

NGU-rapport nr. 89.015

UNDERSØKELSE AV HØYMOFOREKOMSTEN
I REDDALEN FOR KVALITETSVURDERING
TIL BETONGFORMÅL

Rapport nr. 89.015		ISSN 0800-3416		Åpen/Åpne/Åpning	
Tittel: Undersøkelse av Høymoforekomsten i Reddalen for kvalitetsvurdering til betongformål.					
Forfatter: Knut Wolden			Oppdragsgiver: A. Kjærland, Klodeborg pukkverk		
Fylke: Aust-Agder			Kommune: Grimstad		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Arendal			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1511-1 Lillesand		
Forekomstens navn og koordinater: Høymoen 677-676			Sidetall: 28		Pris: 70,-
Feltarbeid utført: sommer 1988		Rapportdato: 20.02.1989		Prosjektnr.: 53.2309.09	
Seksjonssjef: <i>Peer R. Nærb</i>					
Sammendrag: Undersøkelsene er gjennomført ved hjelp av seismiske undersøkelser for å bestemme mektigheten av løsmassene over fjell og grunnvannsnivå. Boringer er utført for å vurdere kornstørrelsen i de dypere lag av forekomsten. For prøvetaking og visuell vurdering av massene er det gravd prøvegroper med traktorgraver. Resultatene viser at innen et avgrenset område er det beregnet ca. 90 000 m ³ overveiende sand over grunnvannsnivået. Fasthetsegenskapene ved prøvestøpinger viser at sanden tilfredsstillende kravene til fasthetsklasse C35. Satt sammen med grovt tilslag fra Landvik pukkverk er derfor forekomsten godt egnet for betongproduksjon med fasthetskrav tilsvarende C35.					
Emneord		Ingeniørgeologi		Betongformål	
Sand og grus		Byggeråstoff		Kvalitet	
Volum		Fagrapport			


INNHOOLD

	Side
FORORD	4
KONKLUSJON	
UTFØRELSE	
BESKRIVELSE AV FOREKOMSTEN	5
Generelt	5
Snitt og prøvegroper	6
Sonderboring	8
Seismikk	8
KVALITET	8
Vegformål	8
Betongformål	9
VOLUM	10
TEGNING	
KVARTÆRGEOLOGISK KART OVER FOREKOMSTEN TEGNING NR. 89.015.01	
BILAG	
1.1-1.3 KORNFORDELINGKURVER	
2 SPRØHET, OG FLISIGHETSANALYSE, ABRASJONSTEST	
3 FCB´s PRØVINGSRAPPORT	
VEDLEGG	
1 SEISMISK REFRAKSJONSMETODE	
2 BORINGER	
C-1 KVALITETSKRAV FOR BETONGTILSLAG	

FORORD

Etter henvendelse fra August Kjærland, Klodeborg og Landvik pukkverk, har NGU vurdert en del utvalgte sand, og grusforekomster i Reddalen. Hensikten var å finne en forekomst egnet som tilslag for betongformål, og som fint tilslag i asfalt og oljegrusproduksjon. Konklusjon og resultater for undersøkelsene framlegges i denne rapporten.

Trondheim, 20. februar 1989
Seksjon for ingeniørgeologi


Peer-R. Neeb
seksjonssjef


Knut Wolden
avd. ing

KONKLUSJON

Høgmoforeskomsten er innen det avgrensede området på kartet beregnet å inneholde ca 90 000 m³ overveiende sand over grunnvannsnivået. Resultatene fra mørtel- og betongprøvestøpingene viser at sanden kvalitetsmessig tilfredstiller kravene for fasthetsklasse C 35.

Satt sammen med grovt knust tilslag fra Landvik pukkverk gir også resultater som tilfredstiller de samme fasthetskravene. Utskifting av en del av sanden med knust maskinsand gir ikke nevneverdige forskjeller i trykkfasthetene.

Det uttagbare volum med kvalitet til betongformål kan imidlertid være noe mindre på grunn av usikkerhet med hensyn til kornstørrelse ned mot grunnvannsnivå. Massene består i det alt vesentligste av sand. Bare i de øverste lagene nærmest overflaten er det noe grus. Det innebærer at grovt tilslag for betongproduksjon må hentes andre steder fra.

UTFØRELSE

Undersøkelsene startet i juli måned ved at flere aktuelle forekomster ble overflatekartlagt i detalj og undersøkt ved hjelp av stikkstang og spade. Ut fra dette ble en forekomst prioritert og undersøkt videre ved hjelp av gravemaskin. I alt ble det gravd 7 prøvegroper hvor massene er beskrevet. Det ble tatt prøver for kornfordelingsanalyser, bergarts- og mineraltelling, sprøhet- og flisighetsanalyse, abrasjon og for betongprøvestøping.

I september ble det boret 3 borhull med Borros bormaskin for vurdering av kornstørrelsen i dypere lag av avsetningen. Det ble også utført 400 m seismisk profilering for å bestemme mektigheten til grunnvannsnivå og til fjell.

Analysene er utført ved NGU's sedimentlaboratorium og ved Sintef's Forskningsinstitutt for cement og betong, FCB.

BESKRIVELSE AV FOREKOMSTEN

Generelt

Forekomsten er en breelavsetning med 3 markerte terrassenivåer og hvor det øverste korresponderer med marin grense i området. På de forskjellige

terrasseflatene består massene i de øverste lagene av sand med noe grus og sporadisk også noe stein. I de dypere lag av avsetningen er sand den dominerende kornstørrelse. Mot dypet øker innholdet av finsand og silt. Fra grunnvannsnivå og til fjell finnes silt og leire.

Snitt og prøvegroper

Snittet i massetaket er 15 m høyt og viser skråstilte lag sand og grus. Det er en del misfarging av massene i enkelte lag, noe som skyldes rustutfelling. Over et gjennomsnitt på 3 meter midt i massetaket ble det tatt prøve for sikteanalyse. Det er også tatt en prøve i det lavere nivået lenger øst, bilag 1.1 prøve K1 og K2. Siktekurven viser at prøve K1 inneholder ca 75% sand, hovedsakelig i grov- og mellomsandfraksjonen. Prøve K2 har en noe bedre gradering med 10% høyere grusandel. Fillerinnholdet (materiale under 0.125 mm) er noe lavt i begge prøvene. I vanlig konstruksjonsbetong er det ønskelig med 4-8 % filler i tilslaget. Et lavt naturlig fillerinnhold kan f. eks. kompenseres med steinmel fra knuseprosessen i pukkverkene.

Mineraltellingene viser at glimmerinnhold er lavt i begge prøvene. I fraksjonen 0.125-0.250 mm har begge prøvene 1% fritt glimmer. I fraksjonen 0.5-1.0 mm er innholdet henholdsvis 3% og 2% i de to prøvene.

Det er tatt prøver for betongstøping i massetaket. En prøve er tatt som et gjennomsnitt fra veggen i massetaket. Den andre ble satt sammen for å få en mest gunstig kornfordeling. Siktekurvene for materialet 0-8 mm er vist i bilag 3, side 7.

Prøvegrop 1 er gravd rett øst for massetaket, tegning 89.015.01. Grave- dybden er 3 m og massene består av humusinfisert tildels finkornig sand. Mot bunnen inneholder massene noe silt. Mye tyder på at man ikke har nådd inn i primært materiale og at dette er rasmateriale vasket ut fra terraseskråningen ovenfor.

Prøvegrop 2 er gravd i brattkanten nord for det forrige. Prøvegropa viser 0.5 m humusinfisert middelskornig sand over 1.5 m fin til middels sand med noe fingrus. Også sistnevnte lag inneholder noe humus. I de nederste 1.5 m er massene humusfri og består av middels til grov sand med noe fingrus. Kornfordelingskurven K3 bilag 1, viser at 90% av materialet er sand, og at 50 % av denn er finere enn 0.5 mm.

Det er også tatt prøve for betongstøping herfra. Denne prøven består av materiale under 8 mm. siktekurven er vist i bilag 3.

Prøvegrop 3 er gravd på ei lita flate rett under forige prøvegrop. Grave- dybden er 3 m og massene består av sand varierende i grovere og finere lag. Enkelte av disse lagene inneholder også noe fingrus. Det er ikke tatt prøve her.

Prøvegrop 4 er gravd til 3 m dyp og viser vekslende lag med sand og noe fingrus. I bunnen er massene mer siltholdige og fuktige. Dette kan skyldes at grunnvannsnivået er høyt i dette området. Dette underbygges også av de seismiske målingene.

Prøvegrop 5 er gravd oppe på terrassen. Massene består av 1 m grov sand med noe grus. Deretter 2 m vekslende middels til grovsandlag med noe grus. kornfordelingskurven, K4, bilag1.1, som er tatt som et gjennomsnitt av de 2 nederste meterene, viser at massene er nesten uten finsand.

Det er også siktet ut prøve for betongstøping. kornfordelingskurven av materiale under 8 mm er vist i bilag 3, side 7.

Mineraltelling i fraksjonen 0.125-0.250 mm og 0.5-1.0 mm, viser henholds- vis 1% og 5% i de to fraksjonene. Dette er så lite at det ikke vil ha noen nevneverdig innflytelse på betongens vannbehov.

Prøvegrop 6 er gravd til 3 m dyp og viser knapt 1 m humusinfisert sand og noe grus. Under dette er det vekslende lag mellom sand til grovsand med noe grus. Kornfordelingskurven K 5, bilag 1.2 viser et manglende innhold av finsand i denne delen av forekomsten.

Prøvegrop 7 er gravd i foten av det neste terrassenivået. Massene består her av humusinfisert sand. Under dette laget består materialet av sand og grus i vekslende lag. Kornfordelingskurven viser et bedere gradert materi- ale med 65% sand og 35% grus. Massene mangler imidlertid filler som er nødvendig for å få en tett og god betong.

I Einertrøterrassen, sør for Høymoen, er det tatt prøve i det lille masse- taket og i et åpent snitt ved bekken. Prøve K7 og K8 har kornfordeling- skurver som viser 90 % og 80 % sandinnhold. Disse prøvene har imidlertid et høyere innhold av filler med ca 8-10 % av materialet under 0.125 mm.

Sonderboring

Det er boret 3 borhull med Borros bormaskin oppe på forekomsten. Borhull 1 viser sand og grus i den øverste meteren. Videre nedover består massene overveiende av sand, men med noe grus i enkelte nivåer. Fra 14 m består massene av silt og leir ned til fjell som ble påtruffet ved 21.5 m.

Borhull 2 viser hovedsakelig sand ned til 4.5 m. Under dette nivået består massene av silt og leir. Dybden til fjell er her 10 m. Det ble tatt prøver for å dokumentere kornstørrelsen ved 1.9 m, 3.9 m og 5.9 m. Kornfordelingskurvene er vist i bilag 1.3.

Borhull 3 ble boret på den høyere terrassen. Massene består av sand med økende siltinnhold mot fjellet som ligger ca 5 m under overflaten.

Sonderboringene gir indikasjoner på at grunnvannsnivået koresponderer med overgangen fra sand til siltige masser. Ved borhull 1 skulle dermed grunnvannet ligge ca 14 m under terrengoverflaten og ved borhull 2 ca 5 m under overflaten.

Seismikk

Det er skutt to seismiske profiler over avsetningen. Profil 1 går fra massetaket og inn til fjell. Ved massetaket ligger grunnvannet 15-16 m underoverflaten. Mot nord stiger grunnvannsnivået og er i område ved borhull 1 målt til ca 12 m under overflaten. De seismiske målingene indikerer med andre ord et noe høyere grunnvannsnivå enn hva boringene tydet på.

Profil 2 går i sørvest-nordøstlig retning og viser at mektigheten til fjell og grunnvannsnivå avtar og ligger ved borhull 2 på 10 henholdsvis 5 meter.

KVALITET

Vegformål

Bergartstelling på grusmateriale i fraksjonen 8-16 mm viser at materialet består av granitt. visuelt er 10 % av antall telte korn vurdert som meget sterke, 61 % som streke, 27 % som svake og 2 % som meget svake. Sprøhet- og flisighetsanalysen viser at materialet er noe sprøtt. Spesielt i fraksjonen 11.2-16 mm hvor sprøhetsverdien ligger på 67. Dette er høyt over de krav Statens Vegvesen setter for bruk til vegformål. I fraksjonen 8-11.2

mm er sprøhetsverdien 49, noe som plasserer materialet i kvalitetsklasse 3, bilag 2. Omslagsmaterialet ligger i kvalitetsklasse 2. Materialet er tilnærmet kubisk og gir derfor meget lave flisighetsverdier.

Abrasjonstest av materialet gir en midlere abrasjonsverdi på 0.48. Dette gir slitasjemotstand på 3.36 som er noe over det kravet Statens Vegvesen setter for bruk i faste vegdekker, vedlegg C-1.

Betongformål

Sandprøver fra Høgmoforekomsten har generelt "sandpukkel". Dette kjenne- tegnes med overskudd av masser i mellom til grovsandfraksjonen. Filler- innholdet er noe lavt, men prøvestøpingene gir likevel gode fasthetsresul- tater, se FCB's prøvingsrapport. Lavt fillerinnhold fører ofte til at betongen blir porøs med luftporer som svekker styrken. Dette kan kompense- res ved økt pastamengde (vann og sement) eller ved tilsettelse av passende mengde fint naturlig tilslag fra andre steder eventuelt steinmel fra knu- seprosessen i pukkverk.

Forekomsten inneholder lite grus. Det er derfor nødvendig å supplere med grovt tilslag fra andre steder. Knust stein i ønskede fraksjoner fra Land- vik pukkverk er et aktuelt alternativ.

Det er ikke registrert så høyt glimmerinnhold at det vil ha noen nevnever- dig innvirkning på betongens vannbehov. Det er heller ikke i noen av de undersøkte prøvene påvist skadelig humus. Humusinnhold beskrevet tidligere begrenser seg kun til sonen nærmest markoverflaten.

Det er foretatt betongprøvestøping og mørtelprøvestøping av materiale fra forekomsten. Det ble tatt to prøver fra massetaket, og en fra de traktor- gravde prøvegroperne 2, og 5. På grunn av variasjonen i kornfordeling- skurvene, bilag 3, ble det utført mørtelprøving på materiale fra masse- taket med kornfordeling som tilnærmet representerer gjennomsnittet for de tre gunstigste prøvegraderingene, og på en prøve fra prøvegrop 2 som har mindre gunstig korngradering.

Det ble utført full betongprøvestøping med den gunstigste sandprøven fra massetaket satt sammen med grovt knust tilslag fra Landvik pukkverk. Det ble også utført en prøvestøping hvor deler av natursanden ble skiftet ut med maskinsand fra pukkverket.

Resultatene viser at sanden har fasthetsegenskaper egnet for produksjon av mørtel og betong minst til fasthetsklasse C 35. Kornstørrelsesvariasjonene i de to mørtelprøvene har ikke gitt nevneverdige utslag på mørtelens fasthetsegenskaper. Derimot gir materiale fra prøvegrup 2 høyere vannbehov, mens prøven fra massetaket gir middels vannbehov.

For Betongprøving med sand fra grustaket og grovt tilslag fra Landvik, karakteriserer FCB tilslaget som relativt godt egnet for produksjon av betong med fasthetskrav til fasthetsklasse C 35.

Utskifting av ca 30 % av natursanden med maskinsand, har ikke medført nevneverdige endringer i betongegenskapene. (Se FCB's prøvingsrapport)

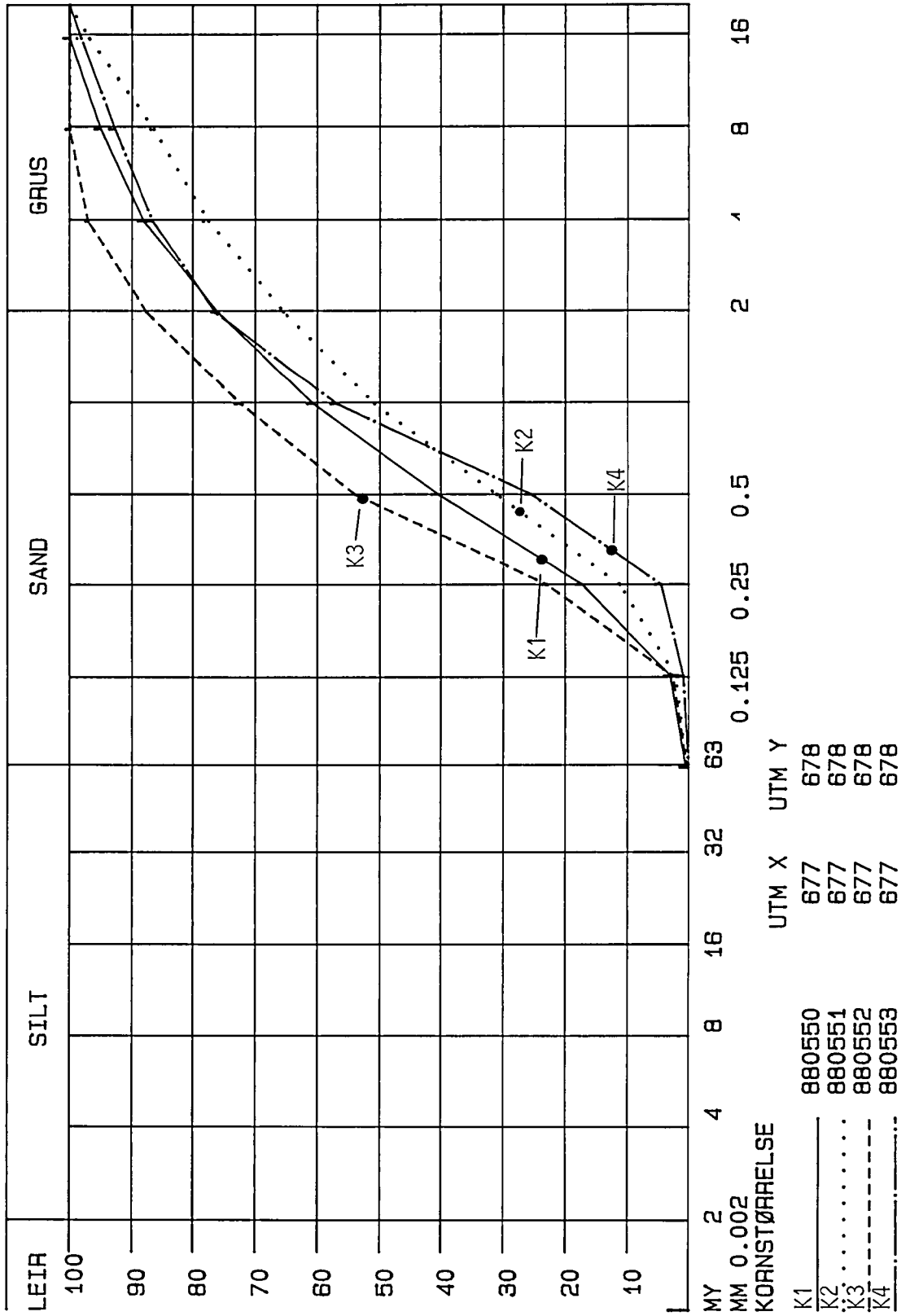
VOLUM

Det mest aktuelle område for uttak av sand og grus til betongformål er avgrenset på kartvedlegget. Innen et areal på ca 9 da er det med gjennomsnittelig gravedybde på 10 m mulig å ta ut 90 000 m³ sand og grus over grunnvannsnivået. Det må imidlertid taes forbehold om mektigheten på det uttagbare volum. De seismiske undersøkelser antyder grunnvannsnivå på 10-12 m i de sentrale delene av avsetningen.

Det er på grunn av humusinnhold i topplaget nødvendig å fjerne dette før det taes ut masser. Det er også noe usikkert hvor godt egnet massene ned mot grunnvannsnivå er på grunn av økende innhold av silt.

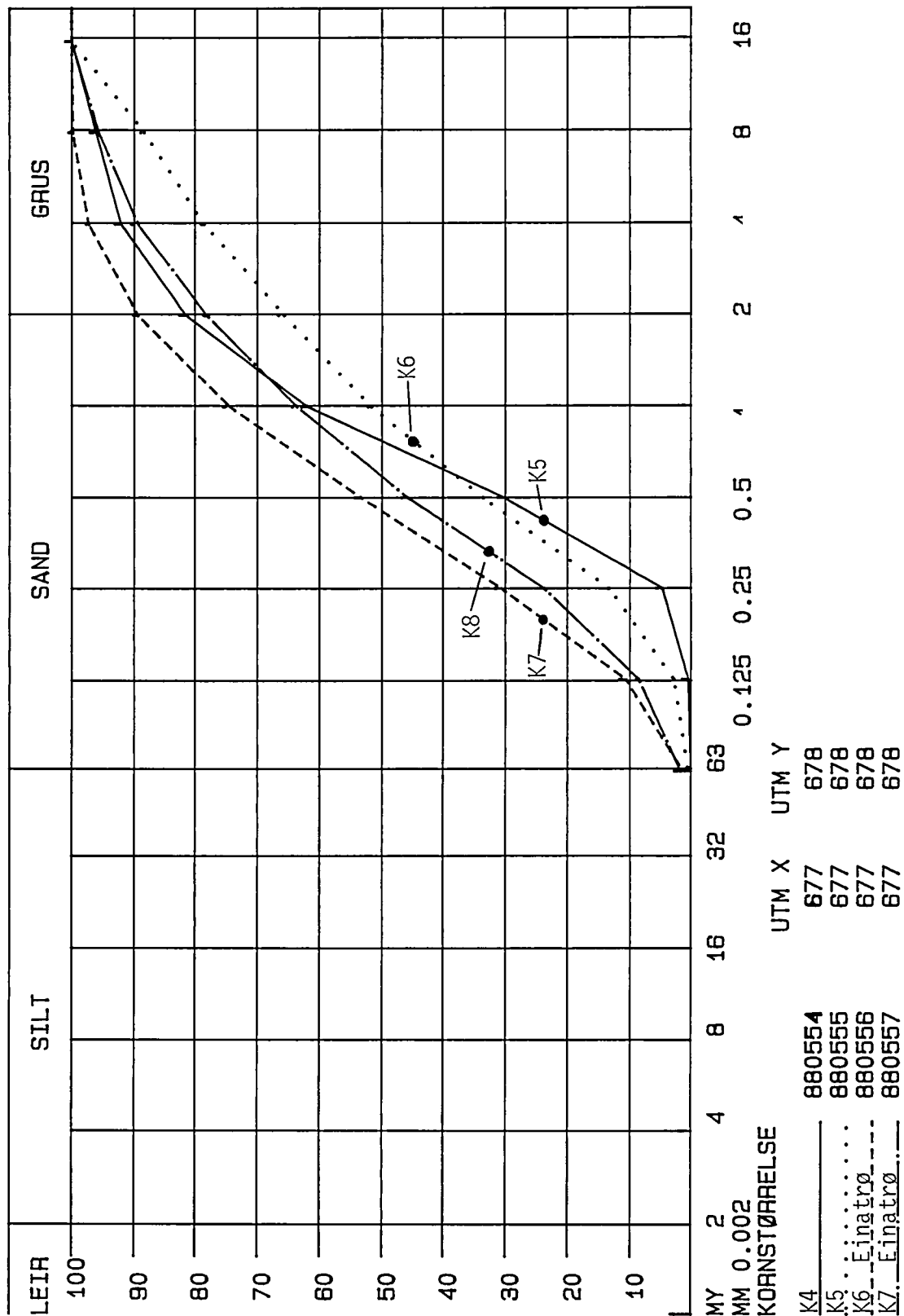
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDDELINGSKURVE
 LILLESAND 15111



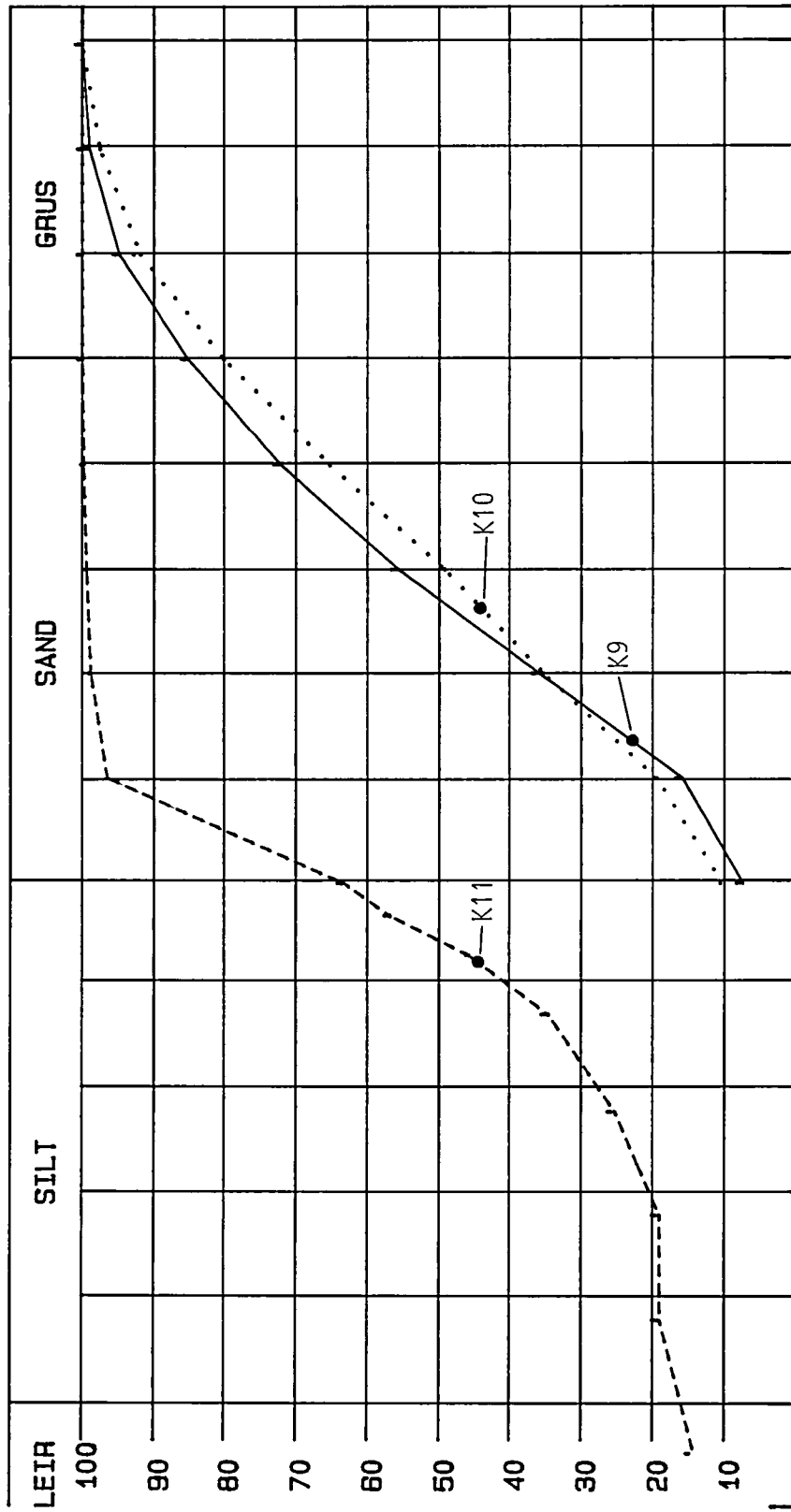
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE
 LILLESAND 15111



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDDELINGSKURVE
 LILLESAND 15111



MY 2 4 8 16 32 63 0.125 0.25 0.5 1 2 4 8 16
 MM 0.002
 KORNFORDDELINGSKURVE

KORNFORDDELINGSKURVE	UTM X	UTM Y
K9_Borhu11_2	677	676
K10_Borhu11_2	677	676
K11_Borhu11_2	677	676



NGU

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

SPRØHET/
FLISIGHET

BILAG 2

LAB. PRØVE NR.: 882055

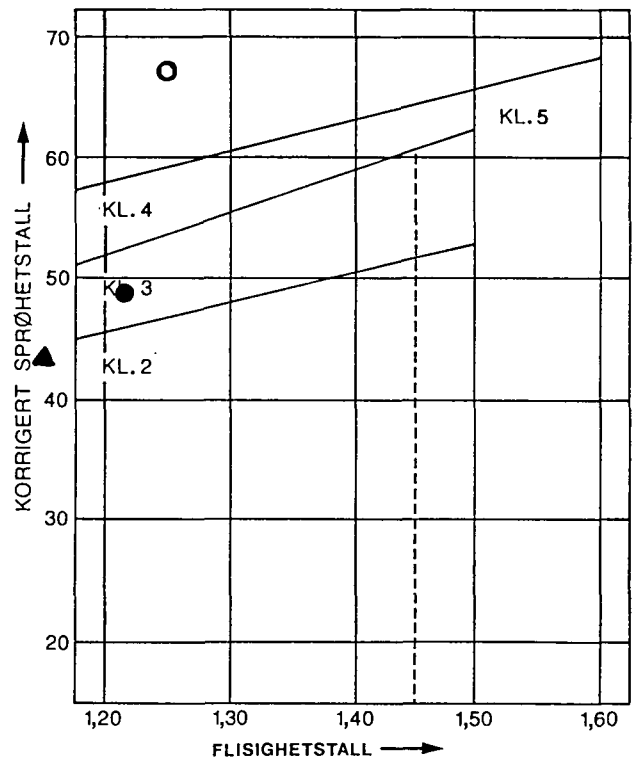
KOMMUNE: 0904
KARTBLADNR.: 1511-1
FOREKOMSTNR.: 0904-27KOORDINATER: 677 678
DYBDE I METER:
UTTATT DATO:
SIGN.:

VISUELL KVALITETSKLASSIFIKASJON:

Antall korn vurdert	Meget sterke	Sterke	Svake	Meget svake
___ 133 stk.	___ 10 %	___ 61 %	___ 27 %	___ 2 %

MEKANISKE EGENSKAPER:

Kornstørrelse mm	8-11,2				11,2-16	
Tegnforklaring	●	●	●	+	▼	▼
Flisighetstall - f	1.19	1.18	1.26	1.15	1.26	1.23
Sprøhetstall - s	48.4	45.7	46.0	43.3	67.1	60.8
Pakningsgrad	1	1	1	0	1	1
Korr. sprøhetst. - s1	50.8	48.0	48.3	43.3	70.4	63.8
Materiale <2mm-%				X		
Laboratoriepukket-%						
Merket + : Slått 2 ganger						
Middel f/s1	1.21 / 49			X	1.25 / 67	
Abrasjonsverdi - a: 1) 0.49 2) 0.49 3) 0.46	Middel: 0.48					
Slitasjemotstand: $a \cdot \sqrt{s1} =$	3.36					
Spesifikk vekt: 2.64	Humus:					



PETROGRAFISK BESKRIVELSE: Prøven består av granitt.

Reaksjon m/HCl:

MATERIALE <2 mm:

Sted:

Trondheim

Dato:

20.02.1989

Sign:

Knut Wolden

7034 Trondheim - NTH

 TELEFON: (07) 59 52 25
 TELEX: 55 620 SINTF N
 TELEFAX: (07) 59 24 80

Side 1 av 10

Prøving av betongtilslag

 Oppdrag fra NGU, Postboks 3006, Lade, 7002 TRONDHEIM
 ved skriv av 1988-11-25 Deres ref. Jnr 4743/88 L/KW/jgwh
 arkiv nr: 2349.03.53

Oppdragets art undersøkelse av tilslag samt prøvestøping i betong

 Provens ankomst 1988-11-29 emballasje plastsekker og pappeske
 merke
 forsegling
 mengde

	merke	FCBs merke	Prøvepunkt
1 sekk a 40 kg		27-1-2	3
1 sekk a 36 kg		27-1-3	4
1 sekk a 15 kg	Høymoen	27-2-1	5
1 sekk a 30 kg		27-5-1	6
1 sekk a 22 kg		0-4	7
2 sekker tot 19 kg	Landvik	4-8	8
1 sekk a 13 kg	pukkverk	8-16	9
1 sekk a 14 kg		16-22	10

UNDERSØKELSE AV TILSLAG

For samtlige prøver ble korngraderingen bestemt i henhold til reglene i NS 427A, Del 2. Resultatene er gjengitt i Formular 2A og B.

MØRTELPRØVING

Tilslagene 3 og 5 ble frasiktet korn > 4 mm (vedr korngradering, se Formular 2C) før densiteten ble bestemt i henhold til reglene i NS 427A, Del 2. Deretter ble vannbehovsindeks og mørtelfasthet bestemt etter metoder beskrevet i NOTEBY-

rapportene 13861/2 (vannbehov) og 13861/3 (mørtelfasthet). Resultatene er gjengitt i Tabell 1.

Ved mørtelprøvingen ble det benyttet modifisert portlandsement MP30 fra NORCEM avd Dalen med densitet 3,00 kg/dm³ og følgende trykkfastheter (RC-fasthet), ved prøving etter NS 3049*:

$$Kp_7 = 37,7 \text{ MPa}, \quad Kp_{28} = 48,6 \text{ MPa}$$

*Prøvingen utføres i plastisk mørtel med sammensetning, sement : kvartssand : vann = 1 : 3 : 0,5 (vekt).

Tabell 1. Vannbehovsindeks og mørtelfasthet, resultater

RAPPORTHENVISNING		M1	M2
Prøve merket	FCB	3. Sand	5. Sand
	NGU	Høymoen 27-1-2	Høymoen 27-2-1
Gradering, FM		2,51	2,09
Vannbehovsindeks, KN		3,6	4,2
Mørtelromvekt, ρ		2,17	2,19
Tilslagets tetthet, D_T		2,64	2,65
Tetthet, fast stoff, D_F		2,73	2,74
Lagringstetthet, $I\rho = \rho/D_F$		0,79	0,80
Trykkfastheter MPa (% av RC-fasthet)	7 døgn	31,8 (84)	31,9 (81)
	28 døgn	41,6 (86)	39,6 (84)
v/c		0,50	0,50

KOMMENTARER

3.1 Vannbehovsindeks

Ved vurdering av resultater fra bestemmelse av vannbehovsindeks benyttes gjerne følgende klassifisering:

KS = 3,0 - 3,5	lavt vannbehov
3,5 - 4,0	middels vannbehov
>4,0	høyt vannbehov

Denne klassifisering er knyttet til at tilslaget har en standard gradering som er vesentlig grovere, og følgelig gir vesentlig lavere (og gunstigere) vannbehovsindekser enn det som er tilfelle for de undersøkte sandprøver.

3.2 Mørtelfasthet

Sementens fasthetsegenskaper vil ha vesentlig innflytelse på de mørtelfastheter som oppnås. Skal resultatene i Tabell 1 sammenlignes med resultater fra NGUs tidligere utførte, tilsvarende undersøkelser med andre tilslag, må det således først korrigeres for eventuelle fasthetsforskjeller for de sementer som har vært benyttet.

Resultatene viser imidlertid at begge de undersøkte sandprøver fasthetsmessig er egnet som tilslag ved produksjon av mørtel og betong minst til og med fasthetsklasse C35.

BETONGPRØVING

Med tilslag nr 4, 7, 8, 9 og 10 ble det utført prøveblandinger i betong.

Det ble benyttet den samme sement som til mørtelblandingene. Materialsammensetningen framgår av Tabell 2, korngraderingen av Formular 2D.

Betongen ble framstilt i tvangsblender etter følgende prosedyre:

1 min tørrblanding av sement og tilslag i forholdet (vekt)
1:6,5

1 min våtblanding med tilsetning av vann til $v/c = 0,58$

2 min våtblanding med tilsetning av sementpasta med $v/c = 0,58$ til tilsiktet konsistens (7 - 9 cm synkmål) ble oppnådd

5 min henstillingstid

1 min avsluttende våtblanding

Umiddelbart etter avsluttet blanding ble synkmål, romdensitet og luftinnhold bestemt i henhold til reglene i NS3662, NS3660 og NS3659.

Deretter ble det utstøpt 4 stk 10 cm terninger for bestemmelse av trykkfasthet i henhold til reglene i NS3668 ved 7 og 28 døgns alder.

Resultatene fra prøvingen er gjengitt i Tabell 2.

Tabell 2. Betongprøving, materialsammensetning og resultater

RAPPORTHENVISNING		B1	B2
Blanding nr		1	2
Material-sammen-setning, kg/m ³ betong	Sement	357	354
	4. Sand 27-1-3	933	647
	7. Maskinsand 0-4	0	275
	8. Pukk 4-8	191	204
	9. Pukk 8-11	391	408
	10 Pukk 11-16	391	427
Vann		207	205
v/c		0,58	0,58
Støpelighet/bearbeidbarhet		God	God
Synkmål, cm		8	8
Densitet, kg/dm ³		2,47	2,52
Luftinnhold, %		1,4	1,3
Trykkfasthet, MPa, etter	7 døgn	29,8	30,2
	28 døgn	37,4	37,8

KOMMENTARER

Sammenligner en med det som erfaringsmessig oppnås i tilsvarende blandinger ved bruk av andre tilslag med tilsvarende, gunstige korngradering, vil en karakterisere de innsendte tilslag som relativt godt egnet for produksjon av en godt støpelig "vanlig" betong, dvs betong som tilfredsstillter v/c-kravet (maks v/c = 0,60) til miljøklasse NS, "noe aggressivt miljø", og fasthetskravet til fasthetsklasse C35.

Utskifting av ca 30 % av natursanden (27-1-3) med maskinsand (0-4) har ikke medført vesentlige endringer av de undersøkte betongegenskapene.

Det kan nevnes at en ved "normal" bruk av tilsetningsstoffer (2-3 liter lignosulfonatbasert P-stoff pr m³ betong) sannsynligvis vil kunne redusere betongens vann- og sementinnhold med ca 10 % uten at betongens konsistens, støpelighet eller fasthet endres i nevneverdig grad.

Trondheim den 15 februar 1989


Per Arne Dahl


Ola Skjølsvold

7034 Trondheim · NTH

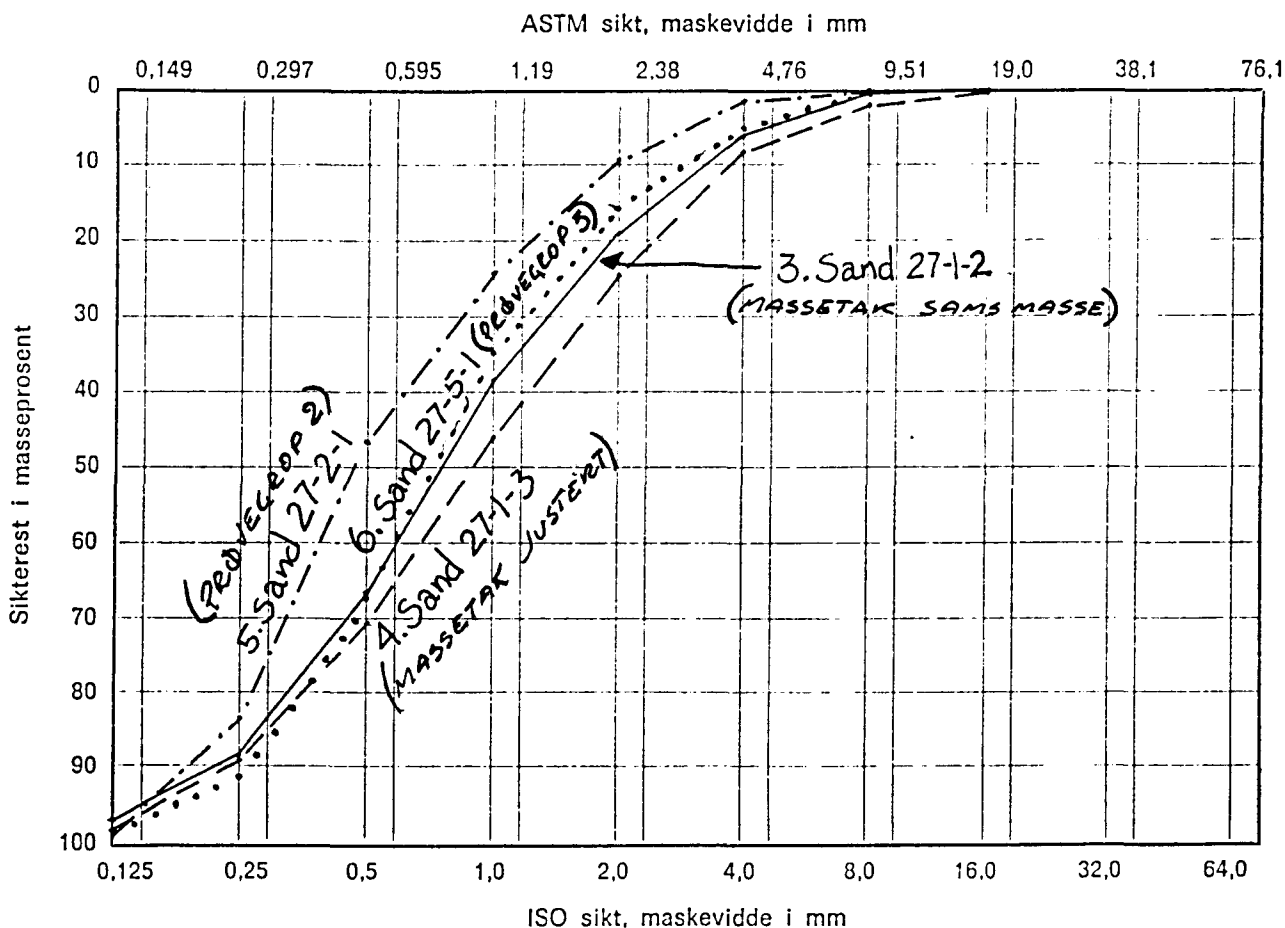
TELEFON: (07) 59 52 25
TELEX: 55 620 SINTF N
TELEFAX: (07) 59 24 80

Formular 2 A
Side 7 av 10

PRØVING AV TILSLAG, NS 3474

KORNGRADERING:

Vårt merke	Sikterest i masseprosent på sikt med maskevidde i mm:								
	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	32,0
3. Sand (27-1-2)	97,7	89,0	66,6	38,9	19,2	6,0	0,2	0	
4. Sand (27-1-3)	98,3	89,6	70,7	45,8	24,3	8,4	1,6	0	
5. Sand (27-2-1)	98,4	83,2	46,3	23,9	9,9	1,6	0		
6. Sand (27-5-1)	98,2	91,7	66,5	34,6	15,7	5,1	0		



7034 Trondheim - NTH

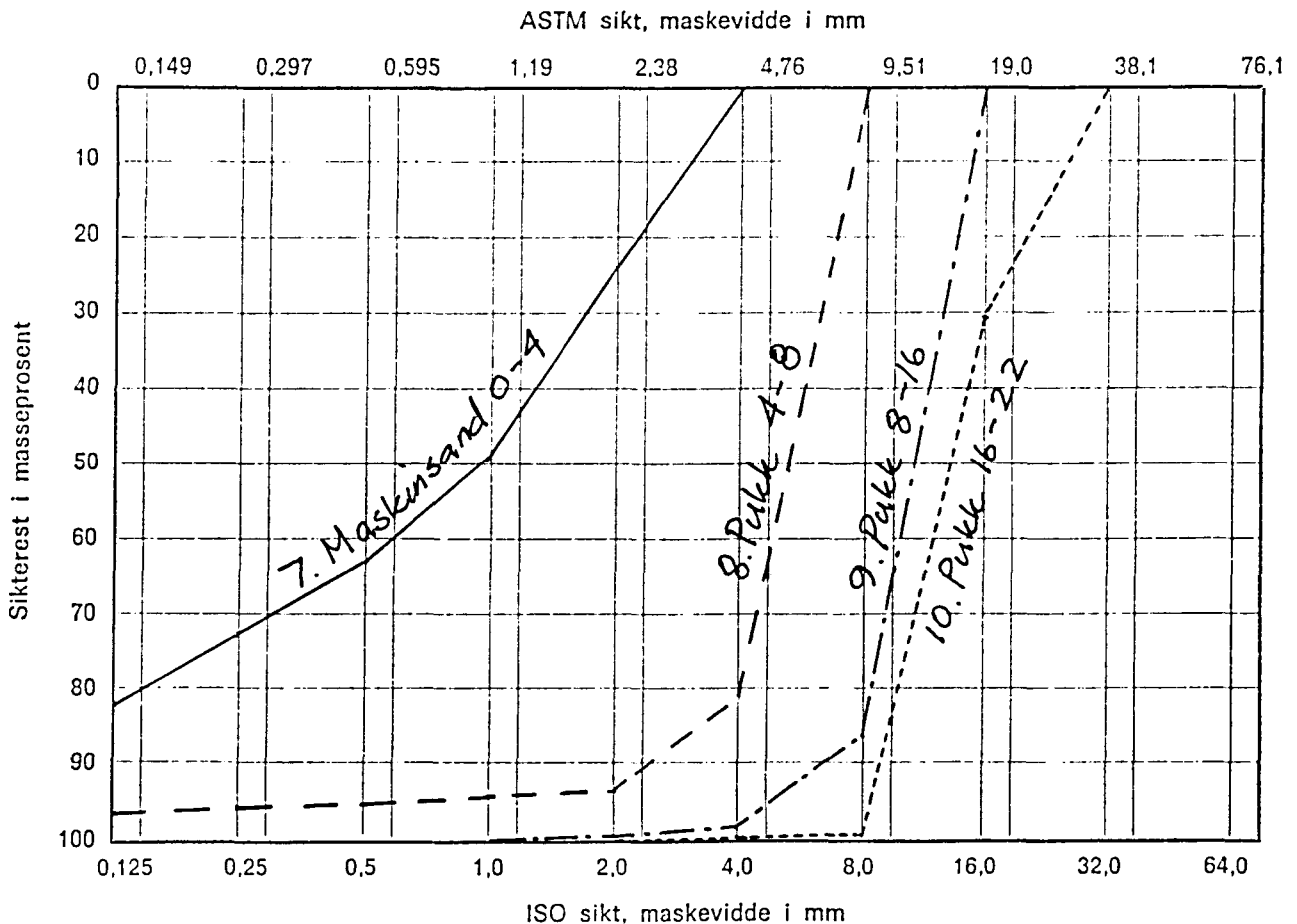
TELEFON: (07) 59 52 25
TELEX: 55 620 SINTEF N
TELEFAX: (07) 59 24 80

Formular 2 B
Side 8 av 10

PRØVING AV TILSLAG, NS 3474

KORNGRADERING:

Vårt merke	Sikterest i masseprosent på sikt med maskevidde i mm:								
	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	32,0
7. Maskinsand 0-4	82,1	72,7	62,8	48,5	23,9	0,1	0		
8. Pukk 4-8	96,4	95,7	95,2	94,6	93,7	81,4	0		
9. Pukk 8-16	100	100	100	100	99,5	98,5	86,5	0	
10. Pukk 16-22	100	100	100	100	100	99,5	99,4	30,5	0



7034 Trondheim - NTH

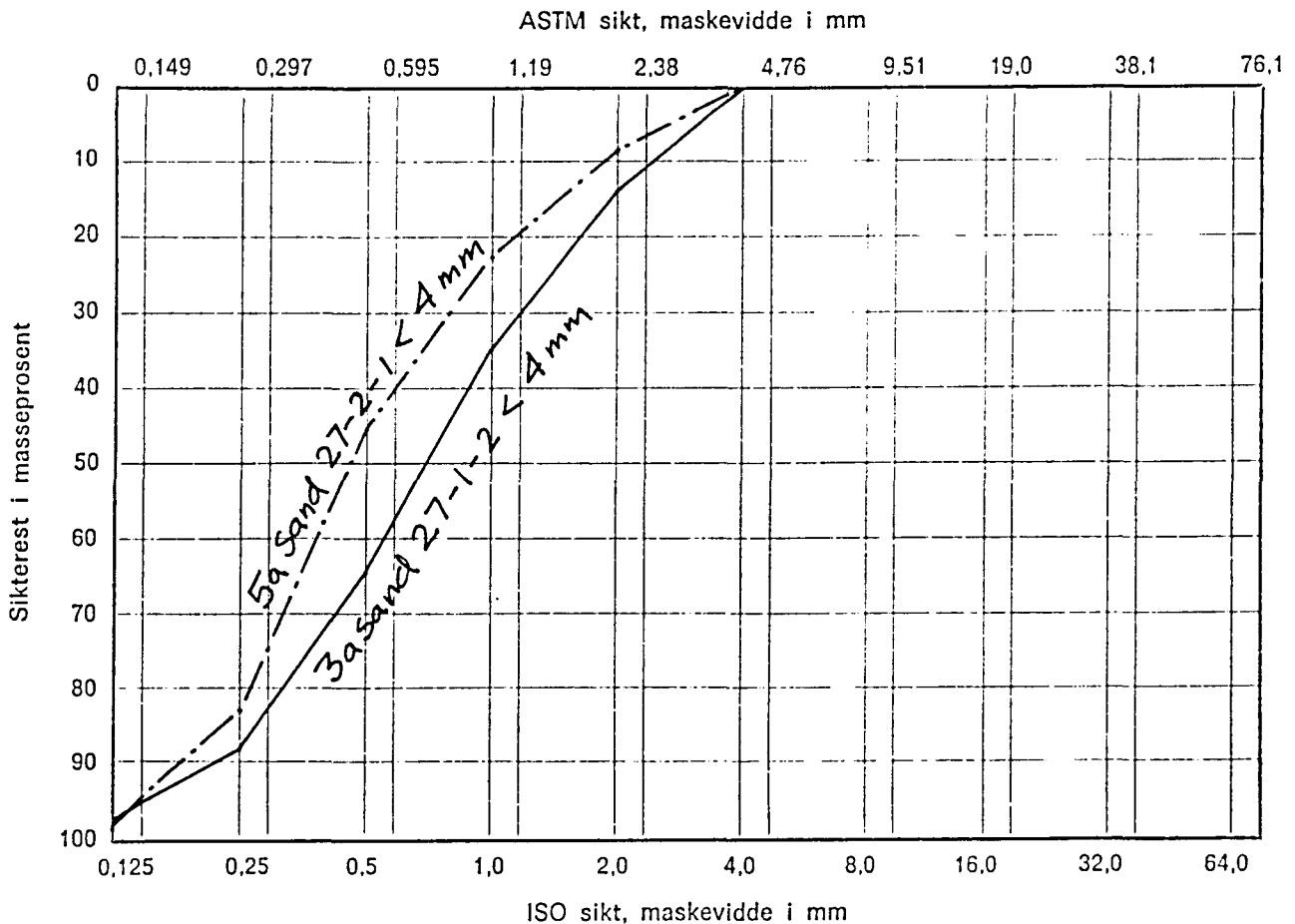
TELEFON: (07) 59 52 25
TELEX: 55 620 SINTF N
TELEFAX: (07) 59 24 80

Formular 2 C
Side 9 av 10

PRØVING AV TILSLAG, NS 3474

KORNGRADERING:

Vårt merke	Sikterest i masseprosent på sikt med maskevidde i mm:								
	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	32,0
3a. 3 Sand <4mm	97,6	88,3	64,5	35,0	14,0	0			
5a. 5 Sand < 4mm	98,4	82,9	45,4	22,7	8,4	0			



7034 Trondheim - NTH

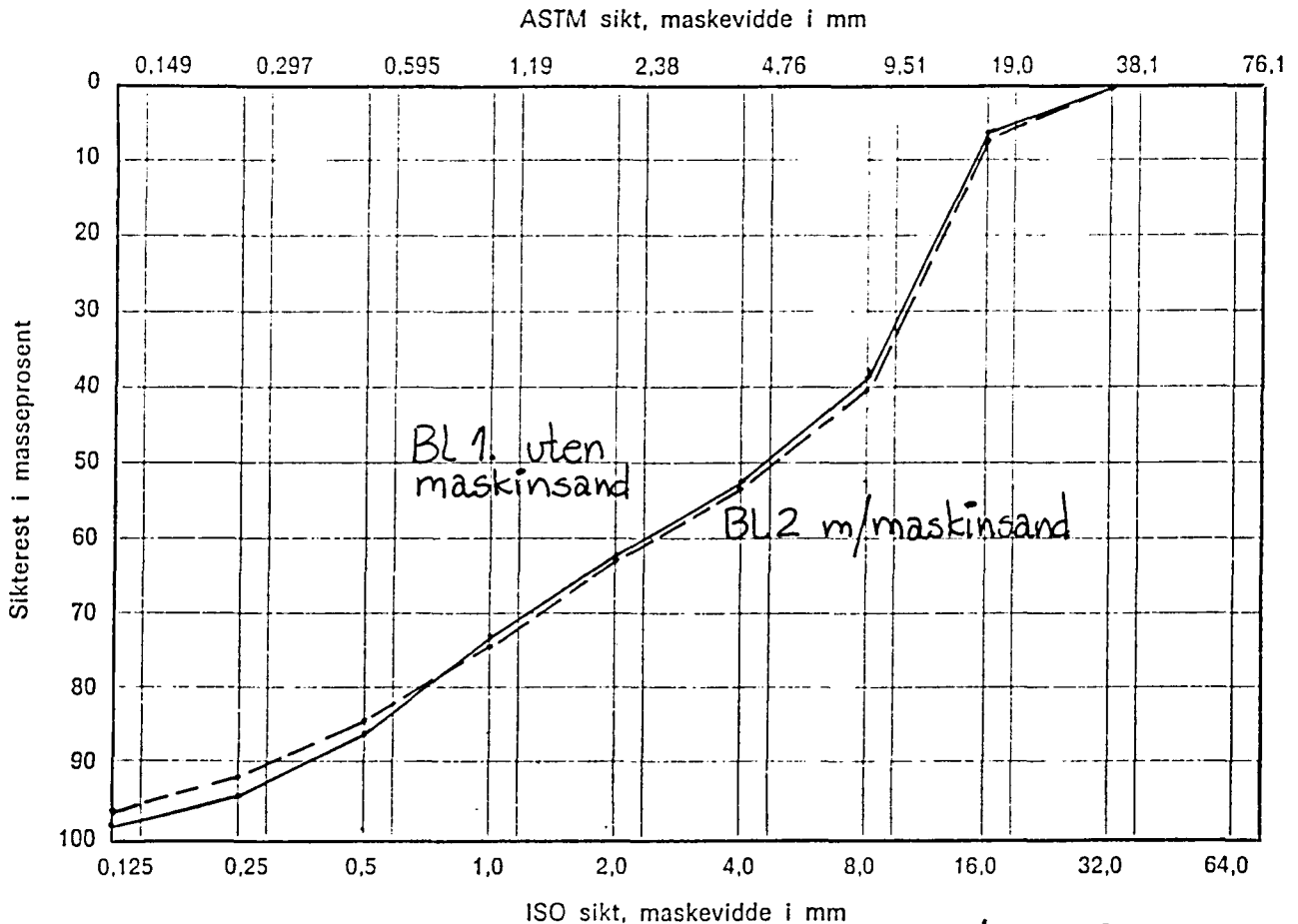
TELEFON: (07) 59 52 25
TELEX: 55 620 SINTF N
TELEFAX: (07) 59 24 80

Formular 2 D
Side 10 av 10

PRØVING AV TILSLAG, NS 3474

KORNGRADERING:

Vårt merke	Sikterest i masseprosent på sikt med maskevidde i mm:									
	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	32,0	
BL 1: 49% nr 4 + 10% nr 8 + 20,5% nr 9 + 20,5% nr 10	98,8	94,5	86,1	72,9	62,2	52,8	38,9	6,3	0	
BL 2: 33% nr 4 + 14% nr 7 + 10,4% nr 8 + 20,8% nr 9 + 21,8% nr 10	96,5	92,4	84,6	74,3	62,5	53,5	40,2	6,6	0	



L. Anne Dahl

SEISMISK REFRAKSJONSMETODE

Metoden grunner seg på at lydets forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/sek i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/sek i enkelte bergarter.

En "lydstråle" fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom 2 sjikt hvor lydhastigheten er henholdsvis V_1 og V_2 , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles i . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel R med innfallslodden, slik at $\sin i / \sin R = V_1 / V_2$. Når R blir 90 grader vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har $\sin i = V_1 / V_2$. Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstiller denne betingelse kalles kritisk vinkel eller i_c .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi årsak til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå frem før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dypet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng utnytter en ved å plassere seismometre langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner i samme linje. En får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydhastigheten langs profilet, kan en oppnå en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene. Ofte vil det derfor være naturlig å legge størst vekt på dybdebestemmelsen under skuddpunktene.

Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. En får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengoverflate må ikke være for stor. I praksis vil en gjerne få vanskeligheter når denne vinkel overstiger 25 grader.

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de optegnede diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til stede hvis lyden på sin vei nedover i jordskorpen treffer et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det aldri komme

refrakterte bølger opp igjen til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil derfor ikke kunne erkjennes av måledataene. De virkelige dyp vil være mindre enn de beregnede. Generelt må en si at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt.

Med den anvendte apparatur vil en kunne bestemme bølgenes "løpetid" med en usikkerhet av 1 millisekund når seismogrammene har gjennomsnittelig kvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/sek, svarer dette til en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

Når en oppnår førsteklasses seismogrammer, kan tiden avleses med 0.5 millisekund nøyaktighet, men selv da mener vi det er urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell - størrelsesorden 1 m - blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og en må regne med prosentvis store feil i dypene.

Hastighetsvariasjoner som man vanligvis har i en del løsmassetyper er som følger:

Organisk materiale	:	150-500 m/s
Sand/grus over gr.vannsnivå	:	200-800 "
Sand/grus under " "	:	1400-1600 "
Morene " " "	:	700-1500 "
Morene under " "	:	1500-1900 "
Hardpakket bunmorene	:	1900-2800 "
Leire	:	1100-1800 "

VEDLEGG 2.

BOREMETODER

Ved detaljundersøkelser av sand og grusforekomster til teknisk bruk, grunnvannsundersøkelser, vurdering av konsekvenser ved bygge og anleggstekniske inngrep i løsmassene og andre tilfeller hvor det er av betydning å kjenne kornstørrelsesfordelingen nedover i forekomsten, vil man i varierende grad bygge sine vurderinger på data innhentet ved sonderende eller prøvehentende boringer.

Som et hjelpemiddel til dette bruk har NGU en Borros beltegående borerigg. Riggen er utrustet med 36 mm borstreng og 46 mm krysskjærkroner for sondering. For prøvetaking benyttes en 74 mm prøvetaker som kan ta prøver opp til ca. 1 kg.

Neddrivingen av borstrengen skjer ved rotasjon, trykk og slag. Dette skjer under kontinuerlig spyling med vann eller med stabiliserende kjemikalier. Ved sonderboringer er vurderingen av kornstørrelsen basert på neddrivningshastighet, matingstrykk, vanntrykk og lyd, (massenes gnissing mot borstrengen). Tolkningen vil derfor i en viss grad være subjektiv og informasjonsmengde og nøyaktighet være avhengig av operatørens erfaring og geologiske bakgrunn.

I en kombinasjon med andre undersøkelser som seismikk eller elektriske motstandsmålinger vil påliteligheten øke. Aller best er kombinasjonen med prøvehentende boringer hvor man kan bekrefte sonderboringerne, samtidig som man kan dokumentere massenes beskaffenhet med prøvetaking.

Under prøvepumping ved grunnvannsundersøkelser brukes 5/4 " rør i lengder på 1 og 2 meter. Det nederste røret "sandspissen er formet som en spiss i enden og har freset ut slisser i rørveggen på 3-5 mm for å slippe vannet inn i røret. Sandspissen blir drevet ned til ønsket dyp ved påskjøting av hele røret. Selve pumpingen skjer ved at sugeslangen fra en pumpe på bakken blir koblet til det øverste røret. Kapasiteten måles ved oppumpet mengde pr. tidsenhet. Metoden har sin begrensning i pumpens løftehøyde og kan derfor bare benyttes i områder hvor grunnvannsnivået maksimalt ligger 6-7 meter under overflaten. På større dyp må større rørdimensjoner og nedsenkbare pumper benyttes.

Vegformål.

Krav til nedknust materiale for bruk til vegformål varierer avhengig av hvor i vegoverbygningen materialet skal benyttes. For forsterknings- og bærelag bør materialet ligge innenfor klasse 3 eller bedre etter fallprøven.

I tillegg bør glimmer- og kisinnholdet i bergarten være lavt. Et høyt glimmerinnhold i bergarten gir ofte et flisig knuseprodukt som igjen kan være årsak til dannelse av telefarlig materiale. Eksakte verdier for hvor mye glimmer og kis som kan godtaes i en bergart finnes ikke. Generelt bør ikke glimmerandelen overstige 10-15% og kisinnholdet (spesielt magnetkis) bør være mindre enn et par prosent.

De strengeste krav til materialet stilles ved bruk som tilslag i asfaltdekker for sterkt trafikkerte veger. Materialet må falle inn under klasse 2 etter fallprøven og samtidig gi en tilfredsstillende slitasjemotstand avhengig av trafikkmengden.

Vegdirektoratet stiller idag følgende krav til slitasjemotstand:

ÅDT større enn 6000:	Mindre enn 2,5
ÅDT fra 2000 - 6000:	Mindre enn 3,0
ÅDT mindre enn 2000:	Ingen krav

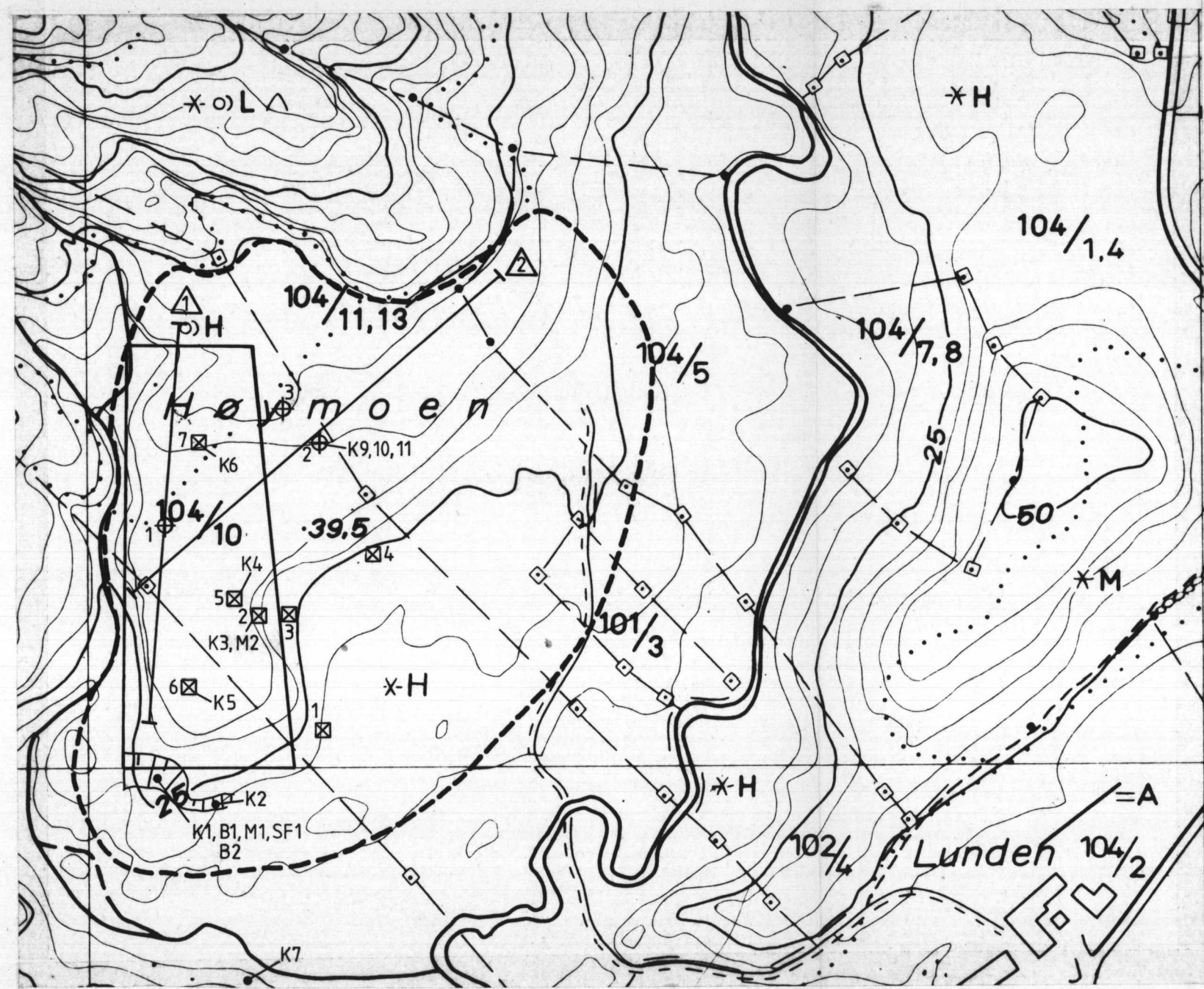
Betong

Med unntak av flisighetstallet er det ikke fastlagt spesifikke krav til de mekaniske egenskapene for knust tilslag til betong. Flisighetstallet bør være mindre enn 1.45 for kornfraksjonen 11.3 - 16.0 mm. Erfaringsmessig er flisigheten mer avhengig av knuseutstyret og knuseprosessen enn mineralinnhold og tekstur i bergarten..

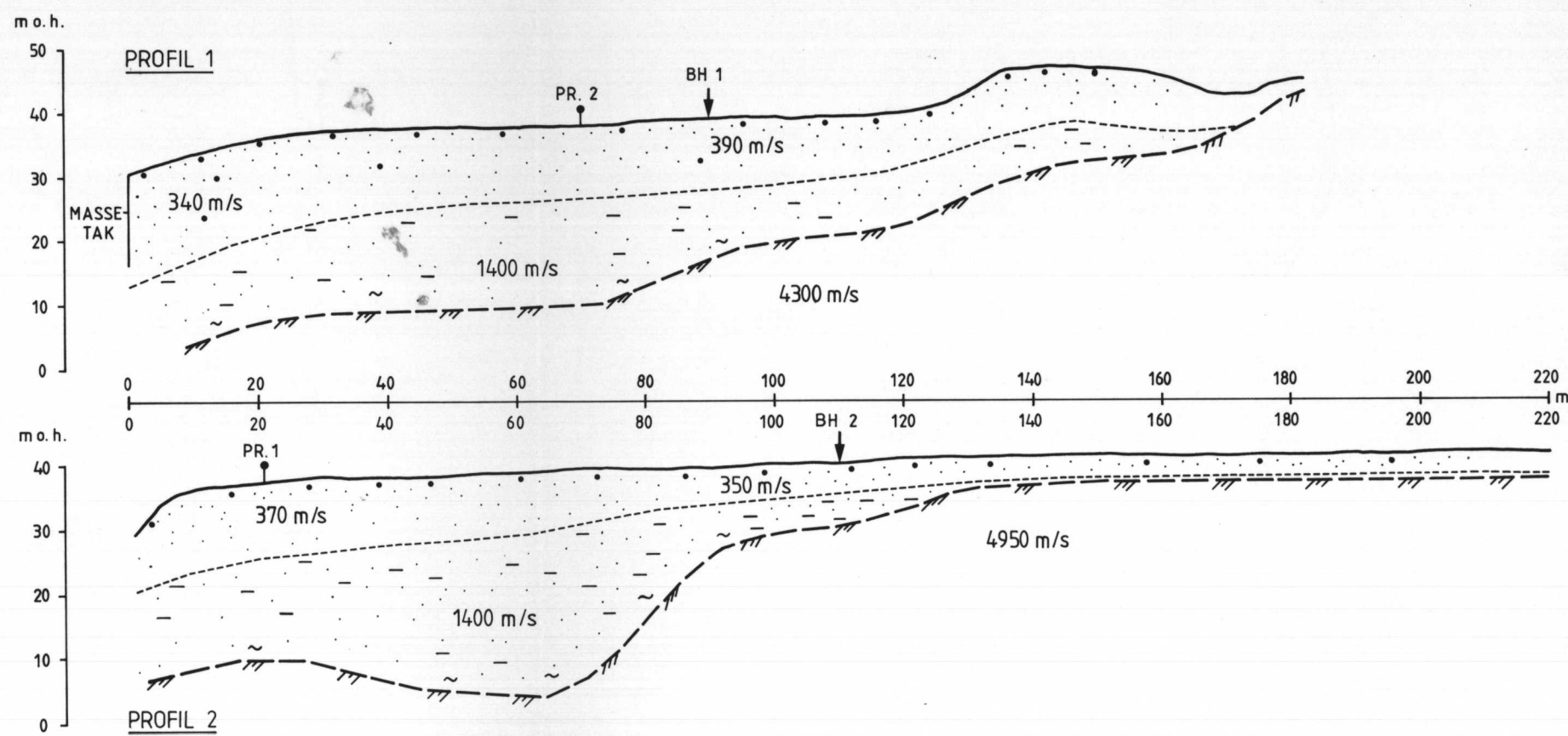
Generelt bør bergarter til bruk i betong være "mekanisk gode" og inneholde minst mulig glimmer (type glimmer avgjørende, men helst 10%). For høyt innhold av enkelte kis-mineraler (svovelkis, magnetkis) er uønsket.

Ved fremstilling av høyfast betong opererer man med så høye fastheter at tilslaget utgjør det svake punkt. Kravet til de mekaniske egenskapene er dermed større uten at det foreligger nærmere kvalitetskriterier.

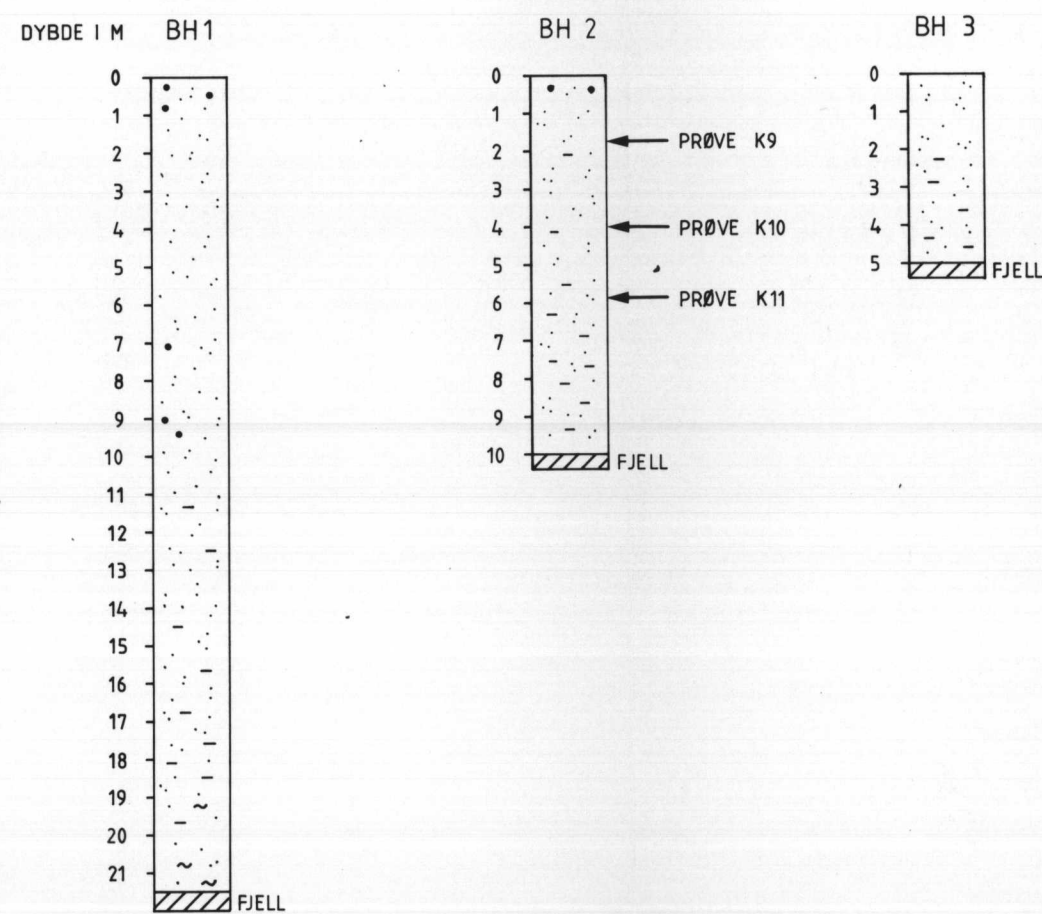
Ved siden av gode sprøhets- og abrasjonsegenskaper er følsomheten for vannfukting av betydning.



TOLKEDE SEISMISKE MÅLINGER



SONDERBORINGER



TEGNFORKLARING

- AVGRENŚING AV FOREKOMSTEN
- MENGDEBEREGNET DEL
- ▒ MASSETAK
- ⊠ 1 TRAKTORGRAVD PRØVEGRØP MED PRØVENUMMER
- ⊠ 2 SONDERBORHULL MED PRØVENUMMER
- △ SEISMISK PROFIL MED NUMMER
- TERRENGOVERFLATE
- - - GRUNNVANNSNIVÅ
- ▒ FJELLOVERFLATE
- 340 m/s LYDHASTIGHET
- ↑ KRYSSENDE PROFIL
- BH 1 BORHULL I PROFILLINJA
- K1 PRØVEPUNKT MED PRØVENUMMER
- K KORNFØDELING
- B BETONGPRØVING
- M MØRTELPRØVING
- SF SPRØHET OG FLISIGHET

KORNSTØRRELSER

- ○ ○ STEIN 256-64 mm
- ● ● GRUS 64-2 mm
- · · SAND 2-0,063 mm
- - - SILT 0,063-0,002 mm
- ~ ~ ~ LEIR < 0,002 mm

NGU KVALITETSVURDERING AV HØYMOFOREKOMSTEN I REDDAL FOR BETONG FORMÅL GRIMSTAD KOMMUNE, AUST-AGDER FYLKE	MÅLESTOKK	OBS. KW	JULI 1988
	1:2500	TEGN.	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TRAC. IL	JAN. 1989	
	KFR.	Jan. 89	
	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	89.015-01	1511 I	