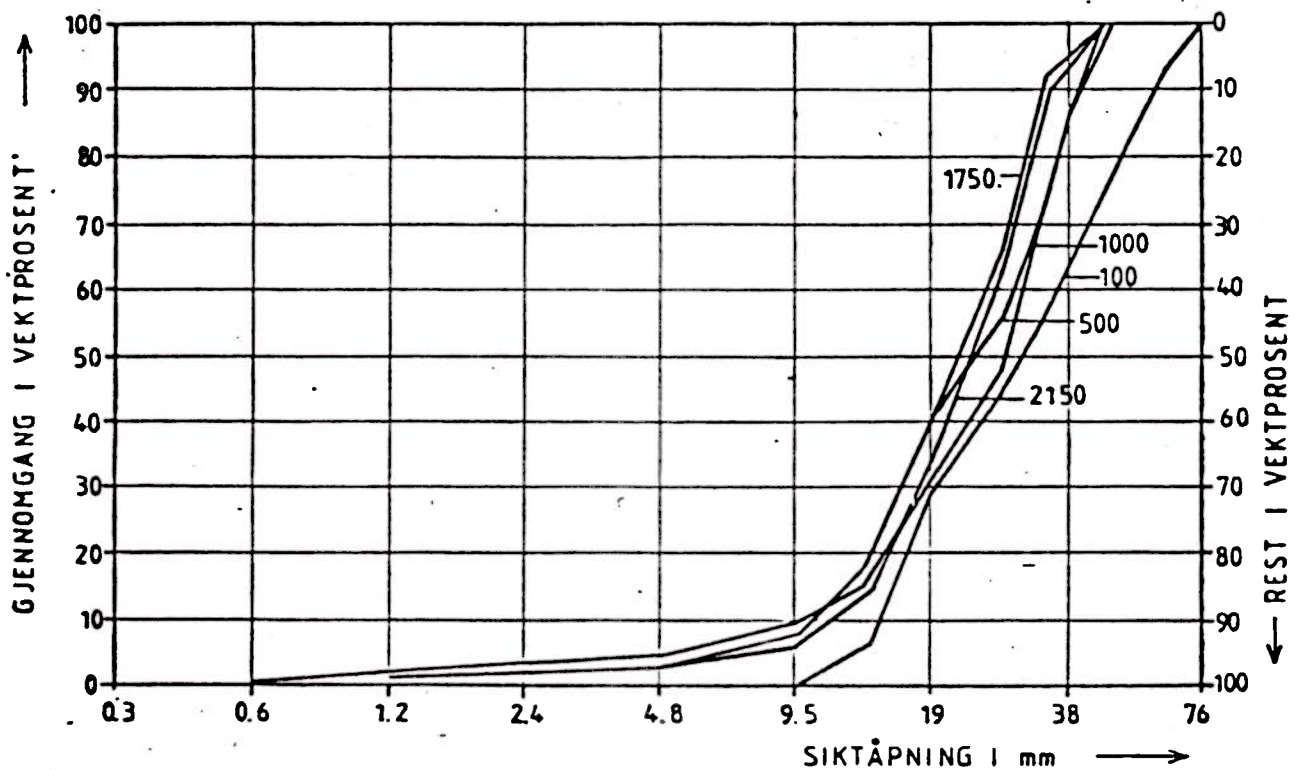


Fig. 6. Kornfordeling i dekklaget ved Lang-Sima etter 70 timers drift. Tunnelareal 33 m^2 , strømhastighet $1,7 \text{ m/s}$ ved fullt pådrag.

Fra laboratorieforsøk og analyser av masser fra sandfang i driftstunneler har man utviklet følgende formel for transport [3]:

$$d_{70} = \frac{\rho_v}{\rho_s - \rho_v} \cdot \frac{v^2}{130 \cdot A^{1/6}} = 0,0045 \cdot v^2 \cdot A^{-1/6}$$

Her er:

ρ_v = vannets densitet = 1000 kg/m^3 .

ρ_s = steinens densitet = 2650 kg/m^3 .

v = midlere strømhastighet i m/s .

A = tunnelareal i m^2 .

d_{70} vil si at 70% av massen er finere enn denne.

Som for åpne vannveier (elver og kanaler) er transportabel kornstørrelse proporsjonal med v^2 . Transporten avtar altså noe med økende tunnelstørrelser, omvendt proporsjonal med $A^{1/6}$.

Analyse av det gjenværende materialet på tunnelsålen ved Lang-Sima har foreløpig vist at et 4,7 - 6 cm tykt masselag er blitt transportert ut av tunnelen. Dette utgjør ca. 1 m^3 masse pr. 20 m^2 tunnelsåle.

5.2. Sandtransporten i Driva kraftverk.

For Driva kraftverk betyr resultatene av de analysene som er nevnt foran $4.700 - 6.000 \text{ m}^3$ masse dersom samlet lengde av tilløpstunnelen settes til 20.000 m og gjennomsnittlig bredde 5 m.

Tidligere analyse av sandtransportforholdene i tunneler har vist at ca. 20% av de transportable massene svever i vannstrømmen (suspendert last). Disse vil ikke kunne stoppes i et sandfang. De øvrige 80% vil enten avleires i sandfanget eller sammen med de svevende massene følge vannstrømmen gjennom turbinene.

Siden spaltene i tunnelsålen (sandfanget) ikke dekker hele tunnelbredden, er det rimelig å tro at noe masse har passert sandfanget og gått gjennom turbinene. Vi forutsetter da at sandfanget ikke har vært overfylt, hvilket ikke var tilfelle under inspeksjonene september 1976 og oktober 1981, se fig. 1.

Resten av massene som lå tilbake i driftstunnelen da kraftverket ble satt i drift, vil etter 8 år være stabilt lagret.

5.3. Observasjoner fra driftstunnelen.

Under inspeksjonen i 1981 lå det noe sand på tunnelsålen like foran den stålfôrede delen av trykksjakta. Disse materialene har trolig havnet her under tømmingen av tunnelen.

På fig. 7 er nivåene til grus-/sandansamlingene ved inspeksjonene i 1976 og i 1981 tegnet inn. Som det fremgår, var de to øverste åpningene helt fulle. Sandfanget ligger ca. 150 m foran trykksjaktene.

I innløpet til luftputekammeret, mellom sandfanget og innløpet fra Ottbekken lå en relativt stor sandbanke. Denne kan ha vært avleiret i løpet av de siste 8 år, da massene fra sandfanget ved forrige tømming ble kjørt opp i luftputekammeret og lagret der.

Mellom sandfangene og innløpet fra Ottbekken lå det flere store sandbanker. Lenger oppstrøms ble det ikke observert sandbanker og såle-

materiallet virket stabilt. De to største sandbankene lå i selve innløpsmunningen og like nedenfor denne (se fig. 7).

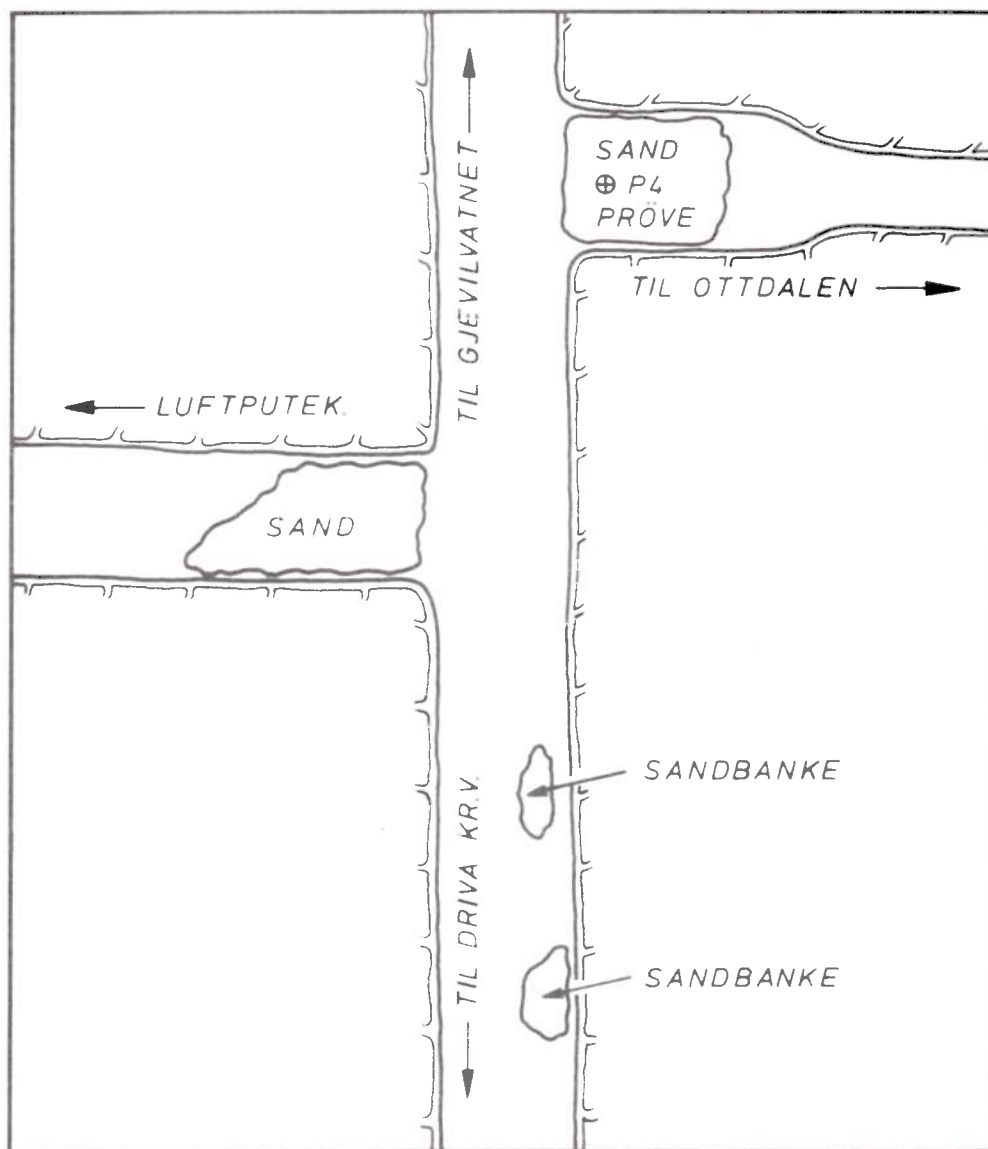


Fig. 7. Oversiktsskisse fra driftstunnelen.

Ved kraftverkets utløp i Driva fantes ingen sandbanker. Dette skyldes at elva under flom transporterer videre de sandmassene som kommer fra kraftverket.

6. LØSMASSEFORDELINGEN OG SANDTRANSPORTEN I DE YTRE VANNVEIENE (VANNKILDENE)

Gjevilvatnet

I vestenden av vatnet er det et gammelt delta. Avstanden fra dette til tunnelinntaket er forholdsvis kort. To bekker som tidligere hadde utløp over deltaet er nå ført over en fjellterskel og ut i bukta sør for de tidligere utløpene. Kanalen som bekkene renner i, fører bunntransportert materiale. På sørsiden av det nylagte bekkeoset foregår det utvasking av et finkornet blåaktig materiale i strandsonen.

Ottaldalen

På østsiden av øvre Ottaldalen er det et forholdsvis tykt morenedekke i de bratte skråningene. Topplaget i morenen er løsere pakket enn de underliggende massene. I forbindelse med kraftig regn og snøsmelting blir topplagsmassene så sterkt oppbløtte at det hver vår utløses et antall ras. De bløte massene transporteres helt ned til Ottbekken, som transporterer det meste videre ned til inntaket. Dette er utformet med rister som stopper de groveste steinene (hodesteins størrelse), mens de finere massene fortsetter ned i tunnelen.

Det er vanskelig å angi volumet av de masser som transporteres på denne måten, men det kan enkelte år dreie seg om $4.000 - 5.000 \text{ m}^3$ eller mer. Feltundersøkelser og permeabilitetsmålinger m.m. tyder på at man må regne med fortsatt rasvirksomhet. Elvesengen i dalen består for det meste av grov grus og stein, men lite sand.

De øvrige inntakene

På grunnlag av observasjoner i felten og opplysninger fra Sør-Trøndelag Kraftselskap, kan det fastslås at det ikke tilføres løsmasser av betydning gjennom inntakene: Vassli, Storbekken, Lonbekken og Tovath.

7. PRØVETAKING

Gjevilvatnet

Prøvene G 1 og G 2 er tatt av bunntransportert materiale fra den anlagte kanalen. G 1 er tatt oppstrøms der de to bekkene løper sammen, mens G 2 er tatt nedstrøms. Det meste av finstoffet var naturlig nok transportert videre.

G 3 er fra den nordvestlige delen av det gamle deltaet, mens G 4 er fra den sørvestlige delen. G 3 inneholder organisk materiale og mye finstoff.

G 5 er tatt fra sørsiden av det anlagte bekkeoset, der det vaskes ut materiale i strandsonen.

Ottaldalen

Prøvene Od 1 - 3 og OMS 1 - 5 er tatt fra morene i rasområdet. Od 6 - 11 er tatt i små bakevjer langs elva der noe av det transporterte materialet var lagt igjen p.g.a. lavere strømhastighet.

Driftstunnelen

Dt 1 er fra massene foran den stålførede delen av trykksjakta. Dt 2 og Dt 3 er tatt fra hver av de to øverste åpningene i sandfanget, under overflatelaget. Prøve Dt 4 består av relativt grovt materiale som lå i innløpet der overføringstunnelen fra Otta-inntaket kommer inn på driftstunnelen. Prøve Dt 6 ble tatt under dekklaget på sålen ca. 300 m oppstrøms for Otta-overføringen.

Prøve "Driva" er bunnfelt materiale fra kjølevannsbassenget i kraftstasjonen. Ved den endelige transporten dit kan det ha skjedd en viss mineralseparasjon og prøven trenger derfor ikke å være representativ for det materialet som transporteres gjennom turbinene.

8. LABORATORIEANALYSER

8.1. Innledning

25 prøver er analysert. Det er utført sikteanalyse og for prøver med høyt finstoffinnhold også slemmeanalyse. For bestemmelse av mineralsammensetningen er det utført korntelling i mikroskop, differensialtermisk analyse (DTA) og røntgendiffraksjonsanalyse (XRD). Resultatene av analysene går fram av bilag 1 - 24 (ett bilag for hver prøve). Der er siktekurven for materialet tegnet inn og det er laget stolpediagram som viser vektprosenten av kvarts, feltspat, glimmer og hornblende i hver fraksjon. I tillegg er det en rubrikk nederst på arket for eventuelle merknader.

8.2. Oppsummering av analyseresultatene

Prøvene fra Gjevilvatnet inneholder som regel lite materiale mindre enn 0,063 mm og består hovedsakelig av kvarts og feltspat samt noe hornblende.

Unntatt er prøvene G 3 og G 5 som inneholder mye silt (materiale mindre enn 0,06 mm). Disse prøvene har også en betydelig større andel glimmer (25 - 80%).

Prøvene fra Ottdalen inneholder fra 5 til 15% silt og består gjennomsnittlig av 30% kvarts og 65% feltspat, i tillegg til noen få prosent glimmer og hornblende.

Prøvene fra moreneskråningene i Ottdalen inneholder noe mindre kvarts og litt mer glimmer. For alle prøvene avtar kvartsmengden med minskende kornstørrelse.

Prøvene fra elvefaret (Od 6 - 11) inneholder lite finstoff og viser en tendens til større kvarts- og særlig feltspatinnhold samt lavere glimmermengde, i forhold til prøvene fra moreneskråningene.

Samtlige prøver fra driftstunnelen er forholdsvis grovkornede. Mer enn 95% av materialet er større enn 0,25 mm. Prøvene fra sandfanget (Dt 2 og Dt 3) har en gjennomsnittlig kornstørrelse på ca. 0,4 mm. De inneholder relativt lite materiale som er større enn 2 mm.

Mineralogien er ca. den samme for alle tunnelprøvene. De inneholder bortimot 30% kvarts, ca. 60% feltspat og ca. 10% glimmer og hornblende.

Prøven fra kjølevannsbassenget inneholder 30% silt, og bare 10% større enn 0,25 mm. Den består av feltspat, kvarts og glimmer. Glimmerinnholdet er høyest i den groveste og den fineste fraksjonen (50 - 70%).

8.3. Diskusjon av analyseresultatene

Prøvene fra Gjevilvatnet har gjennomsnittlig lavt finstoffinnhold, og det som finnes har i tillegg lavt innhold av de slitende mineralene kvarts og feltspat. Dersom det bare er det fineste materialet som transporteres ned i inntaket og gjennom tunnelen, vil dette neppe virke særlig slitende på turbinene.

Materialet fra Ottdalen er dominert av kvarts og feltspat selv ned i de fineste fraksjonene. Hvis dette materialet ikke har noen mulighet for å bli sedimentert før trykksjakt, vil det kunne slite på turbinene. Kornfordelingen viser at prøvene gjennomsnittlig inneholder ca. 35% materiale mindre enn 0,25 mm.

Tunnelprøvene består hovedsakelig av slitende mineraler (kvarts og feltspat). Kornfordelingen viser at et sandfang av samme type som ved Driva kraftverk kan stoppe materiale ned til ca. 0,25 mm i diameter. Prøvene fra sandfanget tyder på at det meste av materialet som er større enn 1 - 2 mm legges igjen i tunnelen før det når fram til sandfanget.

Prøven fra kjølevannsbassenget viser at i hvert fall materiale mindre enn 0,5 mm passerer turbinene, og at 60% av dette kan bestå av kvarts (25%) og feltspat (53%).

9. SAMMENSTILLING OG DISKUSJON AV ANALYSERESULTATENE OG FELTOBSERVASJONENE.

Analyseresultatene viser at man sannsynligvis kan se bort fra slitasje p.g.a. det materialet som eventuelt transporteres gjennom inntaket ved Gjevilvatnet, da dette vil bestå av finstoff (silt) sterkt dominert av glimmer og organiske stoffer.

Den alvorligste slitasjeårsaken ser ut til å være en årlig tilførsel av sterkt kvarts- og feltspatholdig materiale fra Ottdalen.

Det meste av det som tilføres elva fra rasområdet i moreneskråningene transporteres p.g.a. elvas fall helt fram til og gjennom inntaket.

Enkelte kornstørrelsesfraksjoner inneholder da vel 90 vektprosent kvarts pluss feltspat, som man p.g.a. hardheten må gå ut fra har stor slitasjevirkning. Dette gjelder også fraksjoner som neppe kan stoppes i sandfang.

Ingenting tyder på at rasfrekvensen i Ottdalen vil minske i tiden fremover og det er derfor realistisk å regne med stort sett uforandrede slitasjeforhold.

Sammenligner man prøvene fra moreneskråningen og fra elvefaret i Ottdalen, er det en tendens til øking av kvarts- og feltspatinnholdet og en minsking av glimmerinnholdet i det materialet som har vært vanntransportert. Det antas at mineralseparasjonen skyldes forskjell i densitet (spes. vekt) og kornform og ikke transportbetinget knusing.

De mineralogiske analysene viser at prøvene fra Ottdalen og sandfanget består av de samme mineraltypene og i tilnærmet samme mengdeforhold. Prøvene fra Ottdalen inneholder gjennomsnittlig 35 - 40% materiale mindre

enn 0,25 mm, mens sandfangsprøvene bare inneholder ca. 5% mindre enn 0,25 mm. Dette viser at det meste av den kvarts- og særlig feltspatrike finsanden som stammer fra Ottdalen, transporteres fram til og gjennom turbinene.

Det kan regnes med at en del av det materialet som forårsaket slitasjen på turbinene ved Driva kraftverk i tidlig fase stammer fra tunnelsålen. Observasjoner ved befaringen og kornfordelingsanalysen av Dt 6 (sålemateriale oppstrøms innløpet av Ottbekken) viser at sålematerialet nå er stabilisert.

10. TILTAK SOM KAN STOPPE SANDTRANSPORT FRA OTTBEEKEN

Det nåværende sandfanget i driftstunnelen synes ikke å være effektivt nok. Det vil ikke med sin nåværende utforming stoppe all sand som transporteres i tilløpssystemet. Partikler mindre enn ca. 0,25 mm vil dessuten transporteres svevende i vannstrømmen med de strømhastigheter man har i sandfangområdet ved normalt pådrag i de to maskinene. Å øke volumet i det nåværende sandfanget løser ikke problemene. Ved å utvide de fire 3,5 m brede spaltene i tunnelsålen helt ut mot tunnelveggen ville man nok oppnå en positiv virkning.

Tilbake står i realiteten to måter å løse sandtransportproblemene på:

1. Et sandfang umiddelbart ved eller under inntaket i Ottbekken bygd for manuell og/eller automatisk utspyling.
2. Et sedimenteringsbasseng i Ottdalen.

10.1. Sandfang

Sandfang med manuell og/eller automatisk utspyling er blitt bygd mange steder i utlandet, bl.a. i Sveits. Erfaringene er stort sett gode. Med de enorme mengder sand som transporteres i Alpebekkene, er denne type sandfang en absolutt nødvendighet for at kraftverkene skal kunne kjøres i flomperioder.

Fig. 8 viser prinsippskisse av et sandfang bygd i Sveits.

Bygging av et slikt sandfang ved eller under inntaket i Ottbekken vil være fullt mulig, men trolig kostbart. De kravene som bør stilles til et slikt arrangement er:

1. Sandfanget må plasseres slik i forhold til trykknivået i tilførs-systemet at spyling kan gjøres ved fritt vannspeil.
2. Vannstrømmen inn i sandfanget bør gå gjennom en energidreper (stilling pool), slik at strømfordelingen blir så jevn som mulig.
3. Strømhastighetene ved dimensjonerende vannføring bør være godt under 1 m/s.
4. Tilbakeføringen av vann til nåværende sjakt må skje på en måte som ikke skaper luftproblemer.
5. Spyletunnelen føres tilbake til det gamle bekkeleiet.
6. Arrangementet må utformes/utprøves i en hydraulisk modell av NHL.

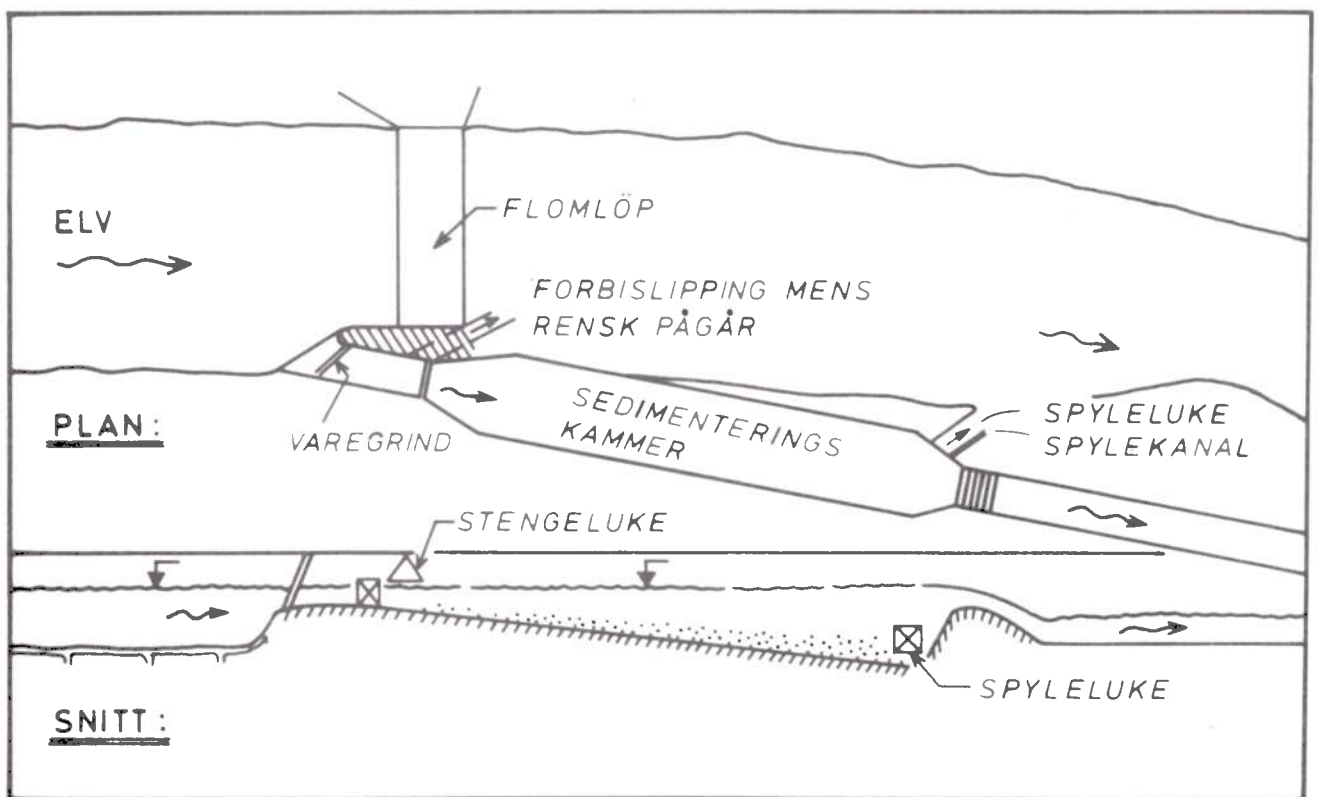


Fig. 8. Sandfang i Sveits, prinsippskisse.

En prinsippskisse av et tenkt sandfang i Ottbekken er vist i fig. 9.

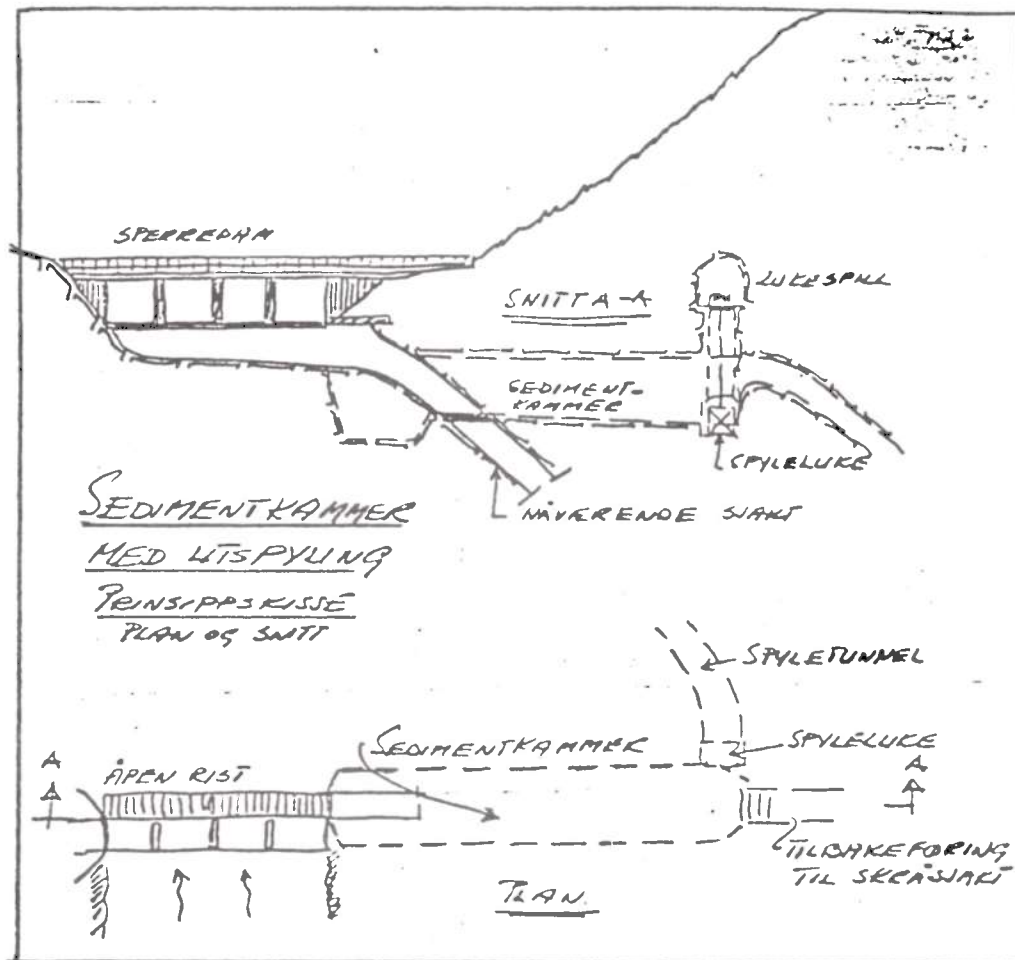


Fig. 9. Sandfang i Ottbekken, prinsippskisse.

10.2. Sedimenteringsbasseng

Den etter vår mening sikreste, beste og trolig også billigste måte å avskjære sandtransporten i Ottbekken på, er å bygge et sedimenteringsbasseng. Det har vist seg i utlandet og også f.eks. ved Fortun kraftverk at i sedimenteringsbasseng får man utfelt langt finere masser enn i et sandfang. Problemene kan være at sedimenteringsbassengene ofte må plasseres i uveisomt terreng. Tømmingen kan derfor bli vanskelig og kostbar.

Prinsippskisse av et sedimenteringsbasseng er vist i fig. 10.

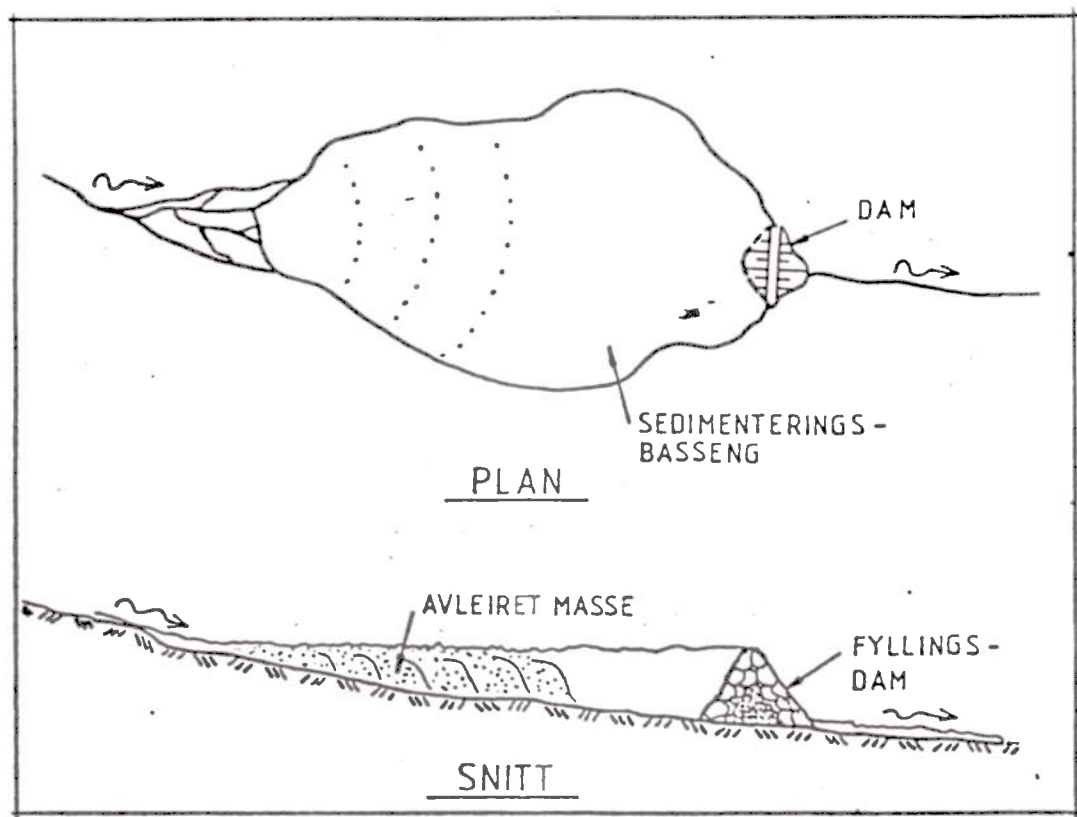


Fig. 10. Sedimenteringsbasseng, prinsippskisse.

Langs Ottdalen er det få steder som egner seg for bygging av et sedimenteringsbasseng. Etter en befaring i september 1980, synes det imidlertid som om et sted like ovenfor den store ura i venstre dalside vel 1 km fra inntaket skulle være bra egnet. Dersom Sør-Trøndelag Kraftselskap velger å bygge sedimenteringsbasseng, vil vi nevne følgende meget viktige forhold:

1. Munningen der bekken løper inn i bassenget bør være slik at strømmen framover mot utløpet er så jevn som mulig (erfaringer fra Fortun kraftverk).
2. Flomoverløpet må erosjonssikres, slik at skader og i verste fall brudd i dammen unngås.

10.3. Antatt gevinst av tiltak

Ut fra de målinger som ble foretatt etter den første turbinrevisjonen, ble virkningsgraden ved Driva kraftverk forringet med ca. 1/2 % pr. år. Hvilket nivå slitasjone vil ligge på i fremtiden er vanskelig å forutsi, men uten at tiltak gjøres for å stoppe sanden fra Ottbekken er det all mulig grunn til å anta at en også i årene som kommer vil få en betydelig sandslitasje.

Komiteéns erfaringer tilsier at det vil være god økonomi i å iverksette de tiltak det er vist til i denne rapport. Hvor stor gevinsten vil bli, kan først fastslås når tiltakene har vært i bruk i noen år, men vi mener det er grunn til å anta at en vesentlig del av produksjonstapet på 17 GWh/år som ble registrert ved revisjonene i 1978 og 1980, hadde vært unngått ved bygging av sedimenteringsbasseng i Ottbekken.

Det vil antagelig være behov for revisjoner også etter at eventuelle tiltak er tatt i bruk. Intervallene mellom revisjonene vil en imidlertid først kunne si noe om etter noen år med regelmessige inspeksjoner og målinger.

11. REFERANSER

- (1) Sør-Trøndelag Kraftselskap: Brosjyre for Driva kraftverk
- (2) VHL-rapport nr. 600788, juli 1973: Sandtransport og sandfang i kraftverkstunneler
- (3) VHL-rapport nr. 600514, okt. 1981: Tilløpstunnel Lang-Sima, Eidfjord

12. BILAGSLISTE

<u>Prøve</u>	<u>Prøvested</u>	<u>Bilag nr.</u>
G 1	Gjevilvatnet	1
G 2	-- " --	2
G 3	-- " --	3
G 4	-- " --	4
G 5	-- " --	4 A
Od 1	Otttdalen	5
Od 2	- " -	6
Od 3	- " -	7
Od 6	- " -	8
Od 7	- " -	9
Od 8	- " -	10
Od 9	- " -	11
Od 10	- " -	12
Od 11	- " -	13
OMS 1	Otttdalen, moreneskråning	14
OMS 2	----- " -----	15
OMS 3	----- " -----	16
OMS 4	----- " -----	17
OMS 5	----- " -----	18
Driva	Kjølevannsbassenget	19
Dt 1	Driftstunnelen	20
Dt 2	--- " ---	21
Dt 3	--- " ---	22
Dt 4	--- " ---	23
Dt 6	--- " ---	24

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested : *Gevilvatnet*

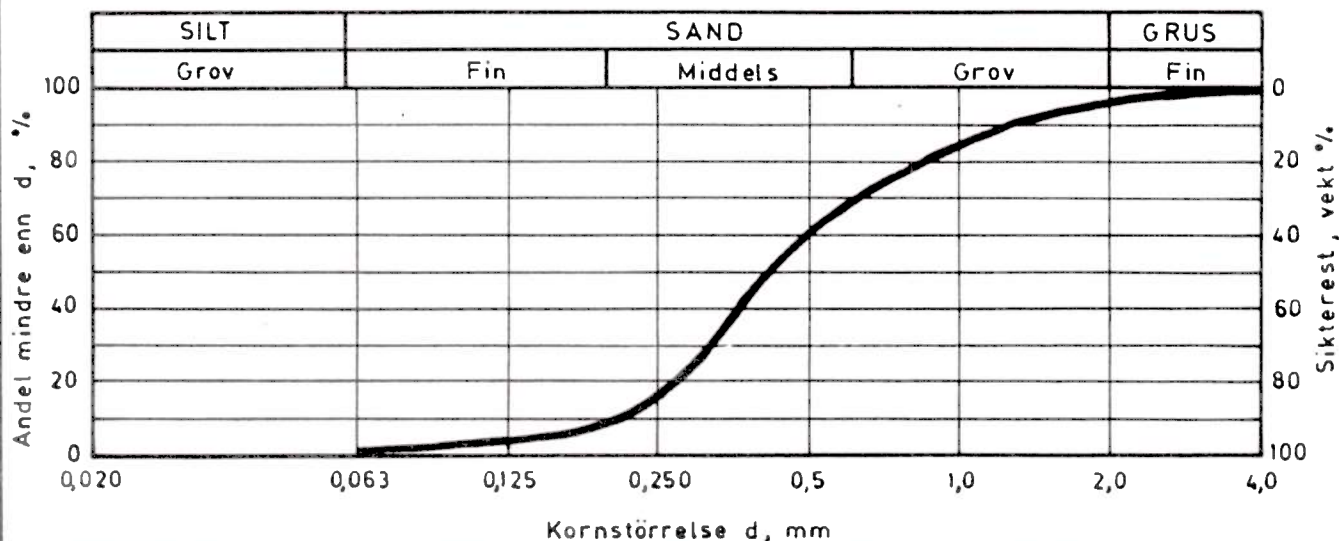
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 9/3-81

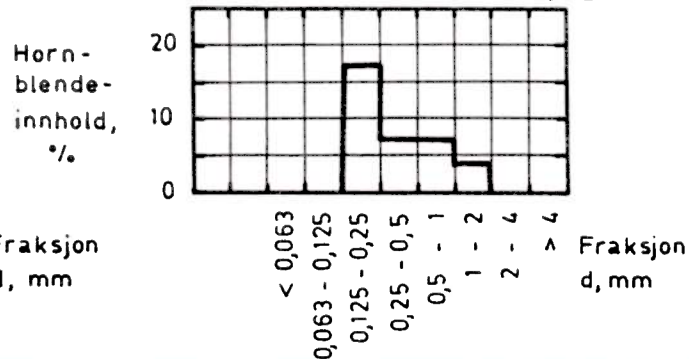
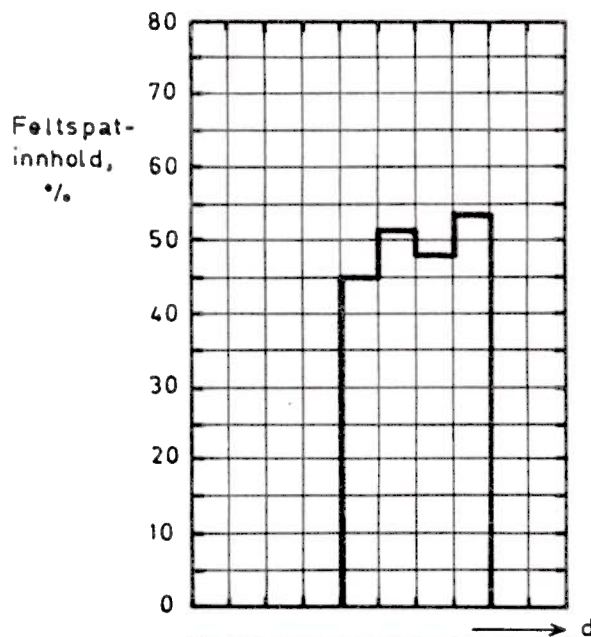
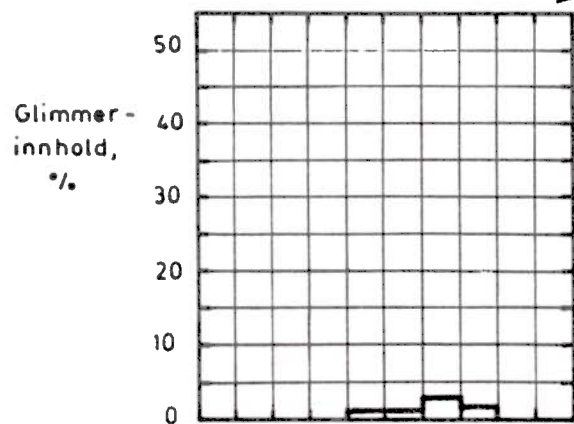
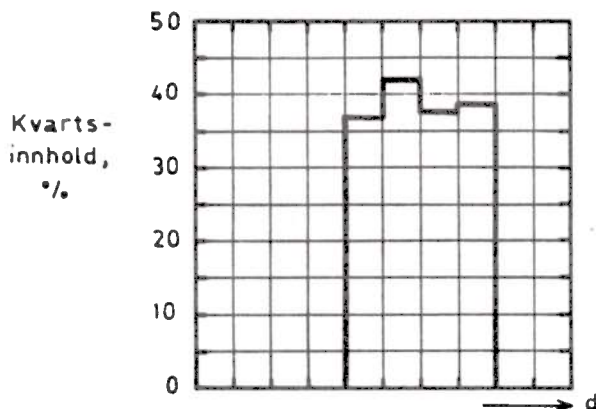
Prøvebetegnelse : G-1

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:
 kvarts/feltspat, noe forvitret gneis og fyllitt.

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: *Gevilvatnet*

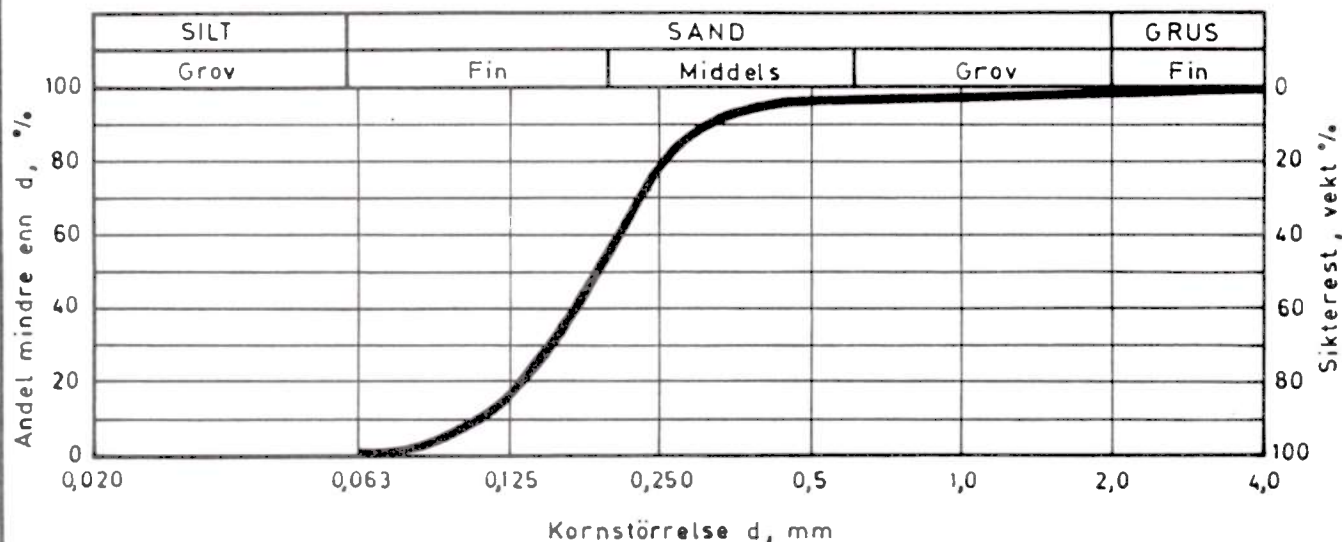
Oppdrag nr.: 80503

Dato: 9/3-81

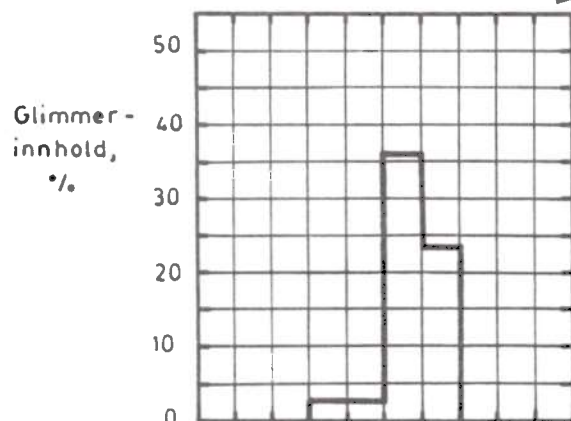
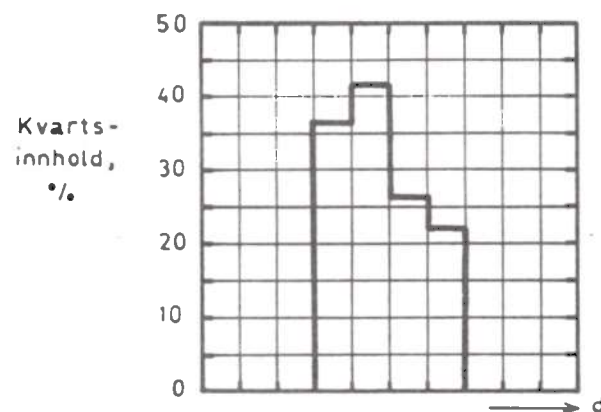
Prøvebetegnelse: G-2

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



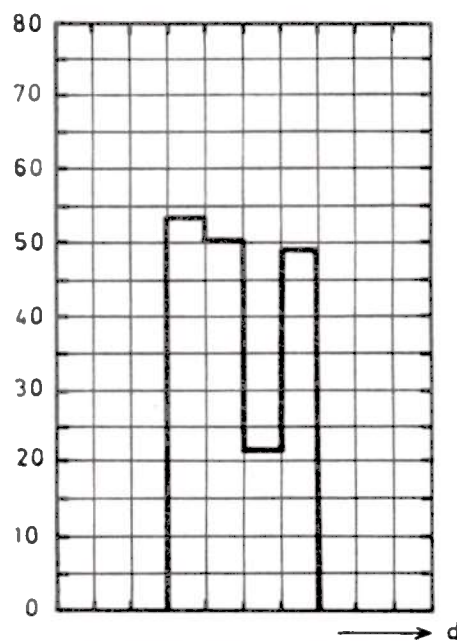
MINERALOGISK ANALYSE:



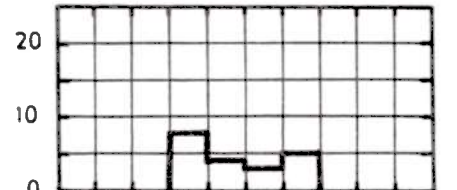
Fraksjon d, mm

< 0,063
0,063 - 0,125
0,125 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 1
1 - 2
2 - 4
> 4

Feltspat-innhold, %



Horn-blende-innhold, %



Fraksjon d, mm

< 0,063
0,063 - 0,125
0,125 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 1
1 - 2
2 - 4
> 4

MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

Gneis og kvarts/feltspat.

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested : *Driva*

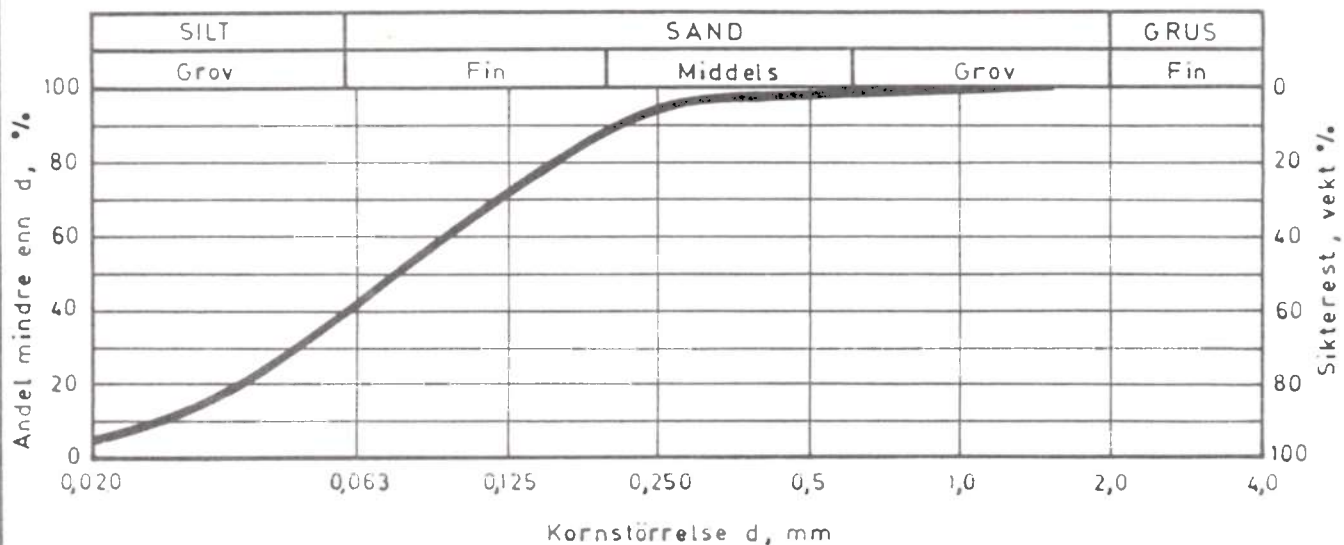
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 1/4-81

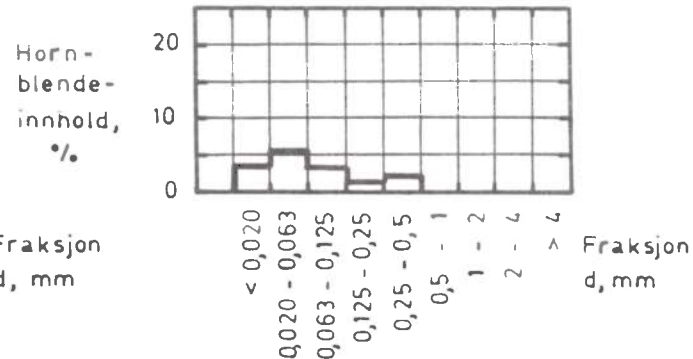
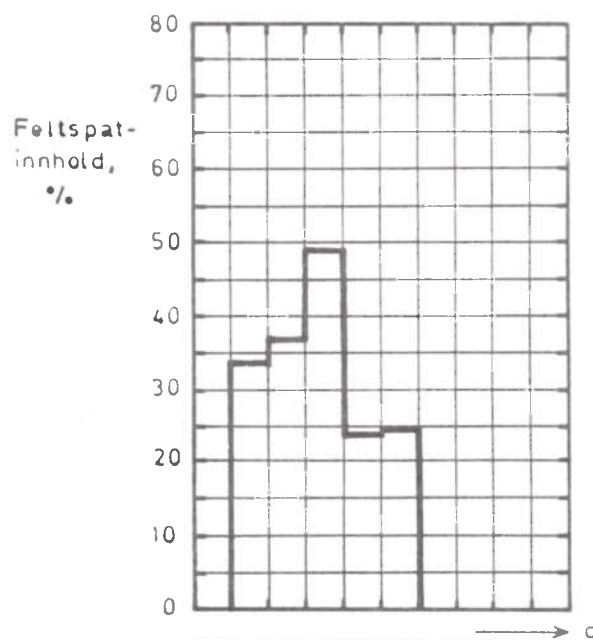
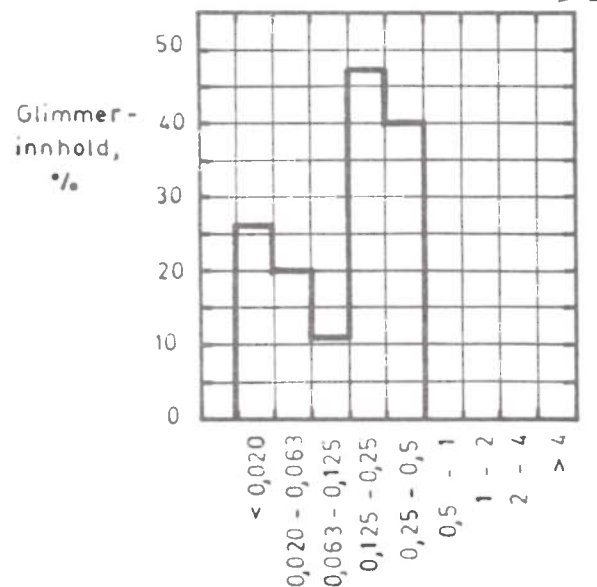
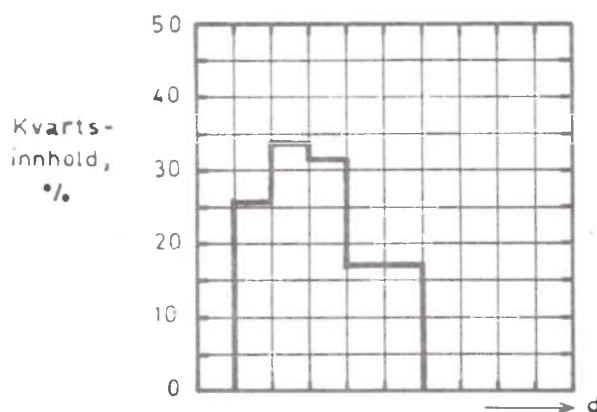
Prøvebetegnelse : G-3

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:
 Forvitret gneis og kvarts/feltspat.

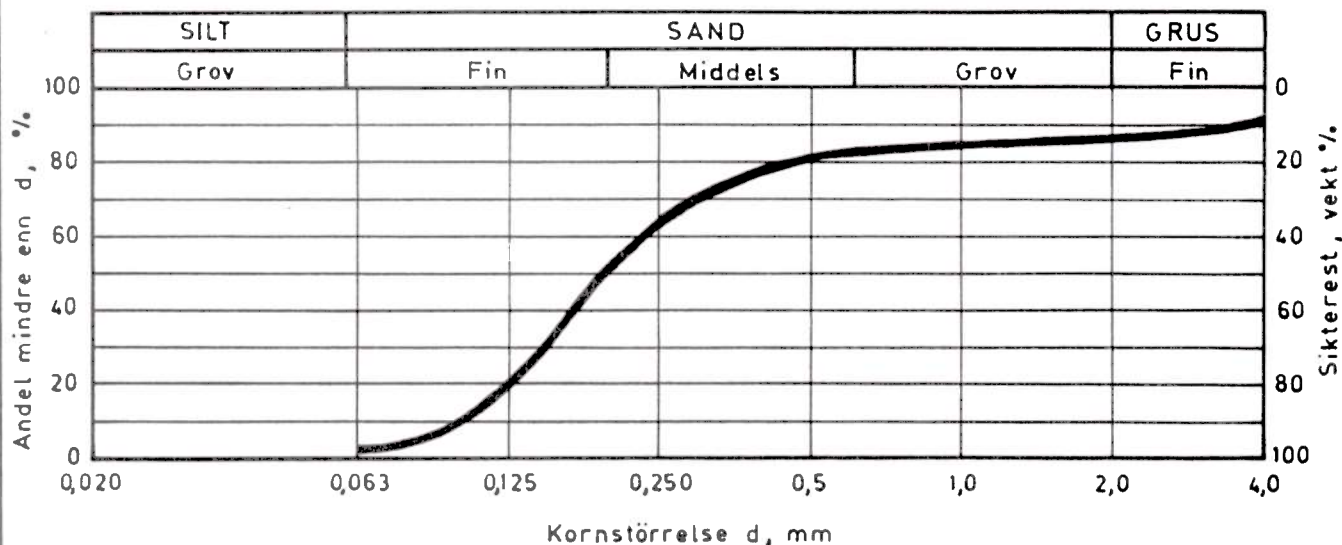
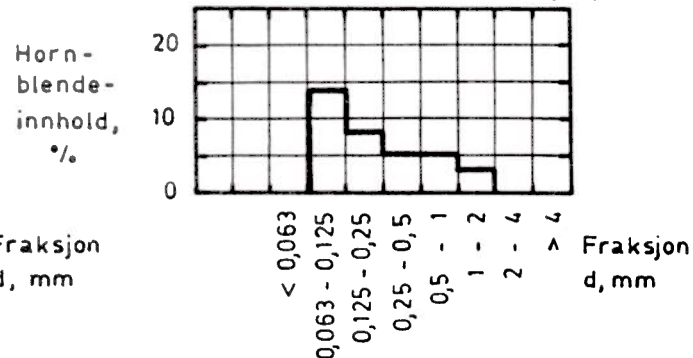
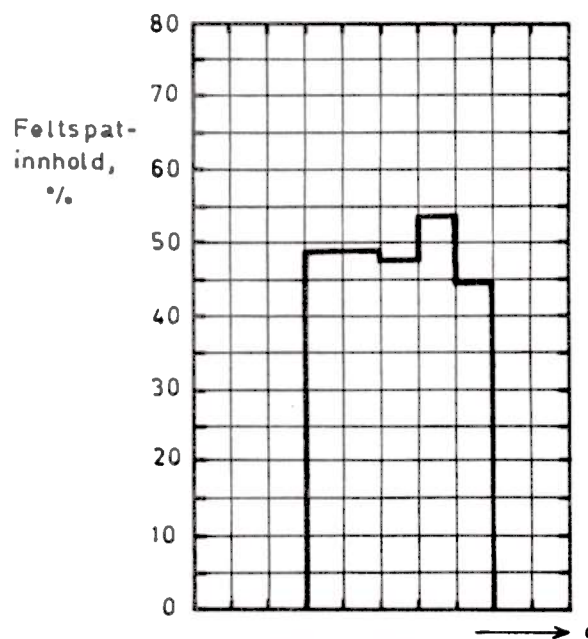
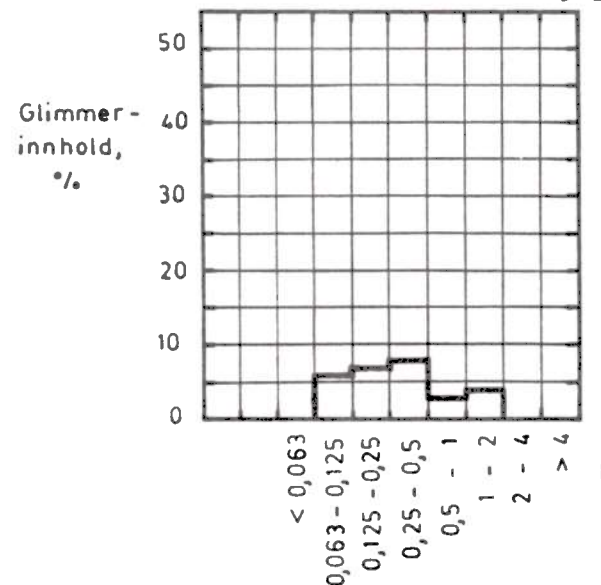
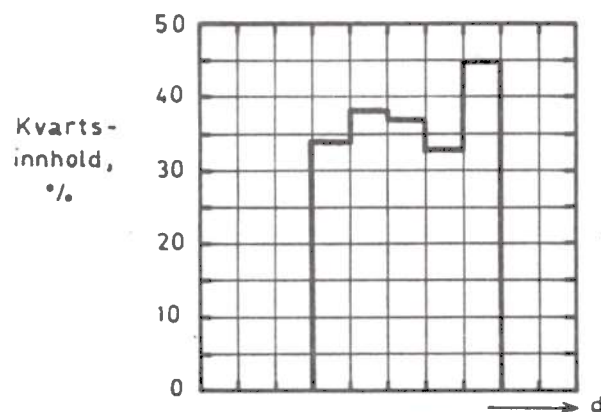
ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATERPrøvested : *Gevilvatnet*

Oppdrag nr. : 80503

Dato : 9/3-81

Prøvebetegnelse : G-4

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVEMINERALOGISK ANALYSE:**MERKNADER:**

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

Gneis og kvarts/feltspat

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: *Driva*

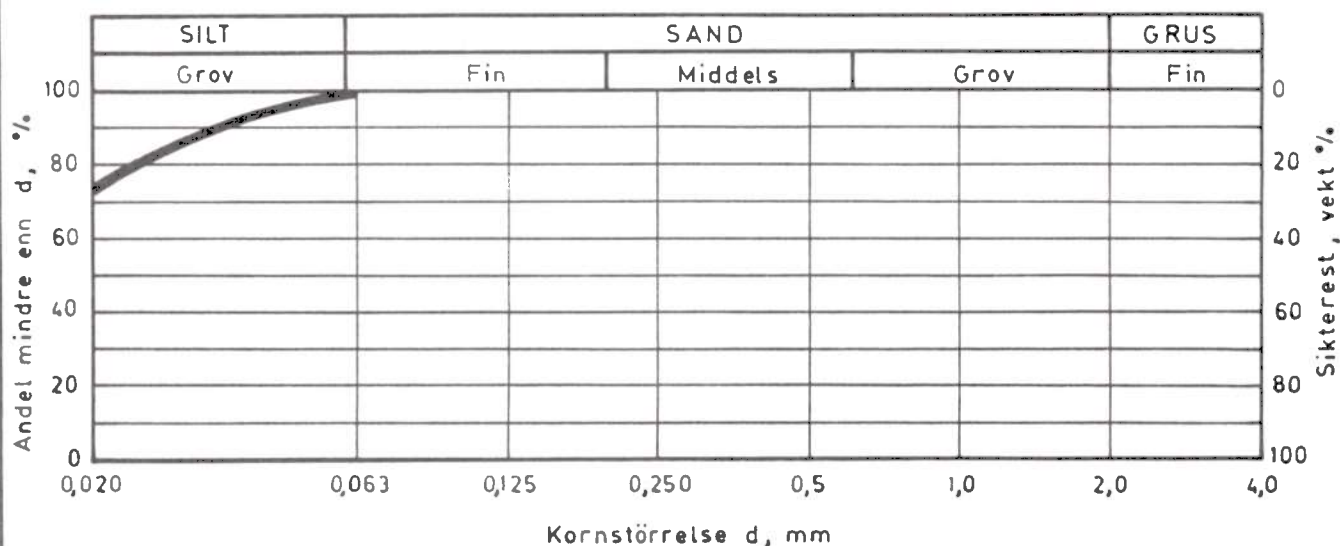
Oppdrag nr.: 80503

Dato: 1/4-81

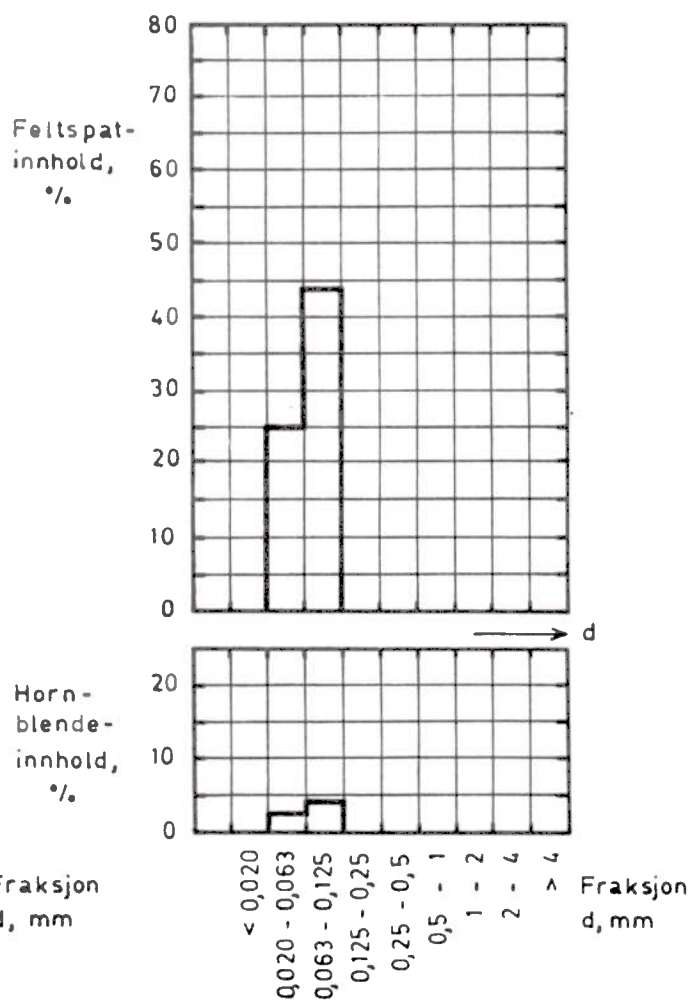
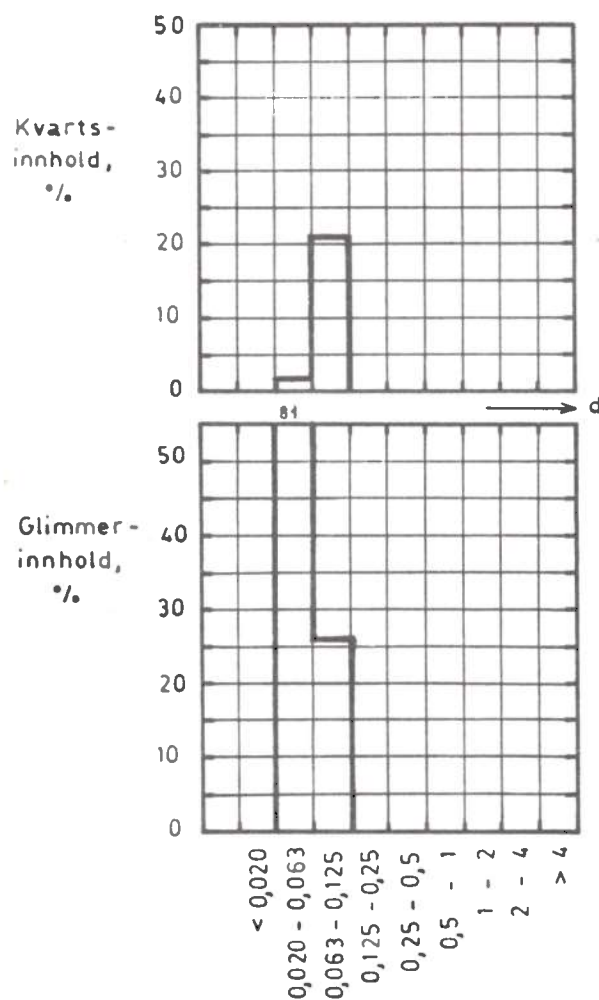
Prøvebetegnelse: G-5

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

20% av prøven er mindre enn 0,002 mm.

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: *Ottadalen*

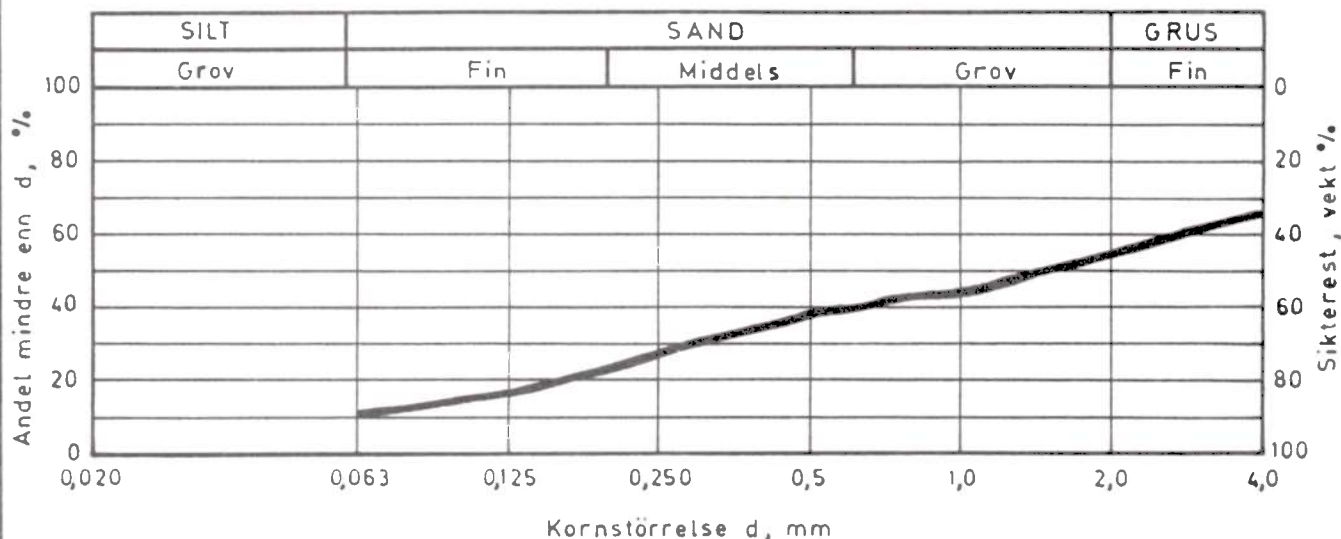
Oppdrag nr.: 80503

Dato: 10/1-81

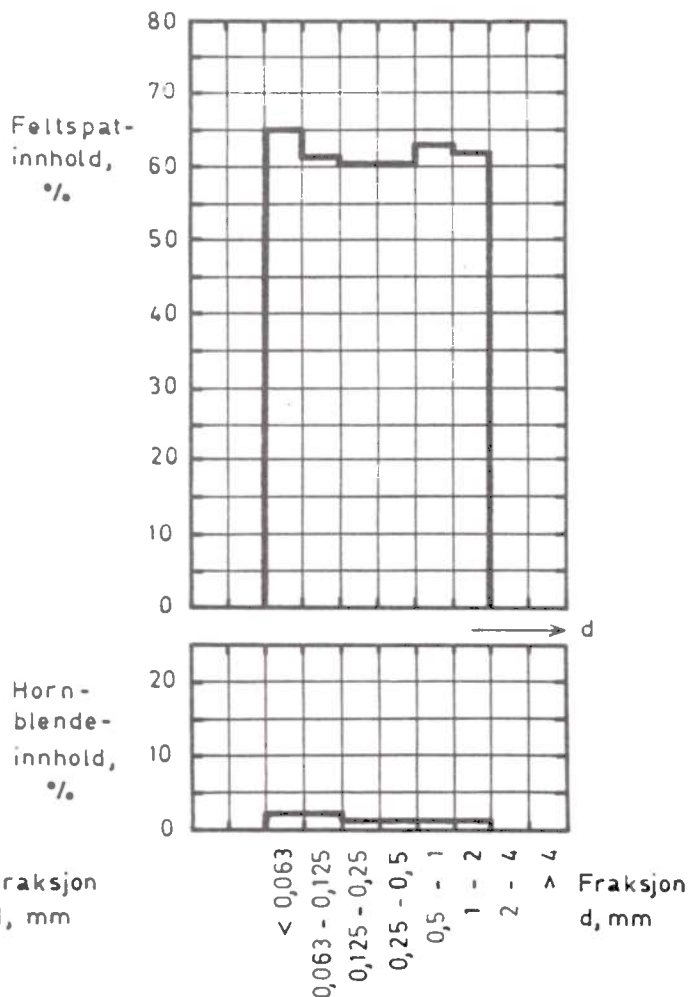
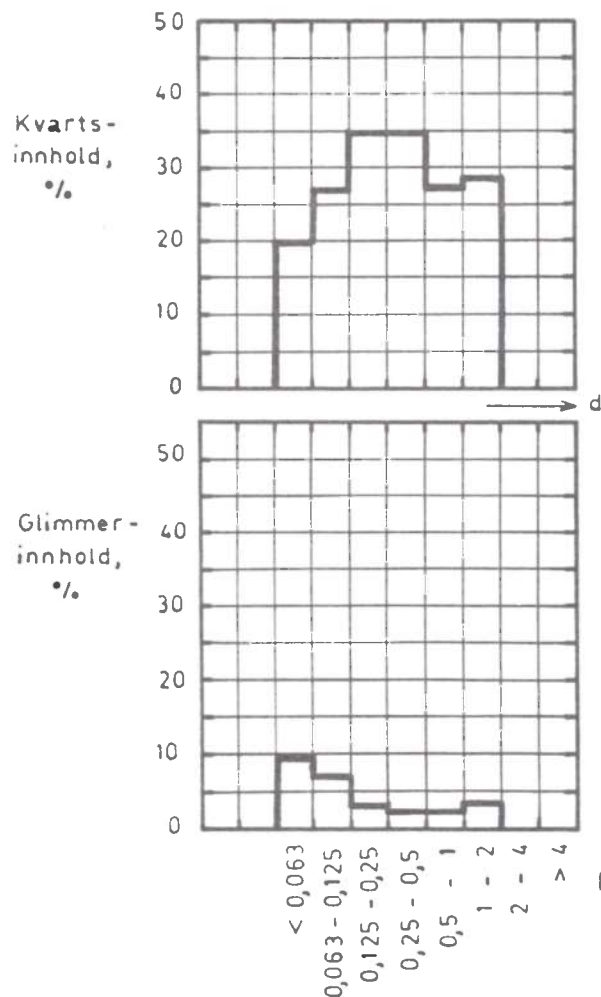
Prøvebetegnelse: *Od-1*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

Gneis og kvarts/feltspat.

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested : Ottdalen

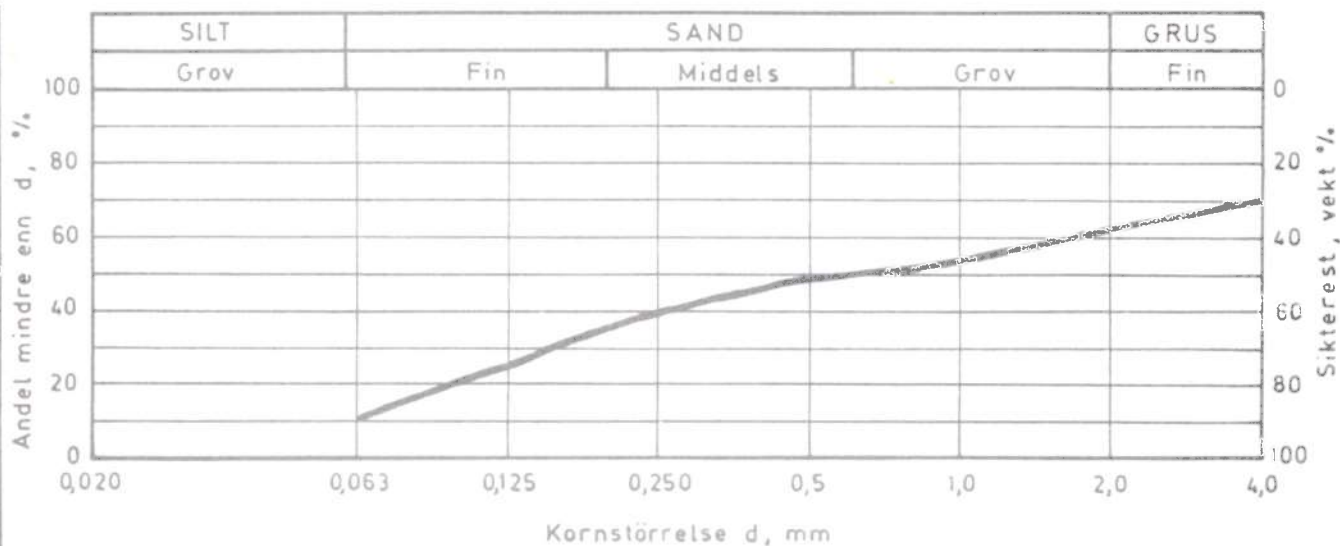
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 10/1-81

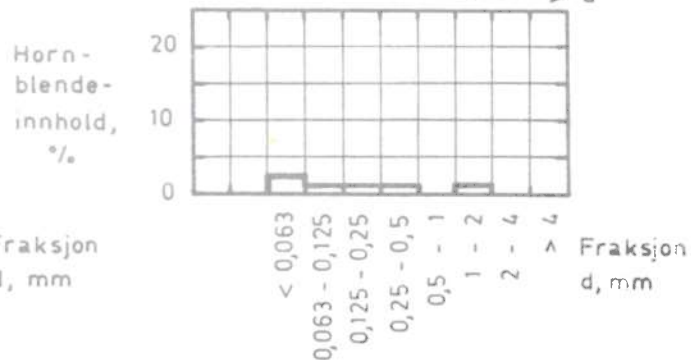
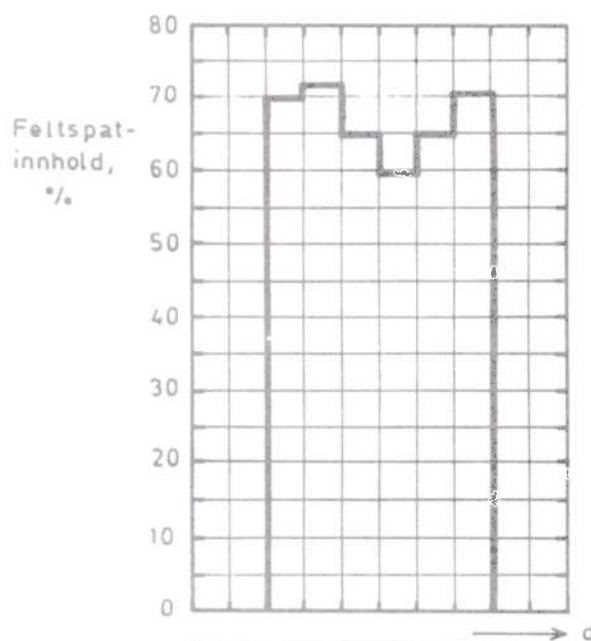
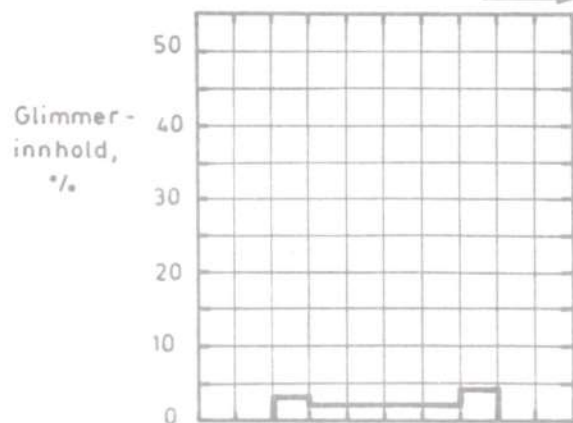
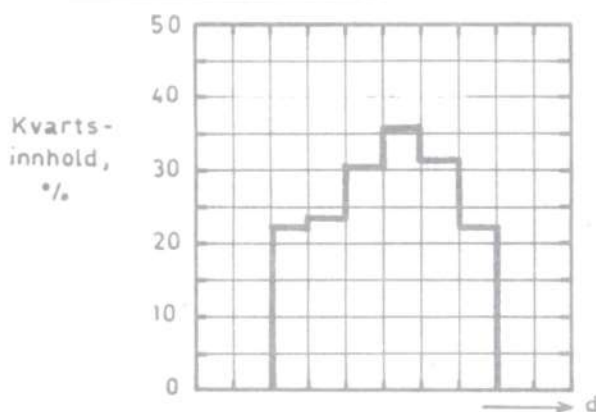
Prøvebetegnelse : Od-2

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:
Gneis og kvarts/feltspat.

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: *Ottadalen*

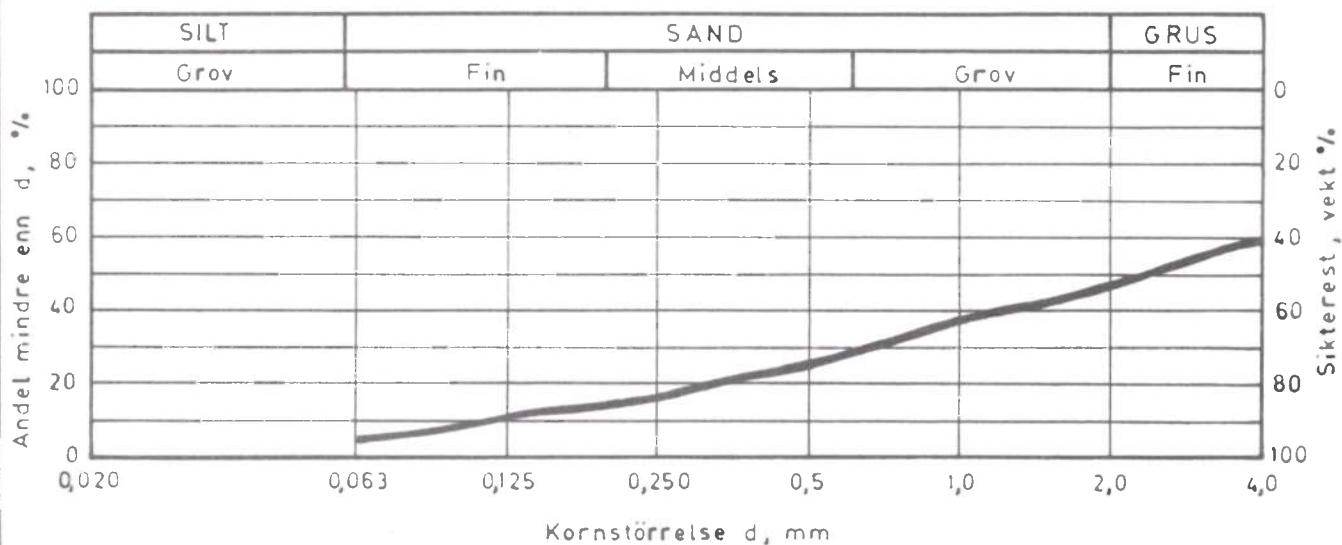
Oppdrag nr. : 80503

Dato: 10/1-81

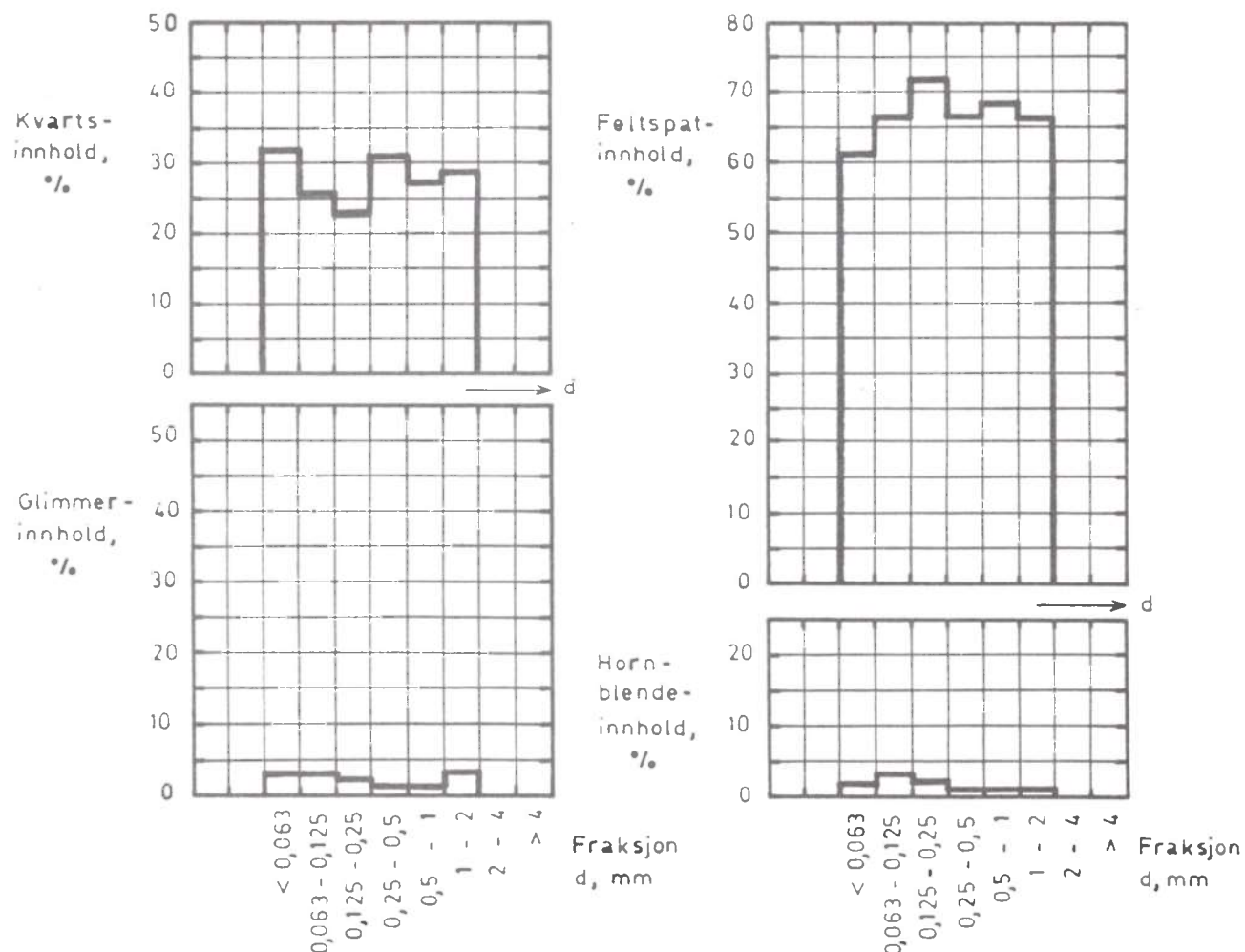
Prøvebetegnelse: *Od-3*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: *Gneis og kvarts/feltspat*

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested : *Ottadalen*

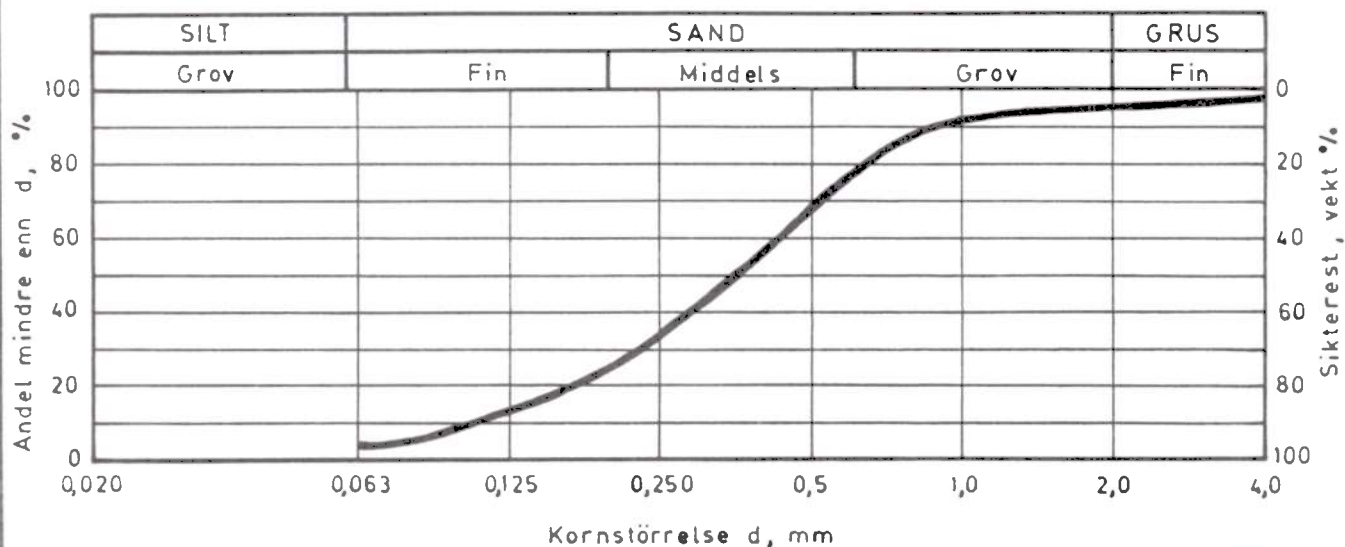
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 10/1-81

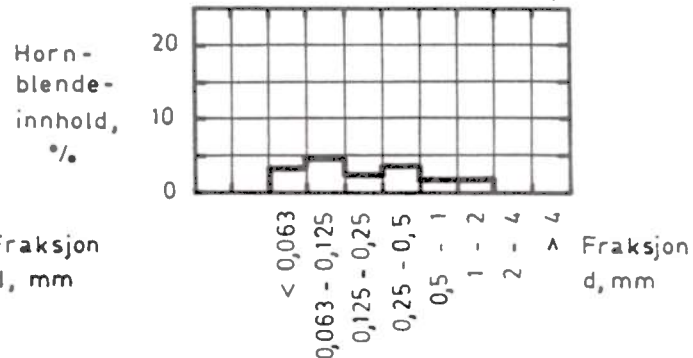
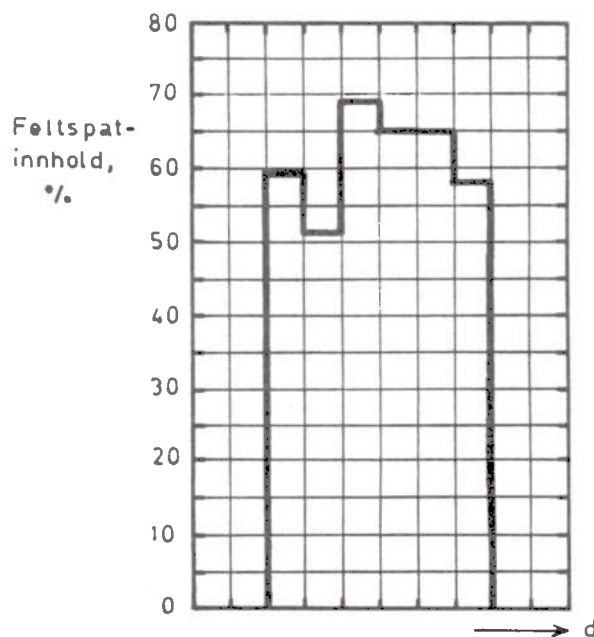
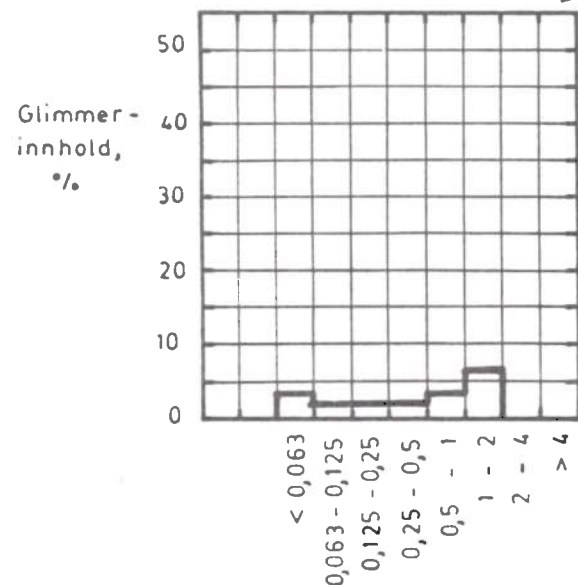
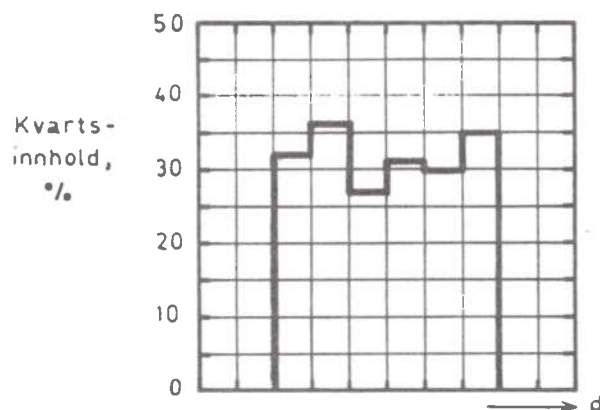
Prøvebetegnelse : *Od-6*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: *Gneis* og kvarts/feltspat

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested : *Ottadalen*

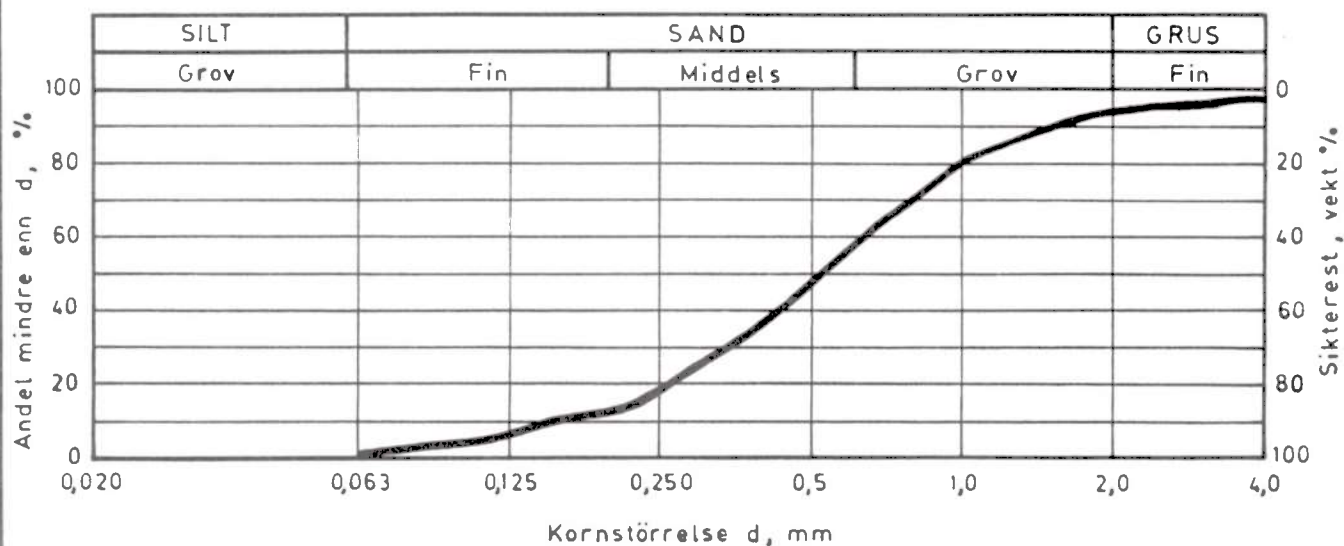
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 10/1-81

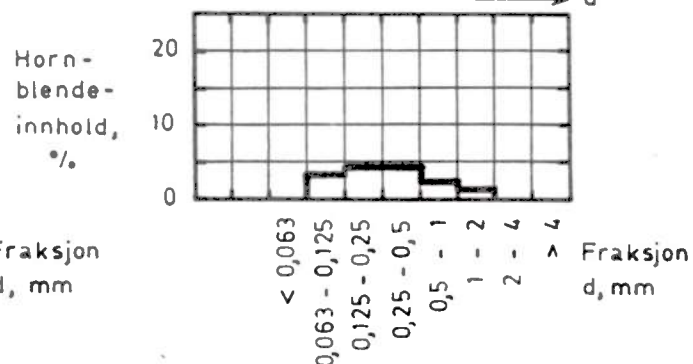
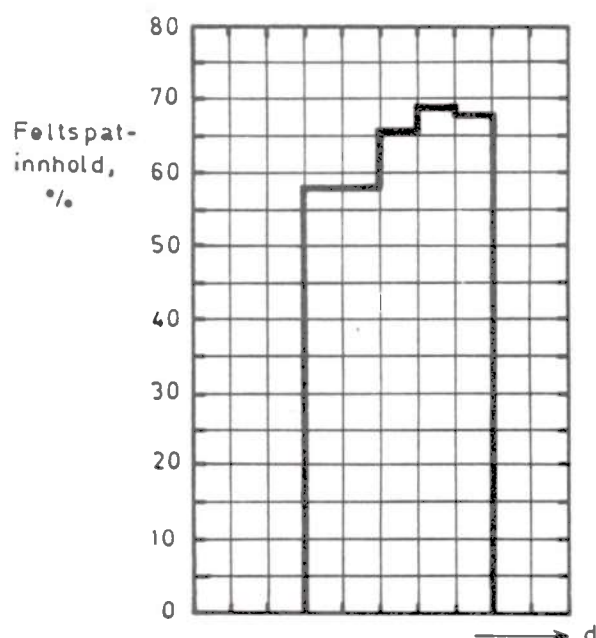
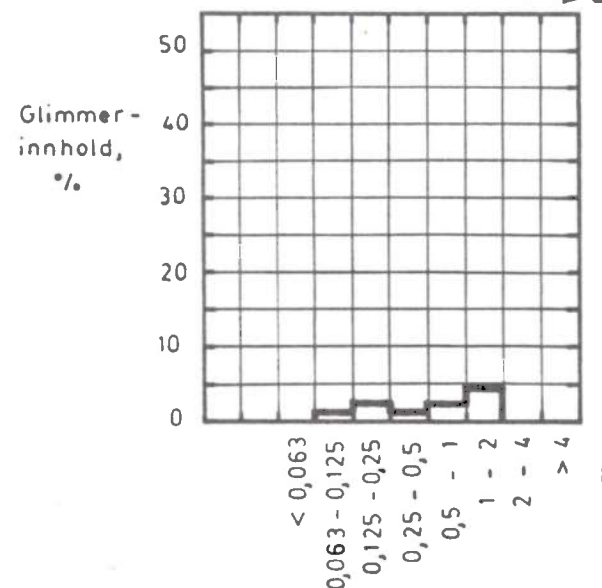
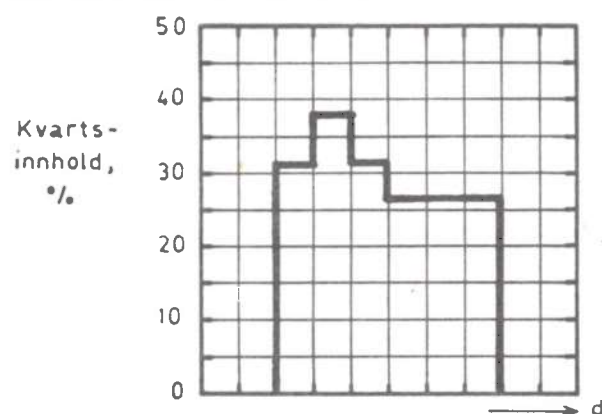
Prøvebetegnelse : 0d-7

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: Gneis og kvarts/feltspat

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested : *Ottodalen*

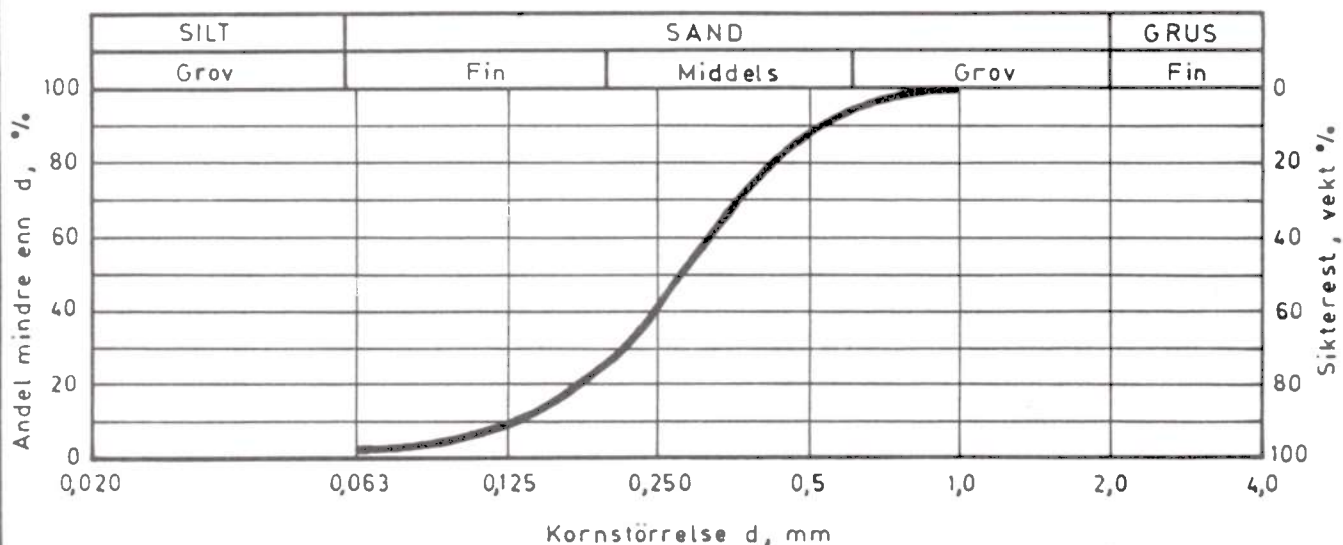
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 10/1-81

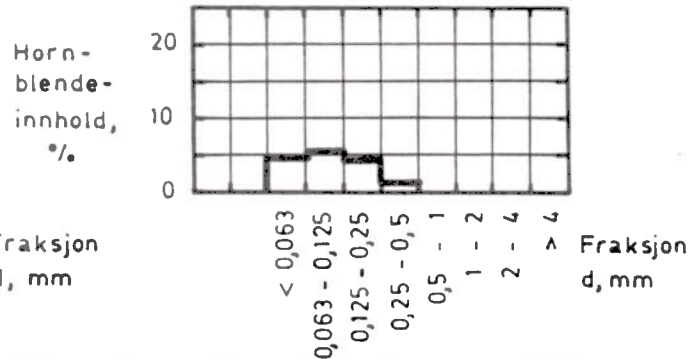
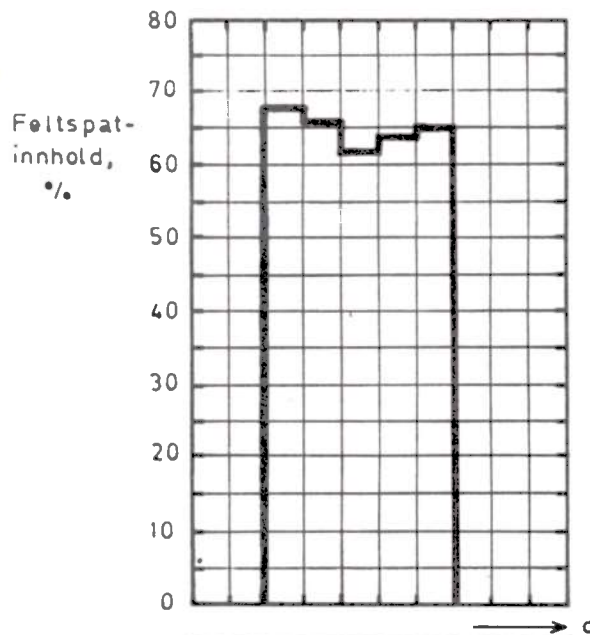
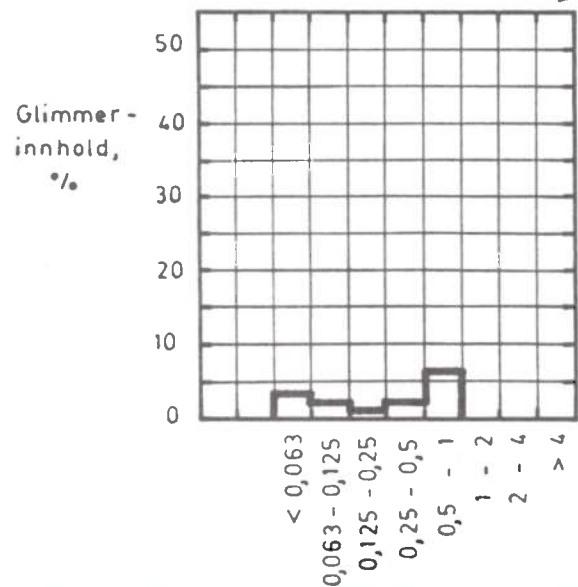
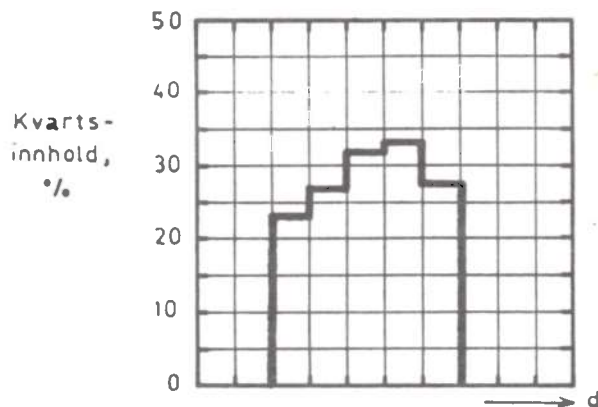
Prøvebetegnelse : *Od-8*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

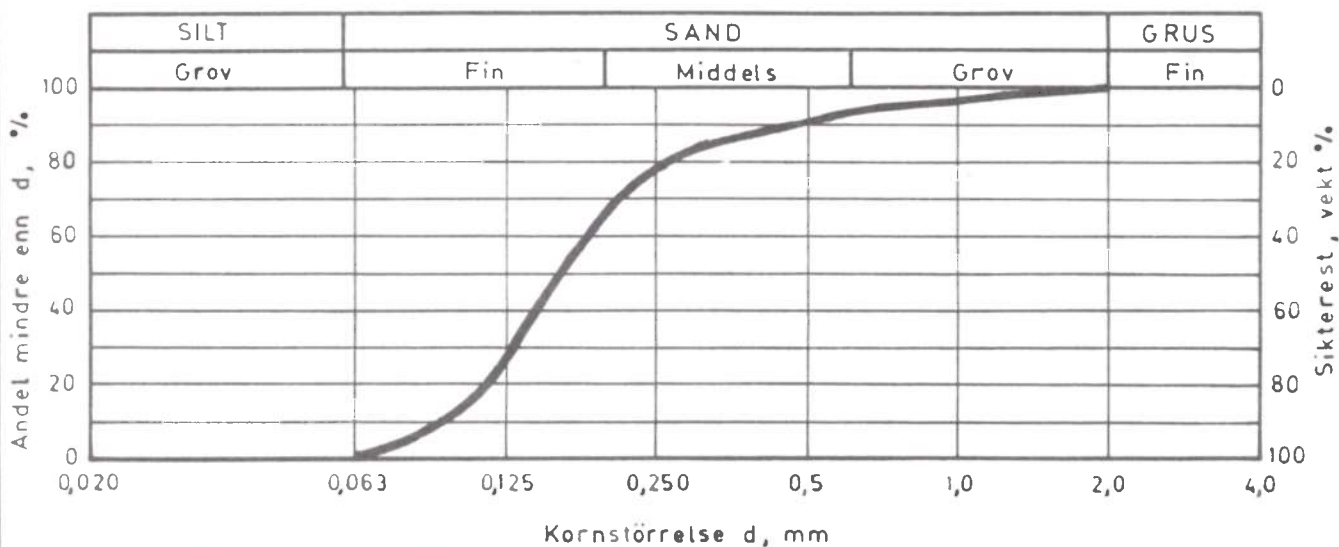
I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

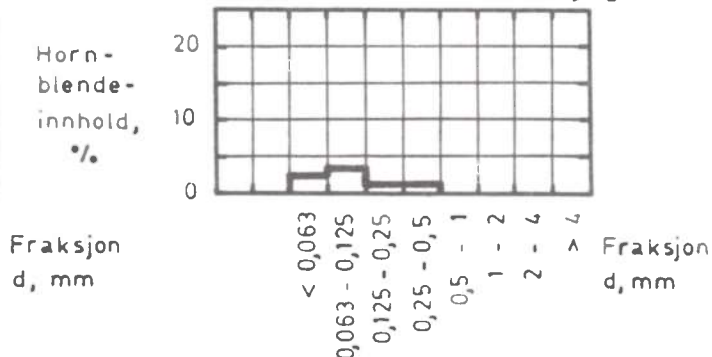
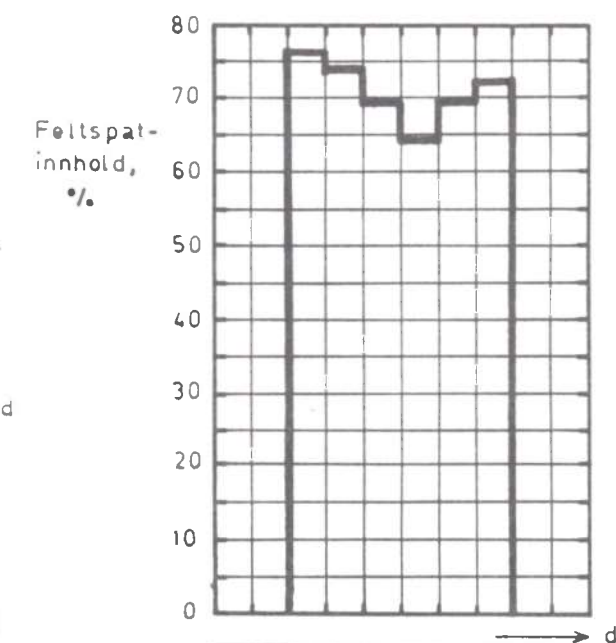
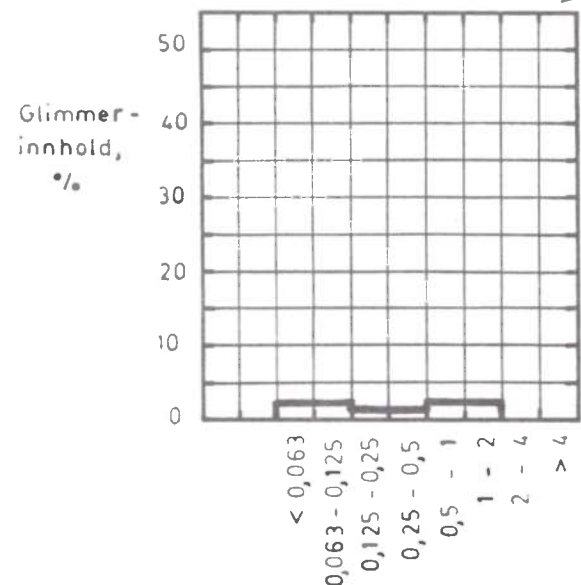
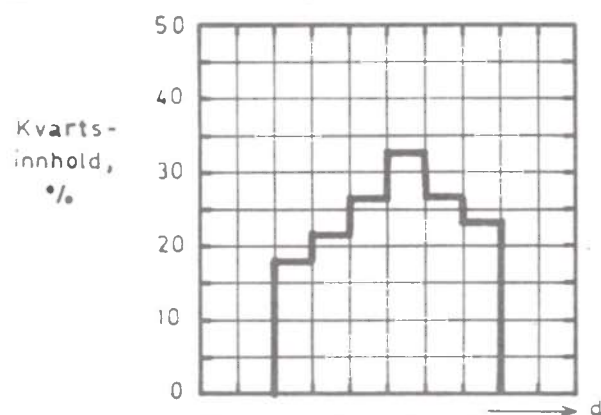
Prøvested : *Ottadalen*Oppdrag nr. : *80503*Dato : *10/1-81*Prøvebetegnelse : *Od-9*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

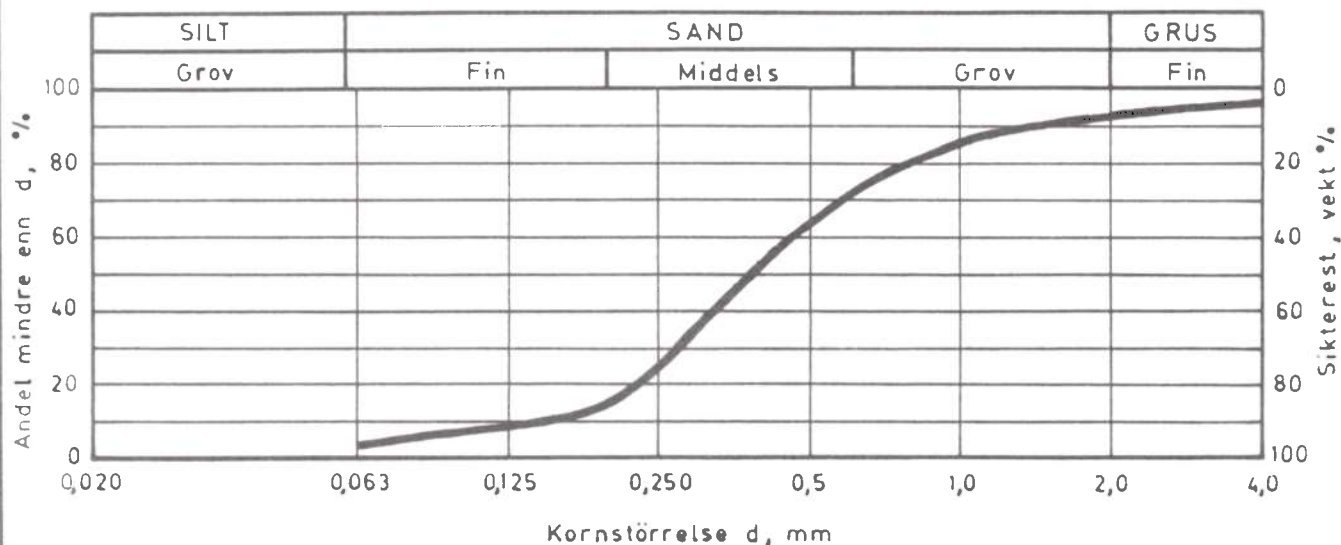
I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: *Gneis og kvarts/feltspat*

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

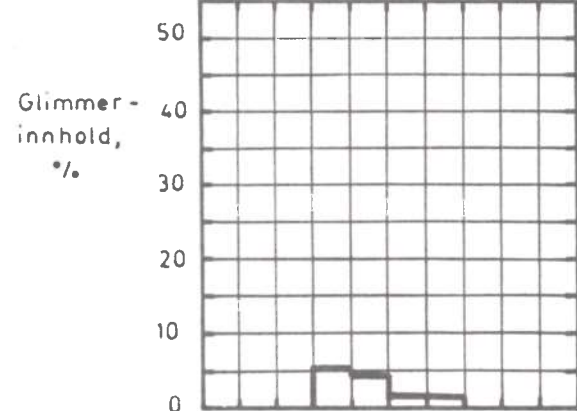
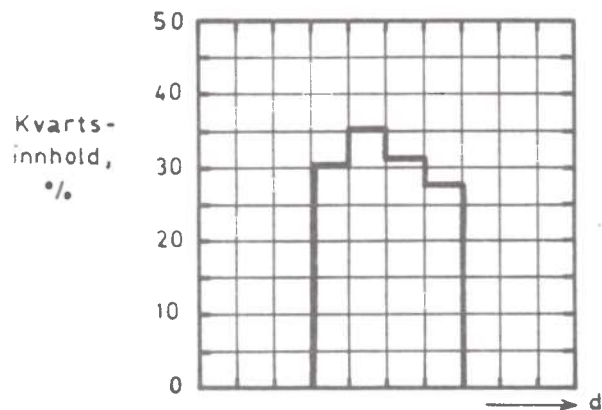
Prøvested: *Ottadalen*Oppdrag nr.: *80503*Dato: *10/1-81*Prøvebetegnelse: *Od-10*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE

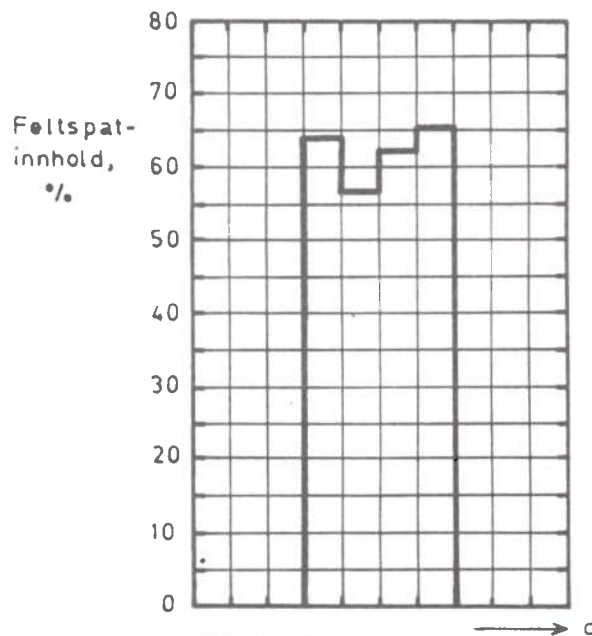


MINERALOGISK ANALYSE:

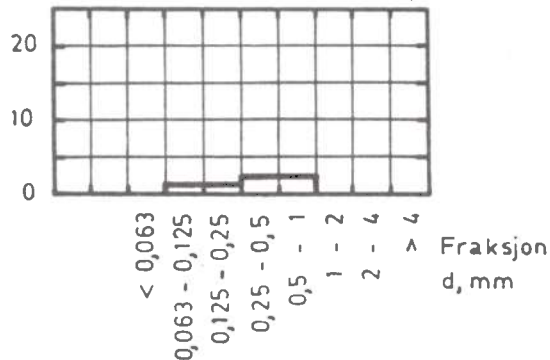


Fraksjon
d, mm

< 0,063
0,063 - 0,125
0,125 - 0,25
0,25 - 0,5
0,5 - 1
1 - 2
2 - 4
> 4



Horn-
blende-
innhold,
%



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: Gneis og kvarts/feltspat

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested : *Ottalen*

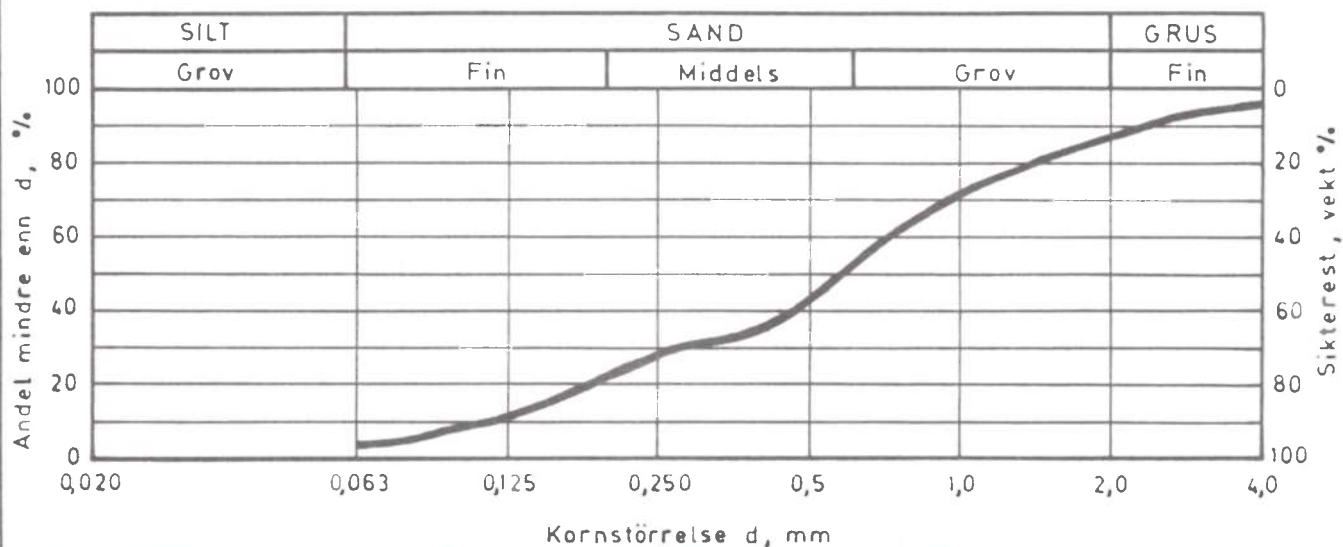
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 10/1-81

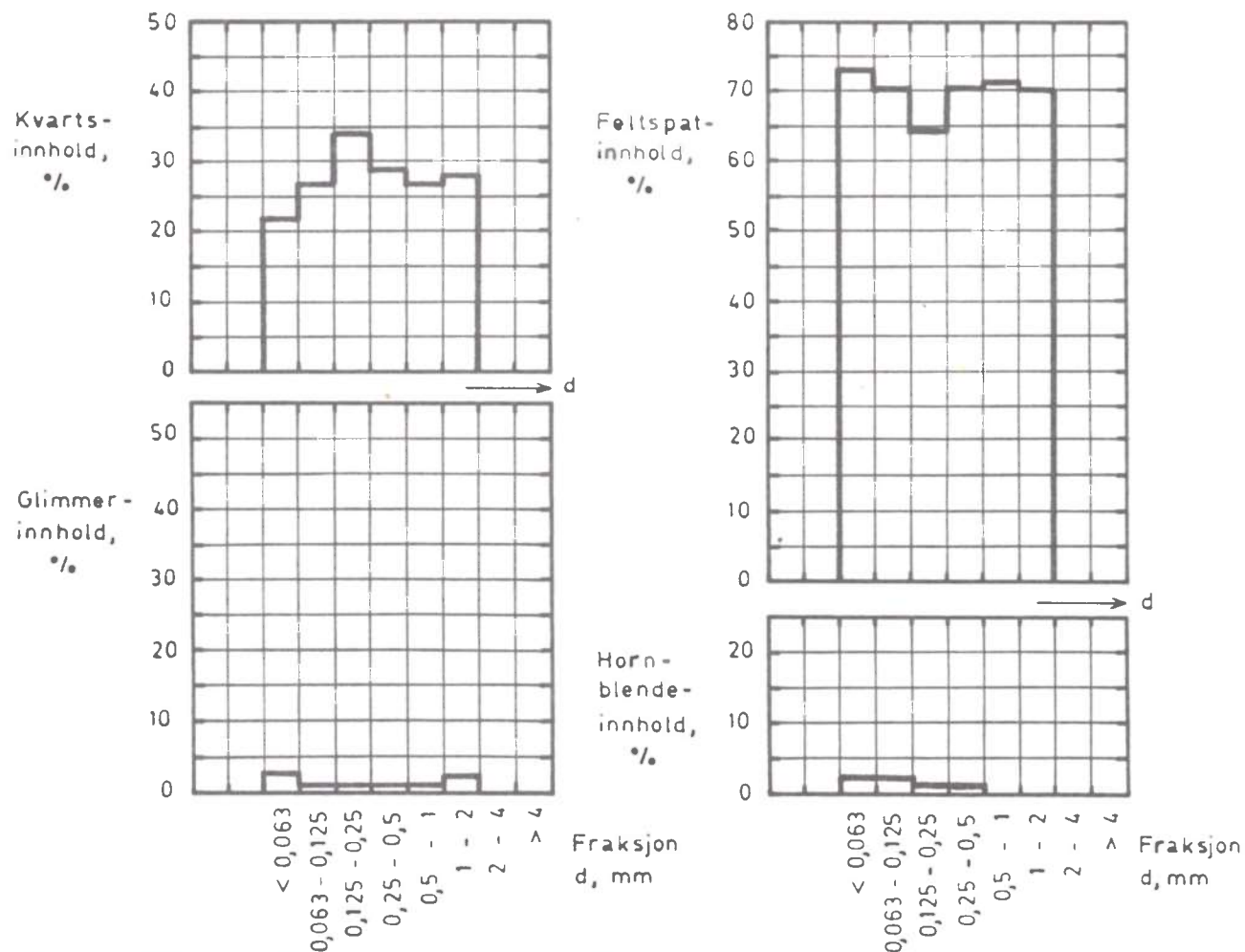
Prøvebetegnelse : *Od-11*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: *Gneis og kvarts/feltspat*

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: *Ottadalen, moreneskråning*

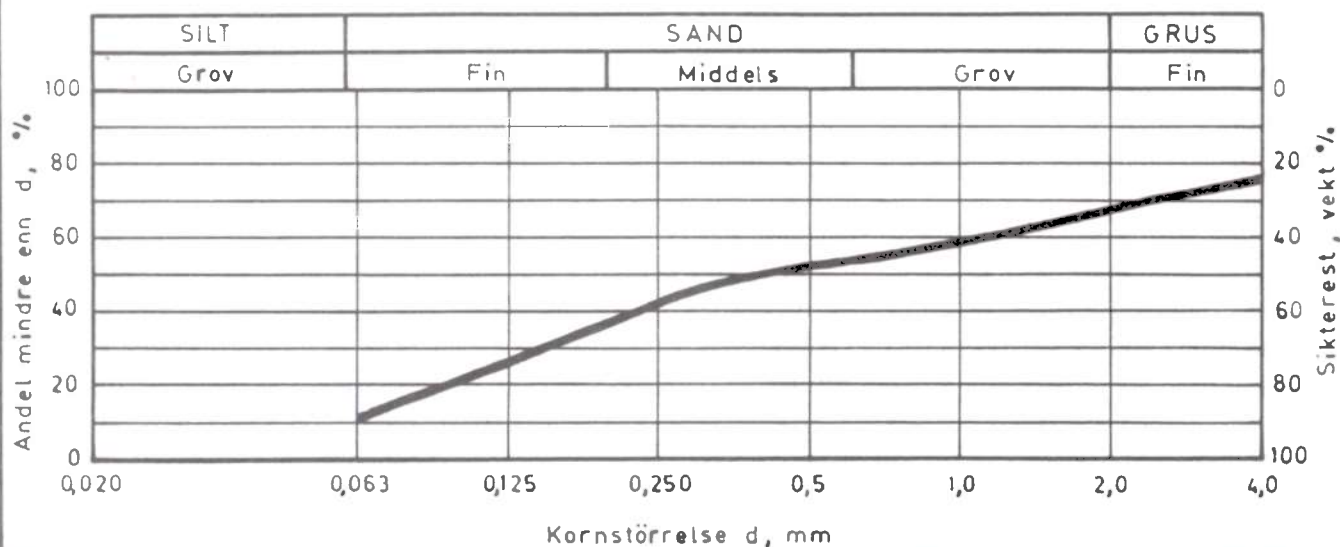
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 9/3-81

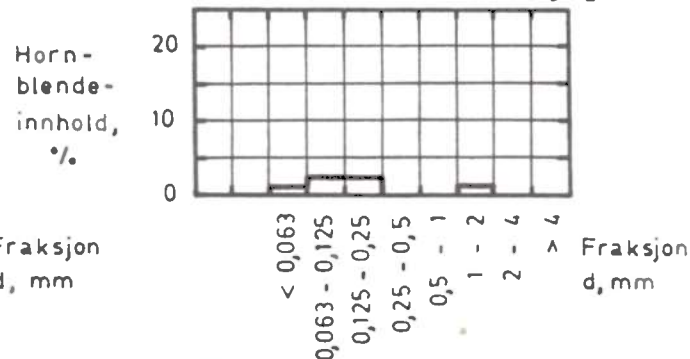
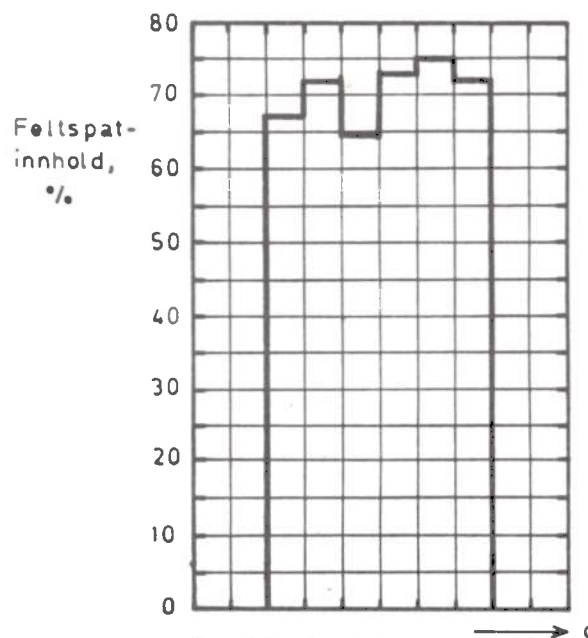
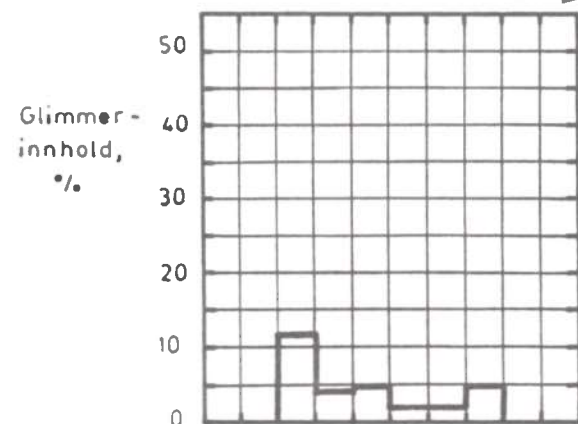
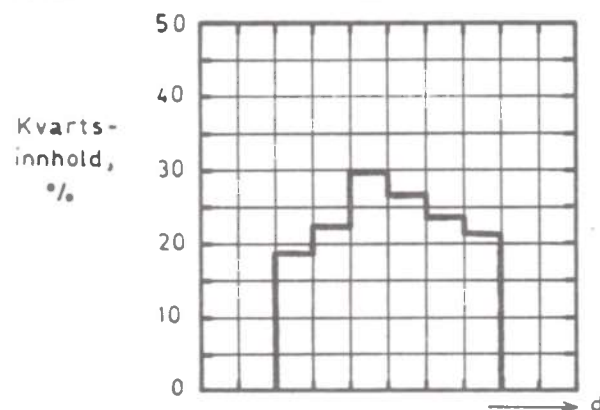
Prøvebetegnelse : OMS-1

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

Gneis og kvarts/feltspat

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: Ottdalen, moreneskråning

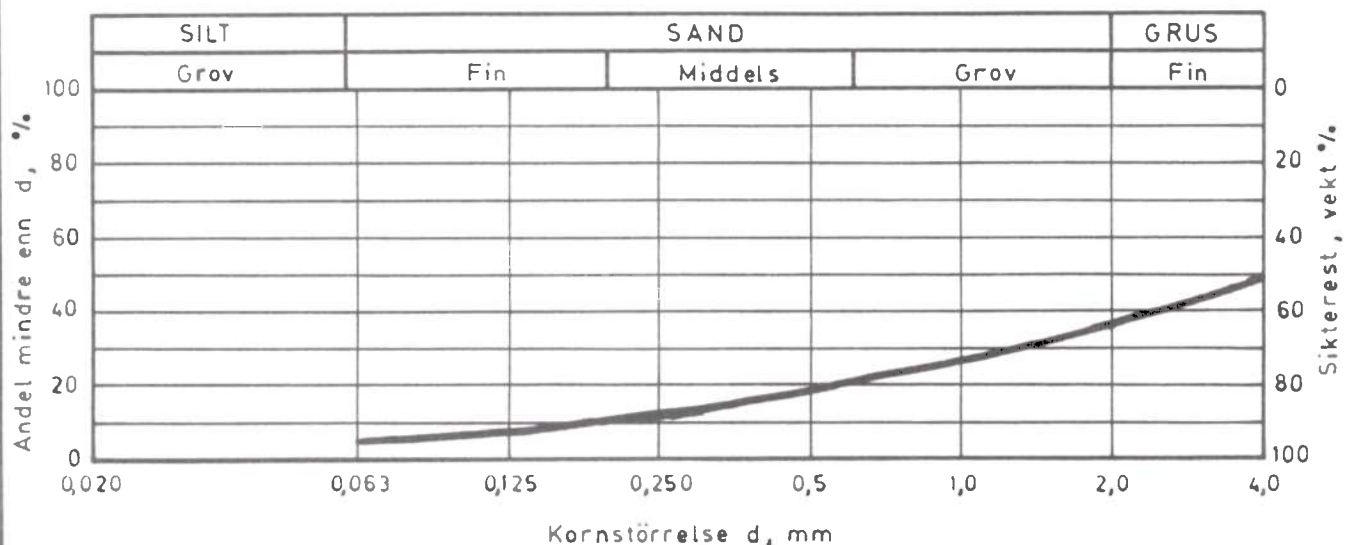
Oppdrag nr.: 80503

Dato: 9/3-81

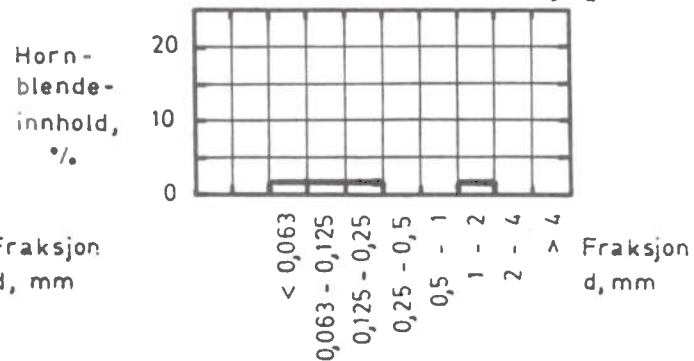
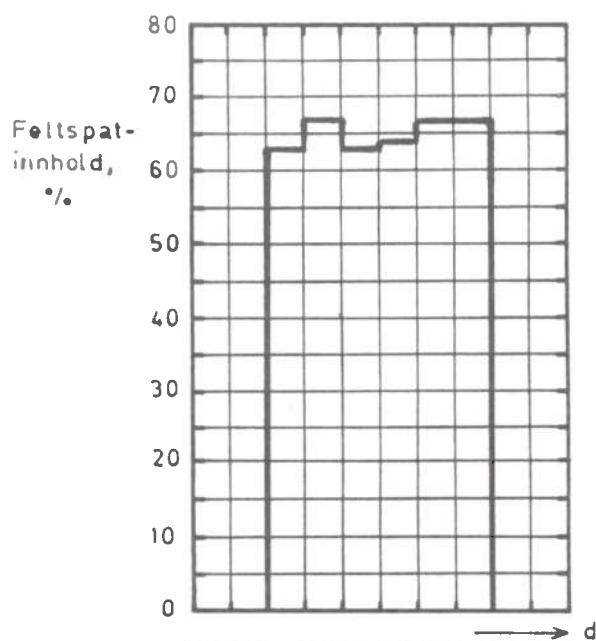
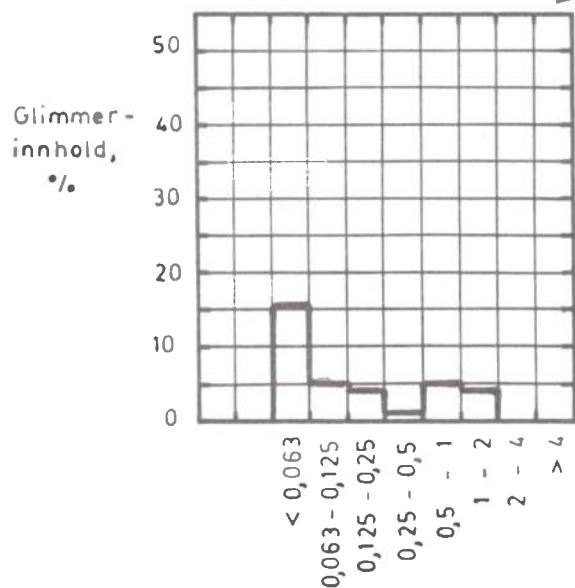
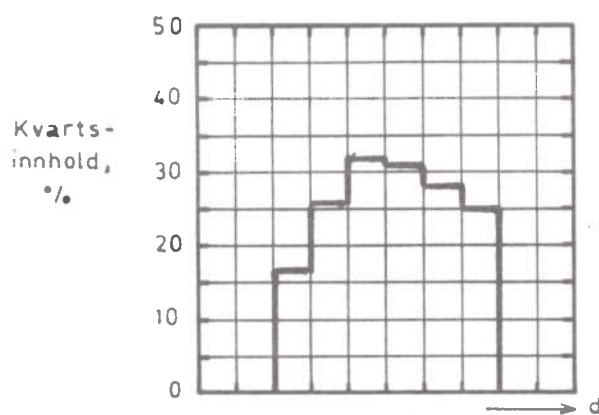
Prøvebetegnelse: OMS-2

Utført av:

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

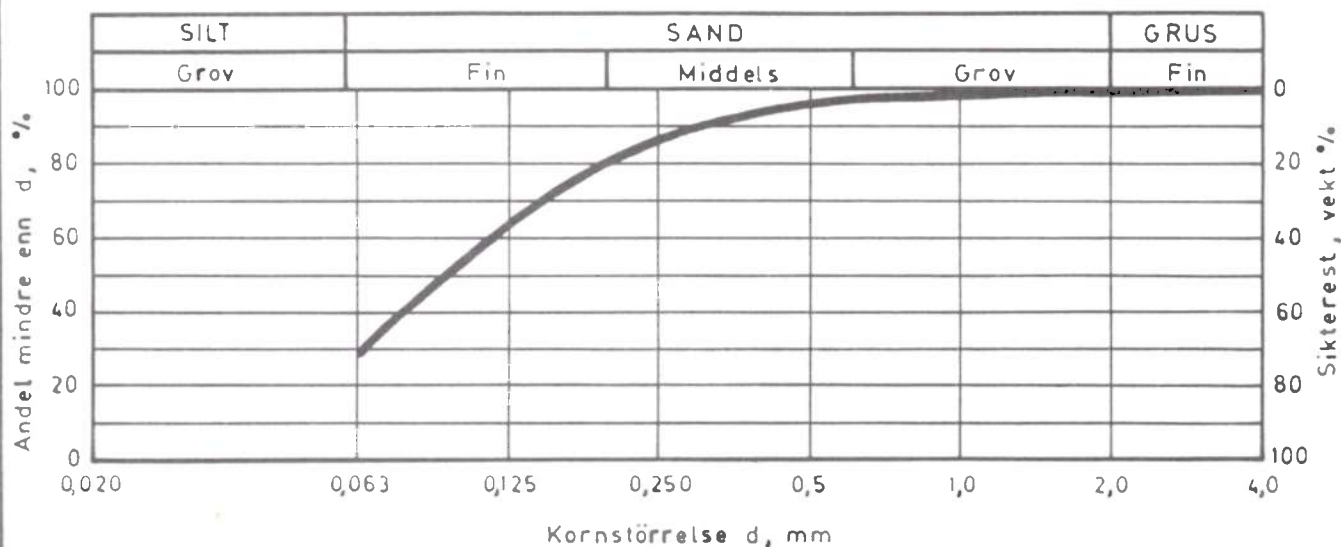
Gneis og kvarts/feltspat.

ANALYSER AV SANDPRØVE, RESULTATER

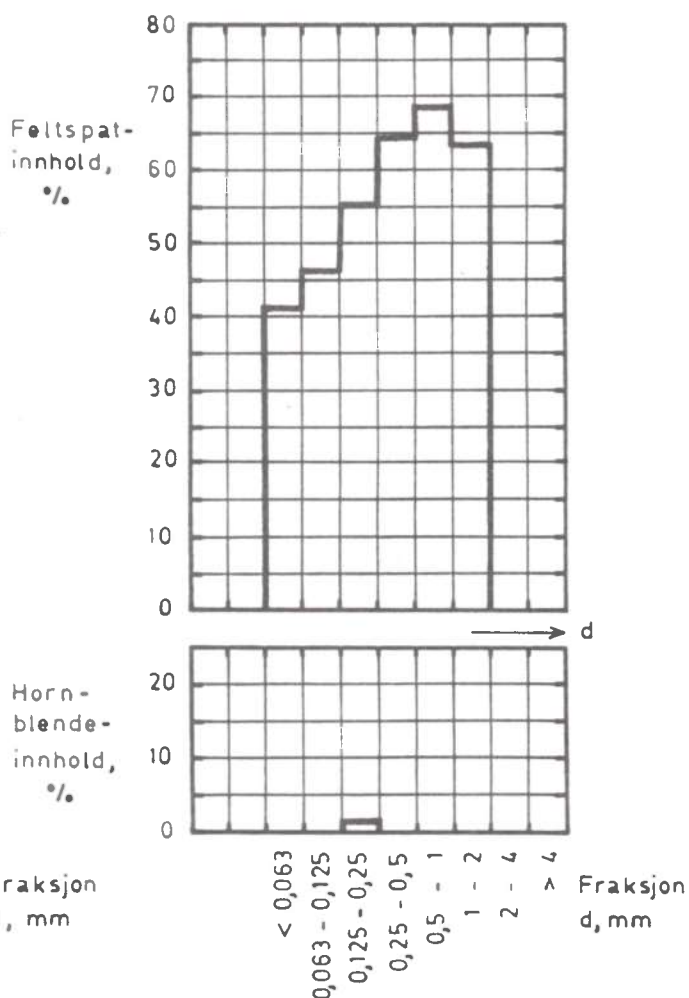
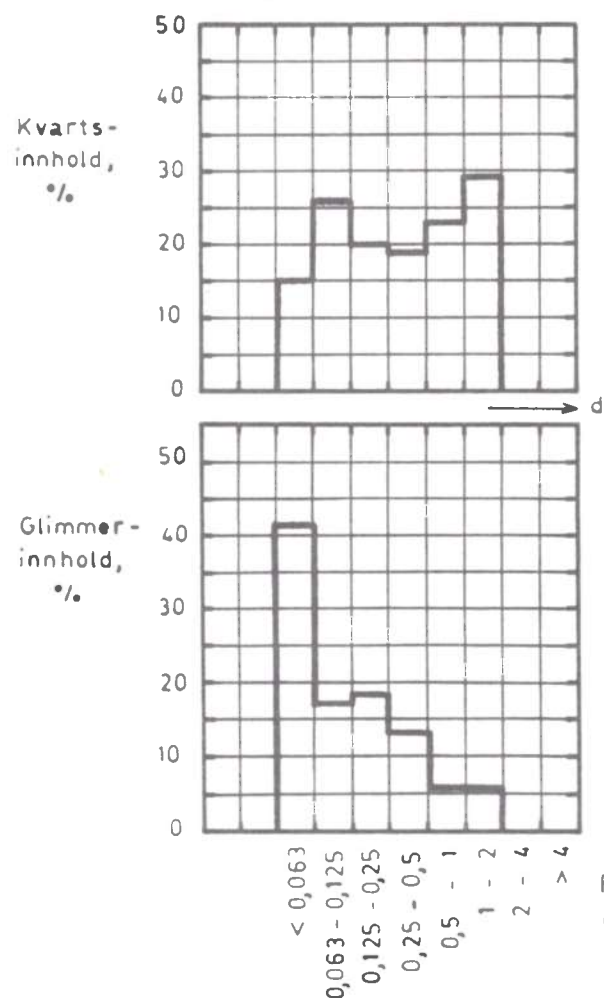
Prøvested: *Otttdalen, moreneskråning*Oppdrag nr.: *80503*Dato: *9/3-81*Prøvebetegnelse: *OMS-3*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

Kvarts/feltspat, noe forvitret gneis og forvitret fyllitt.

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: *Ottadalen, moreneskråning*

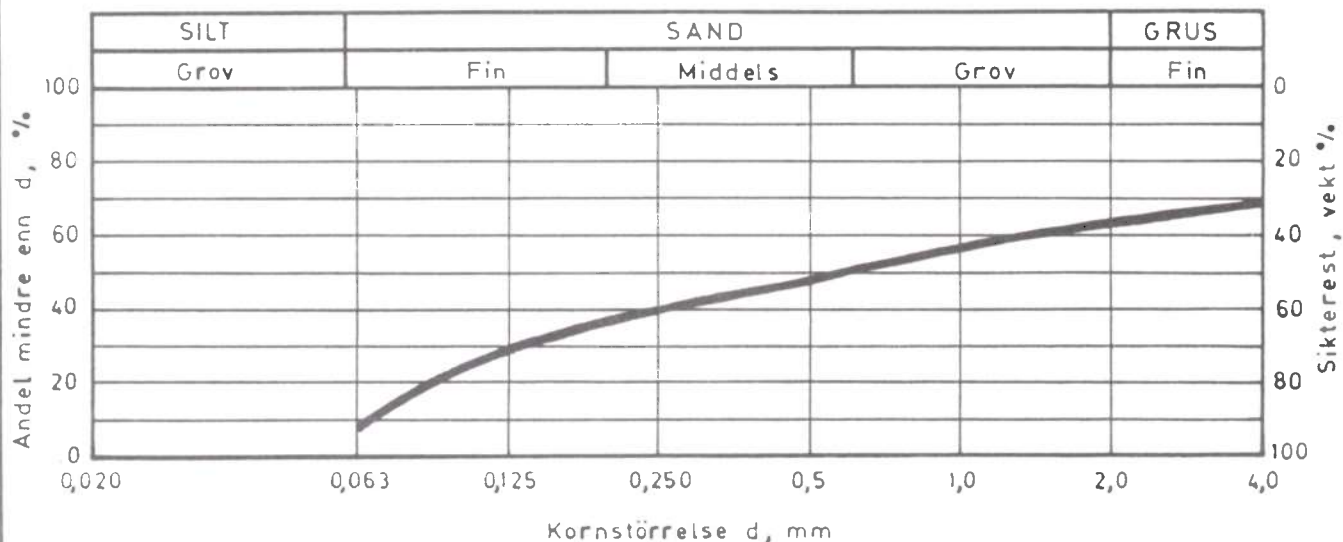
Oppdrag nr.: 80503

Dato: 9/3-81

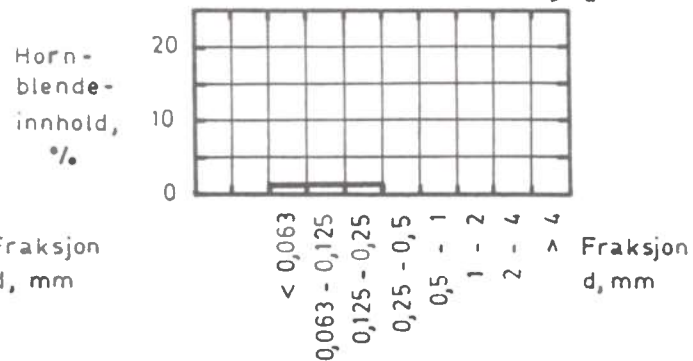
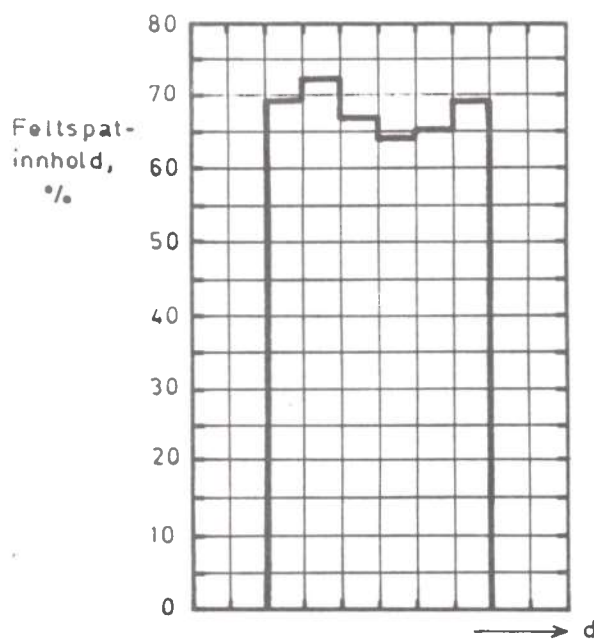
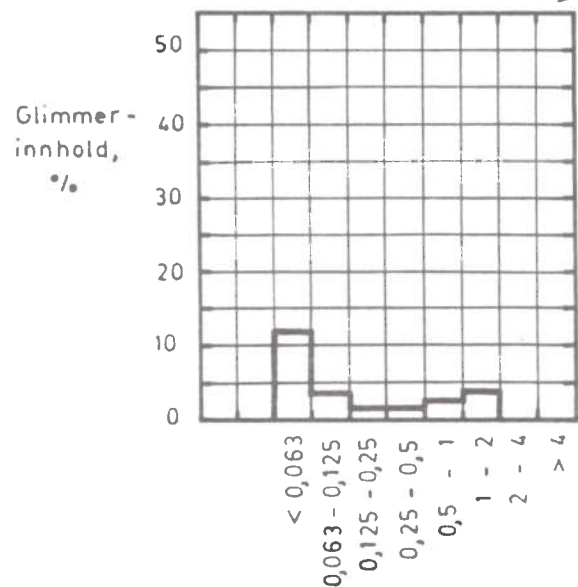
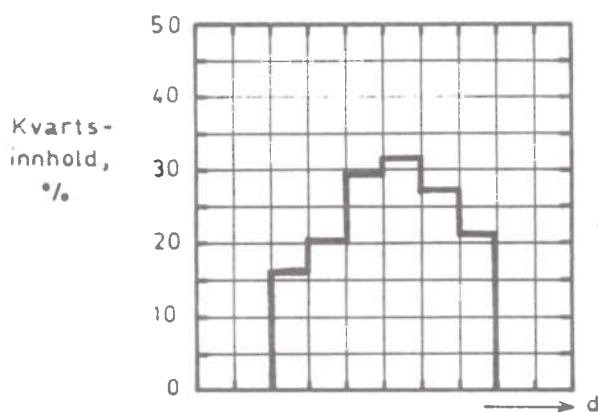
Prøvebetegnelse: *OMS-4*

Utført av:

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

Gneis og kvarts/feltspat.

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: *Ottadalen, moreneskråning*

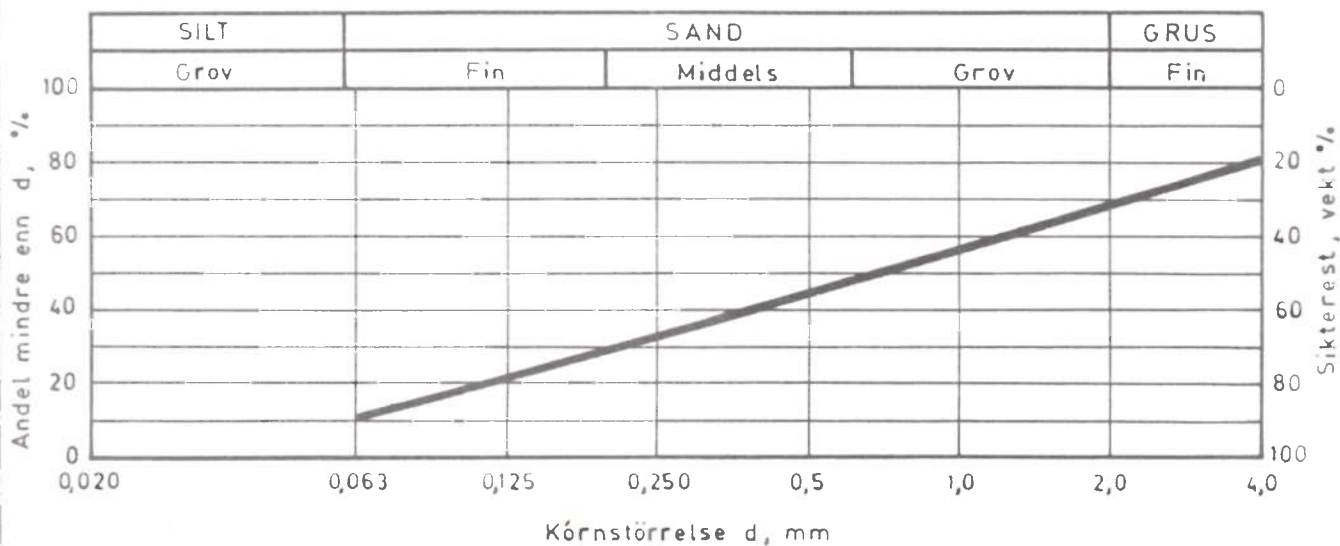
Oppdrag nr.: 80503

Dato: 9/3-81

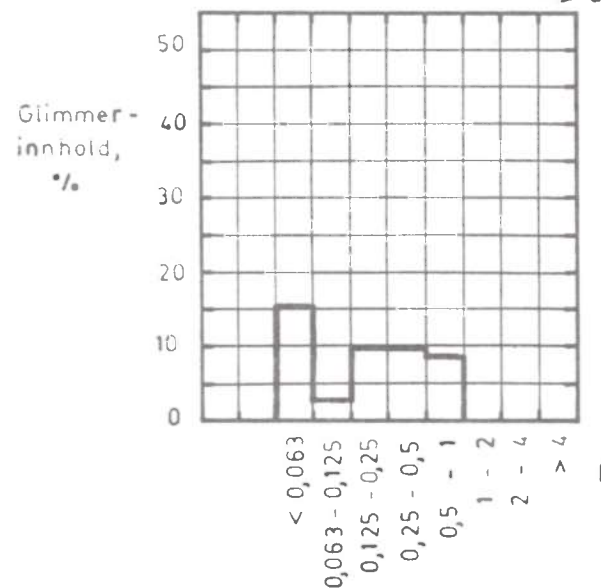
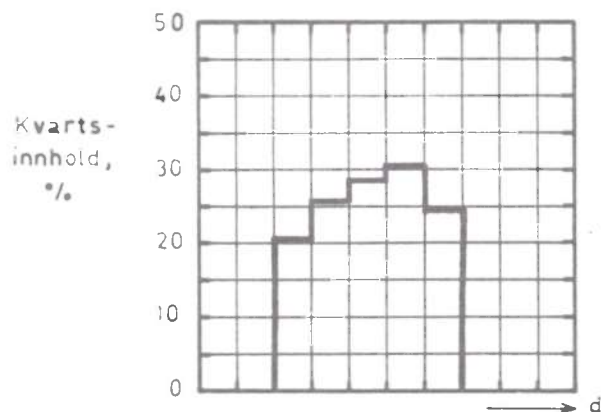
Prøvebetegnelse: OMS-5

Utført av:

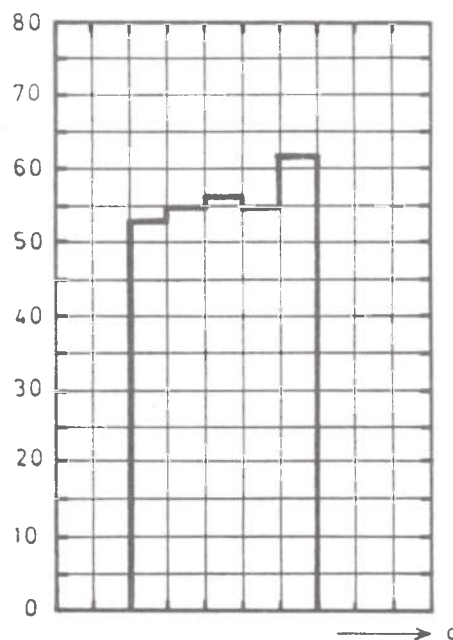
KORNFORDELINGSKURVE



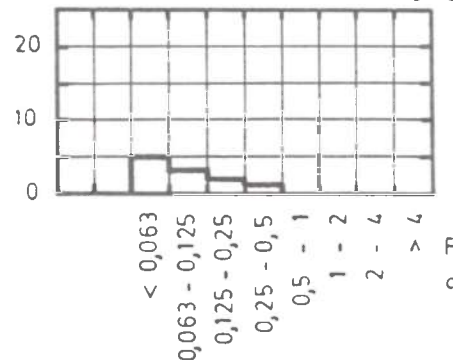
MINERALOGISK ANALYSE:



Feltspat-innhold, %



Hornblende-innhold, %

Fraksjon
d, mmFraksjon
d, mm

MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

Gneis og kvarts/feltspat.

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested : *Driva, kjølevannsbasseng*

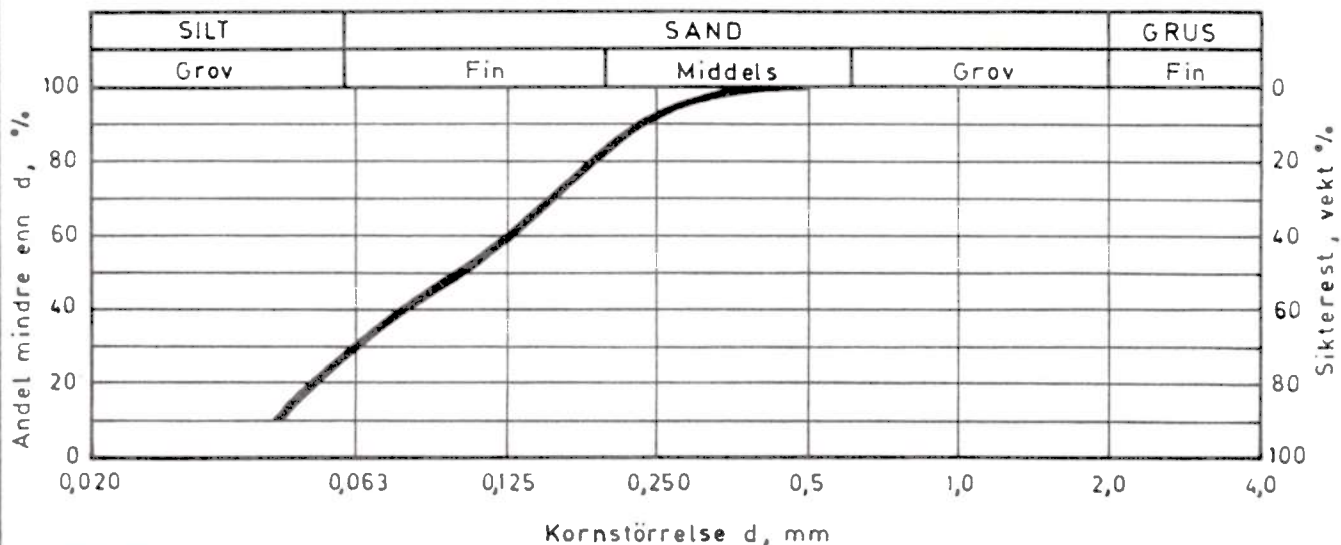
Oppdrag nr. : 80503

Dato : 1/4-81

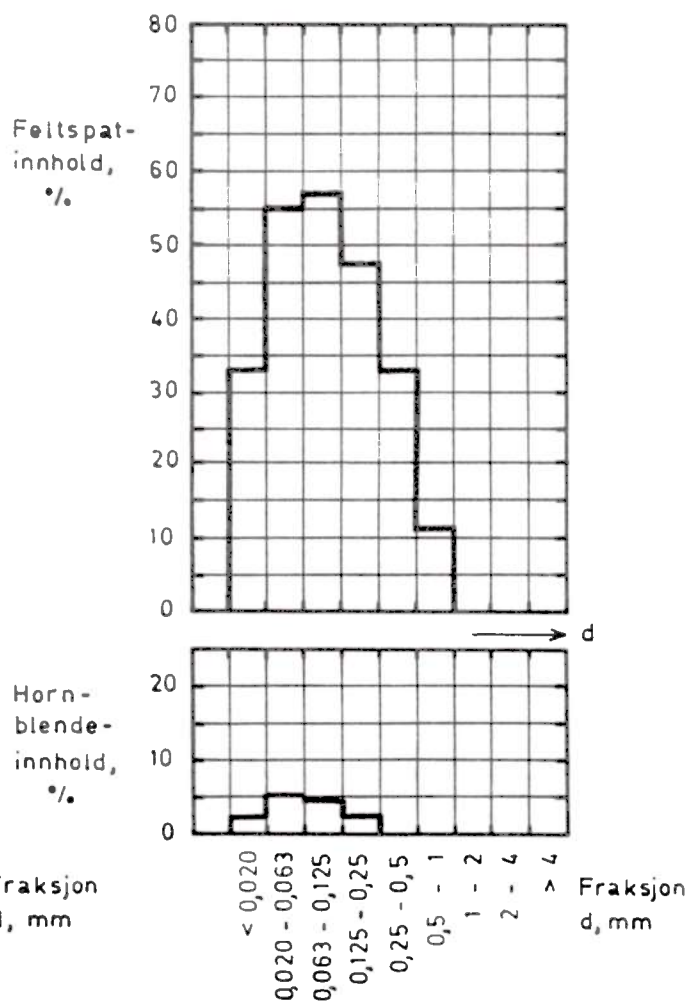
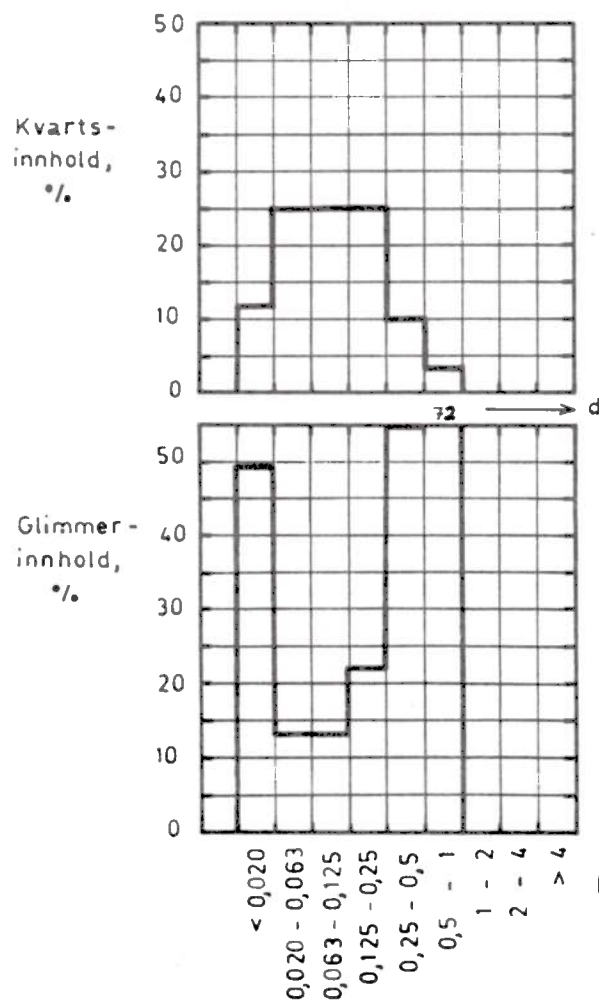
Prøvebetegnelse : *Driva*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn:

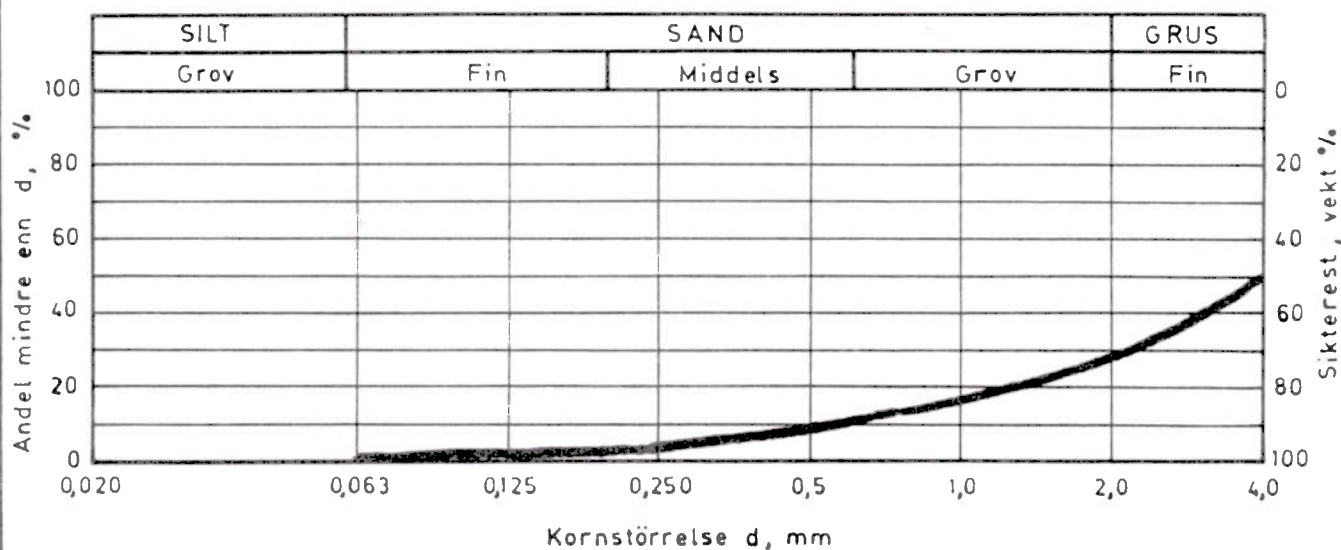
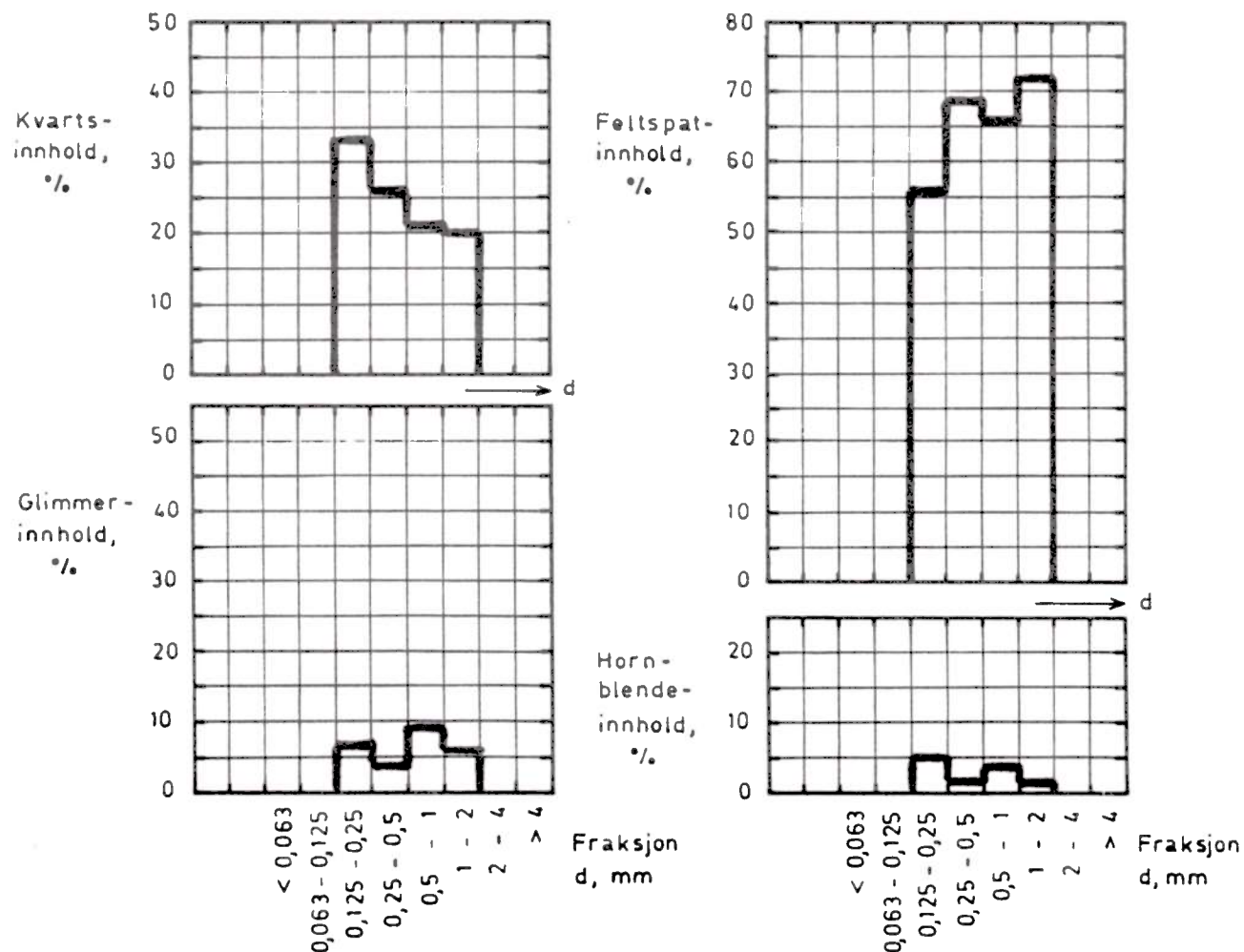
ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATERPrøvested: *Driva - tunnel*

Oppdrag nr.: 81748

Dato: 11/1-82

Prøvebetegnelse: *Dt 1*

Utført av :

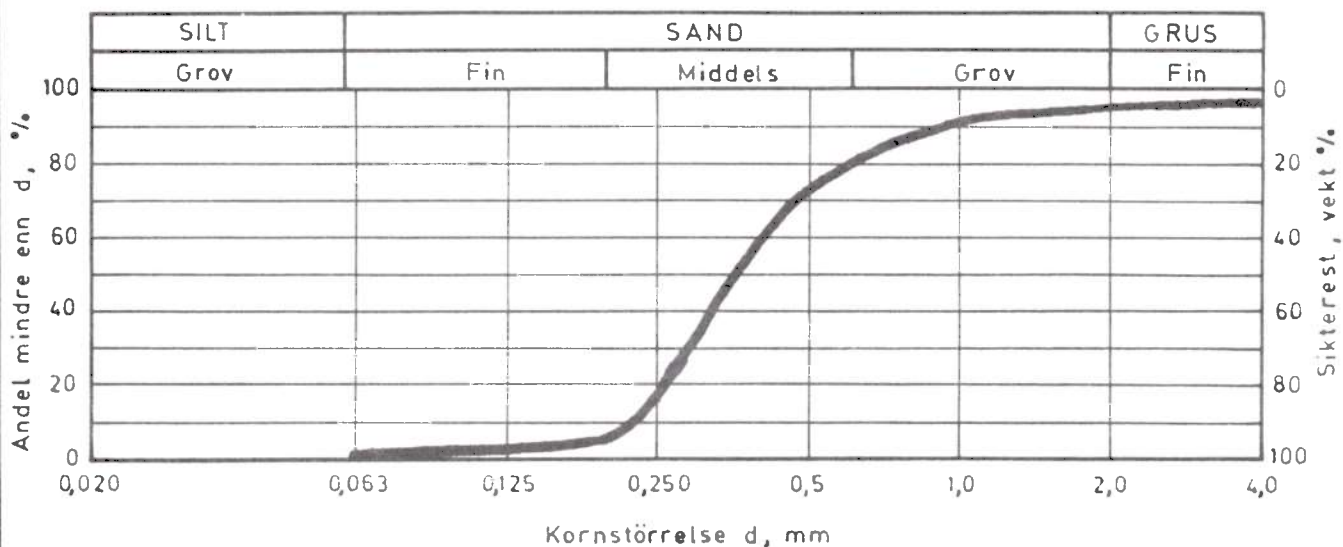
KORNFORDELINGSKURVEMINERALOGISK ANALYSE:MERKNADER:I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: *Gneis og kvarts/feltspat*

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

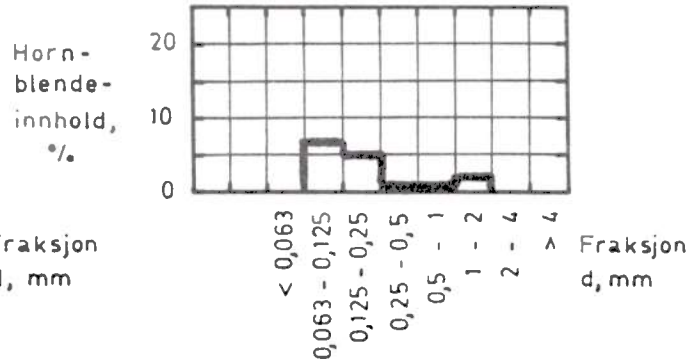
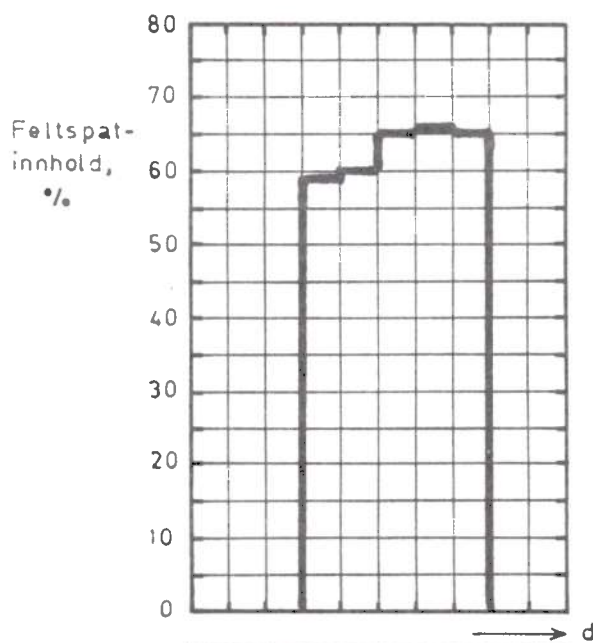
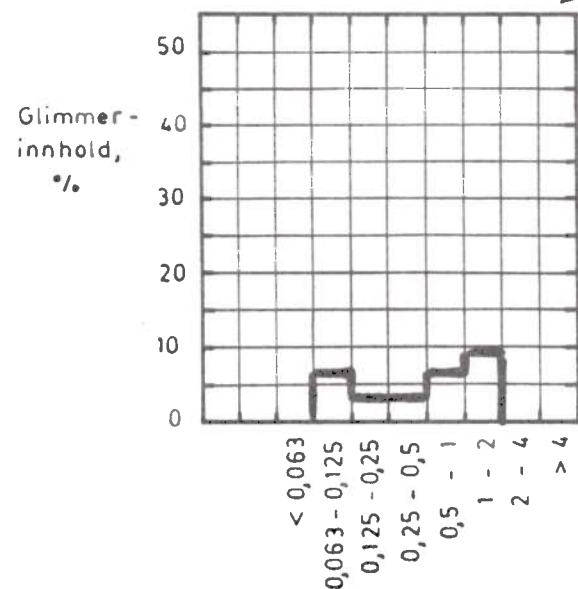
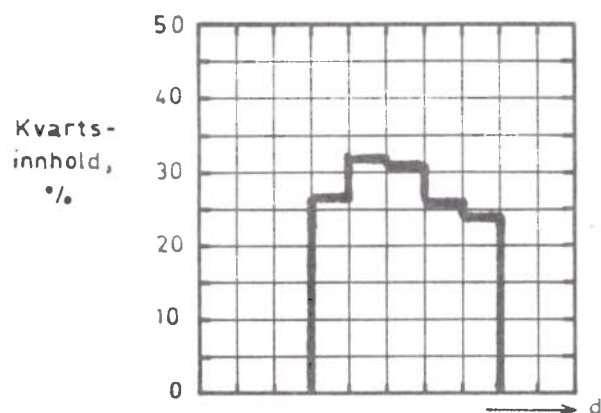
Prøvested: *Driva - tunnel*Oppdrag nr.: *81748*Dato: *11/1-82*Prøvebetegnelse: *Dt 2*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:

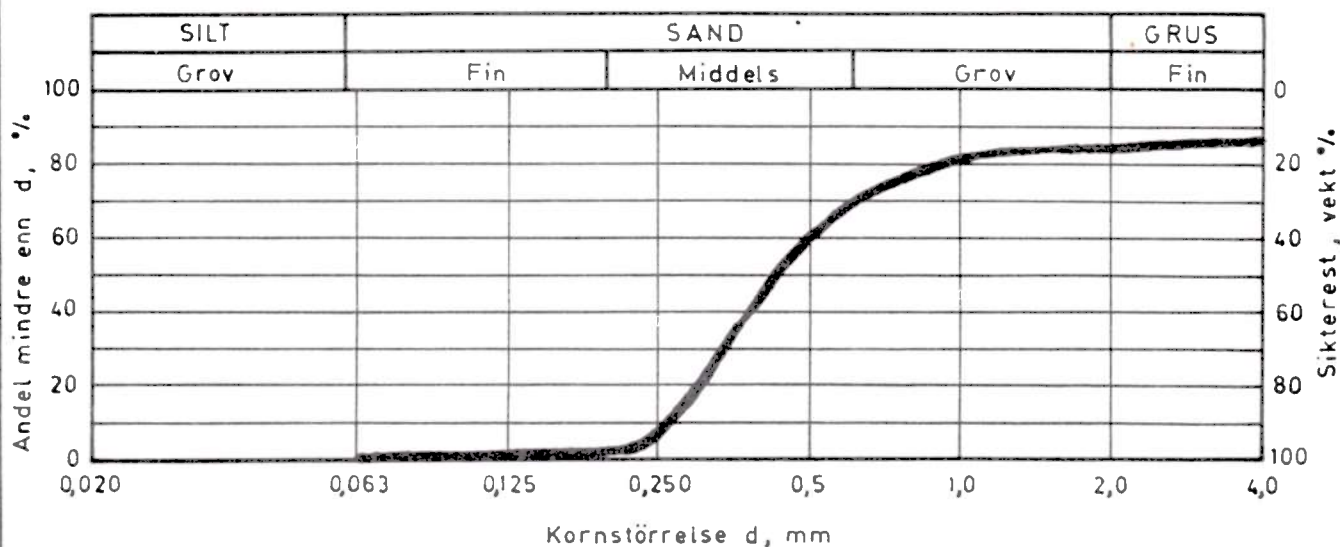
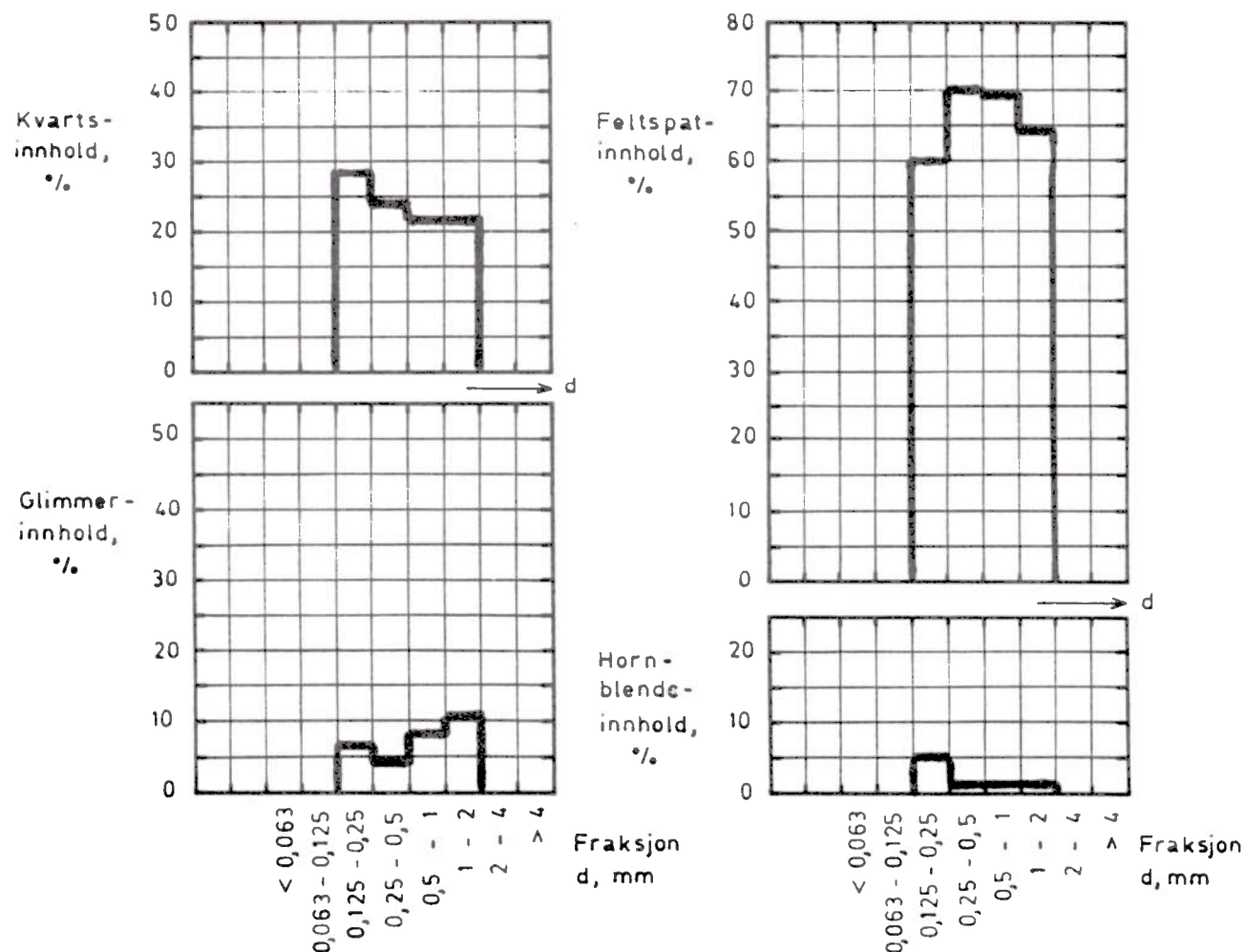


MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: *Gneis og kvarts/feltspat*

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATERPrøvested: *Driva - tunnel*Oppdrag nr. : *81748*Dato : *11/1-82*Prøvebetegnelse : *Dt 3*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVEMINERALOGISK ANALYSE:MERKNADER:I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: *Gneis og kvarts/feltspat*

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

Prøvested: *Driva - tunnel*

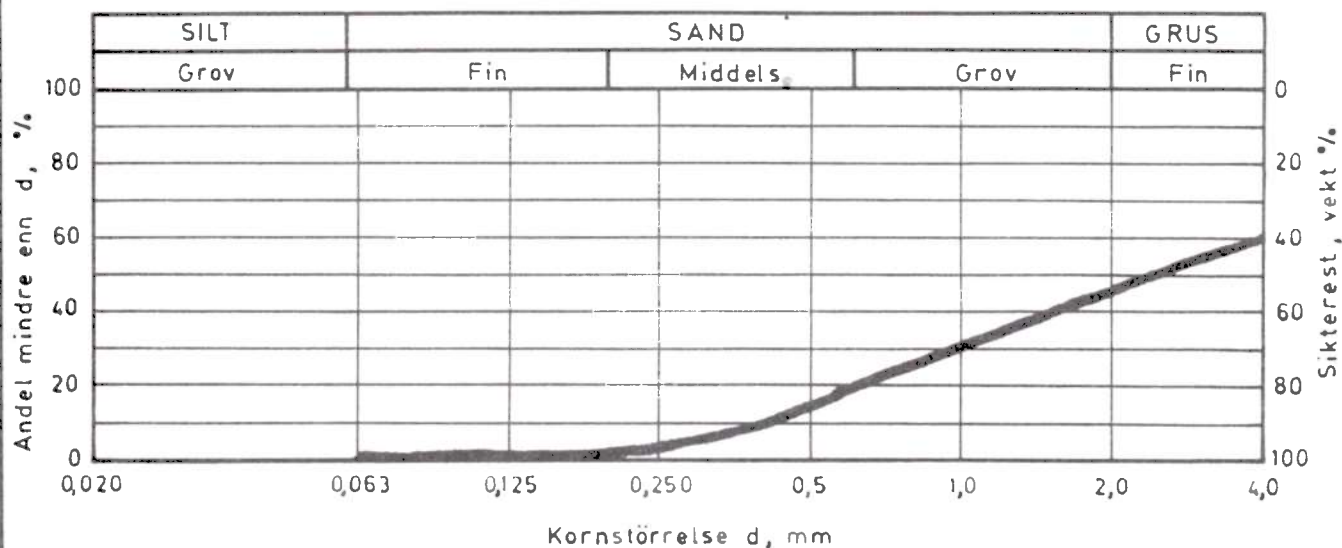
Oppdrag nr. : 81748

Dato : 11/1-82

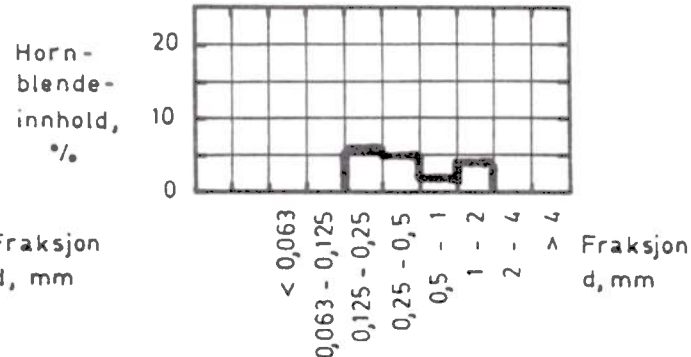
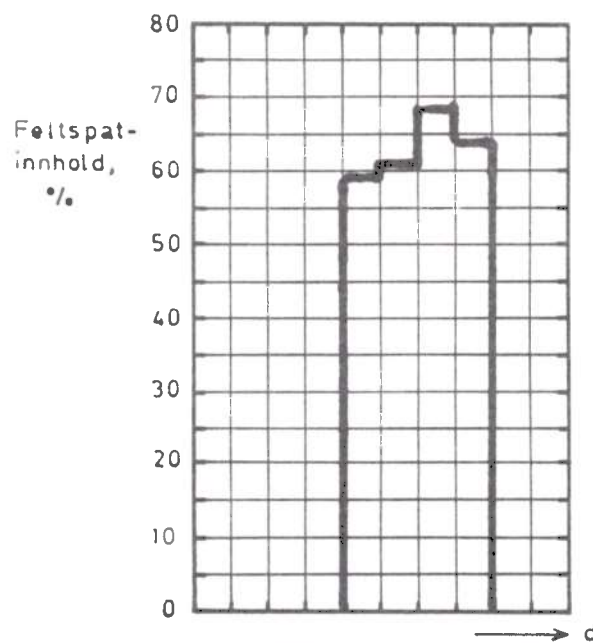
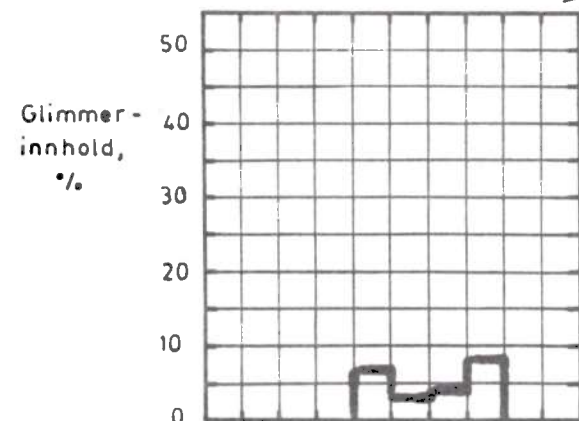
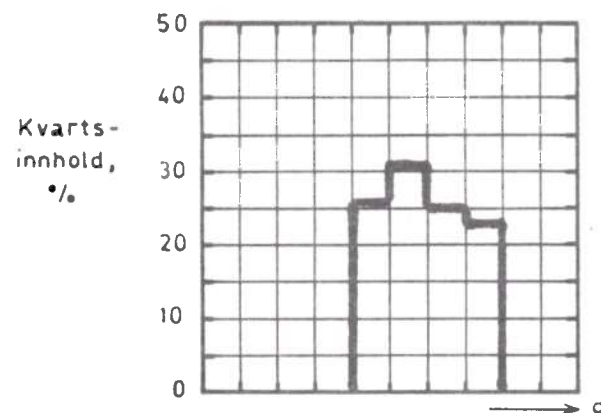
Prøvebetegnelse : *Dt 4*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

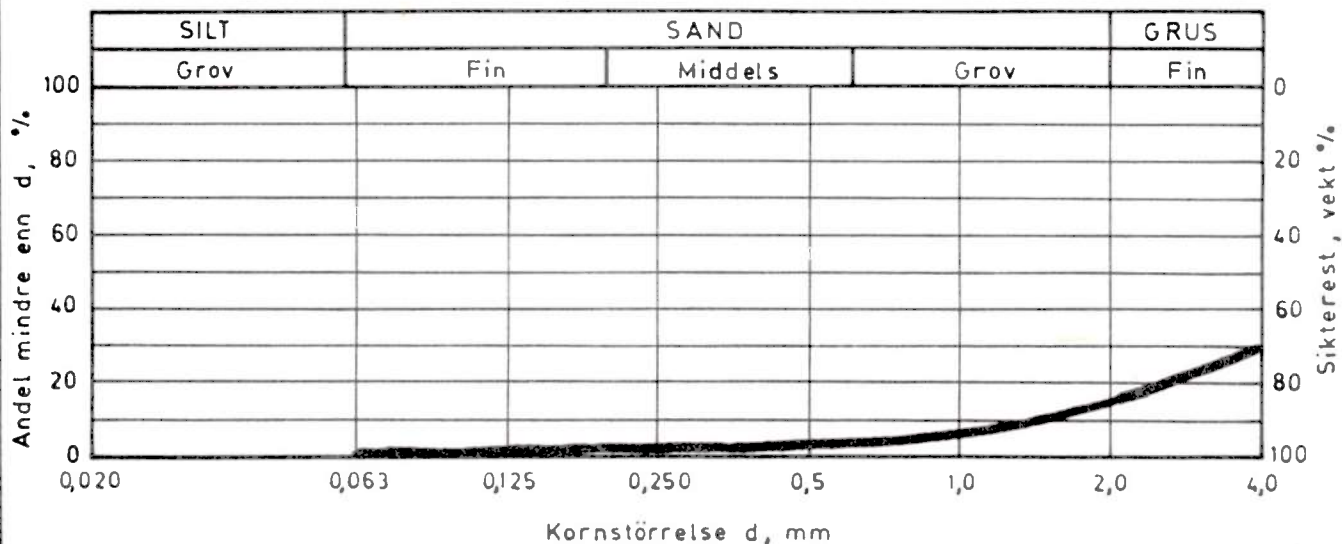
I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: *Gneis og kvarts/feltspat*

ANALYSER AV SANDPRÖVE, RESULTATER

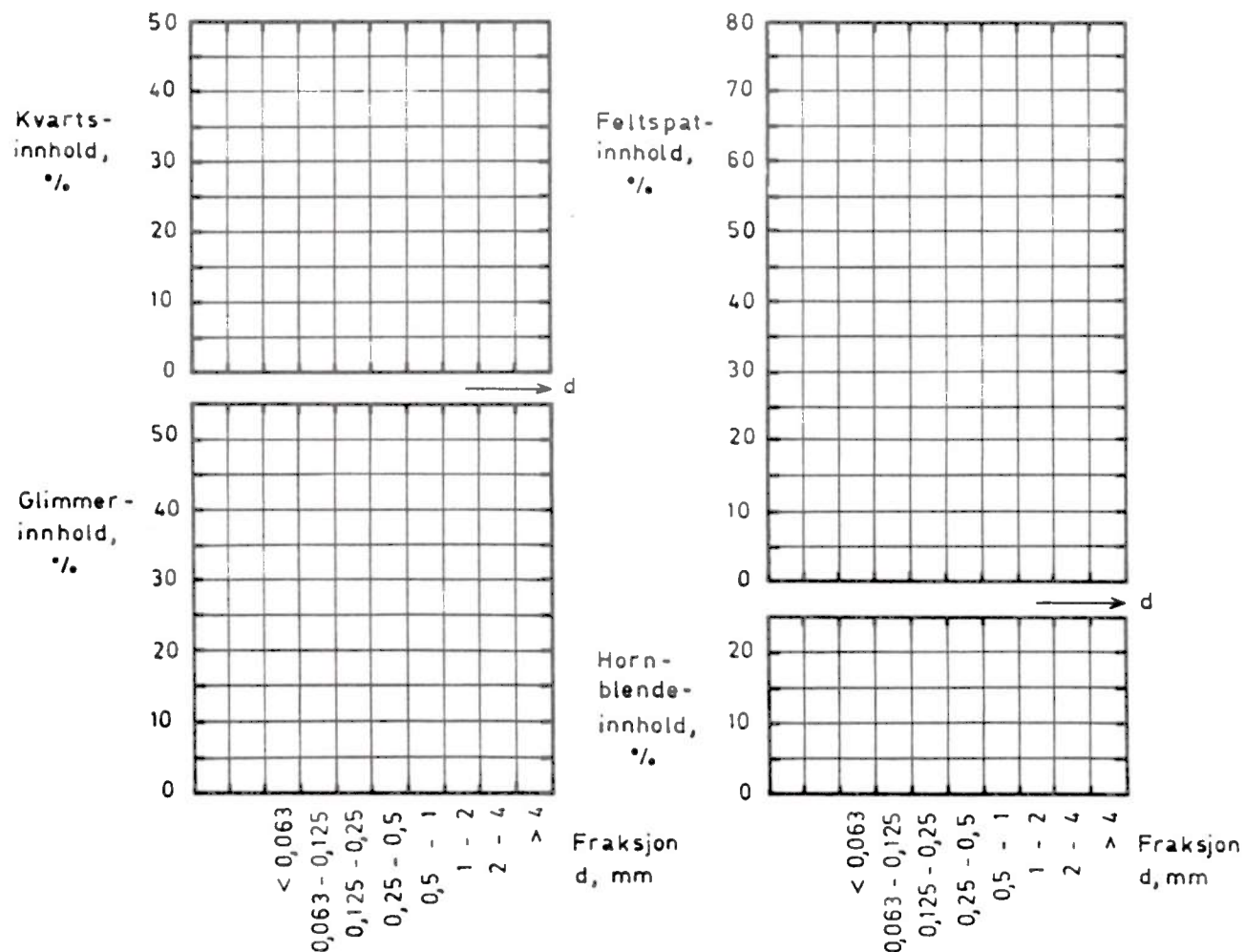
Prøvested: *Driva - tunnel*Oppdrag nr.: *81748*Dato: *11/1-82*Prøvebetegnelse: *Dt 6*

Utført av :

KORNFORDELINGSKURVE



MINERALOGISK ANALYSE:



MERKNADER:

I de groveste fraksjonene er det følgende typer bergartskorn: