

NGU-rapport nr. 86.089

Byggeråstoffundersøkelser av sand
og grus fra Hallonenåsen, avgangs-
slam og pukk fra A/S Sydvaranger i
Sør-Varanger kommune,
Finnmark fylke



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 50 25 00

Rapport nr. 86.089	ISSN 0800-3416	Åpen/Fortrolig-til-	
Tittel: Byggeråstoffundersøkelser av sand og grus fra Hallonenåsen, avgangsslam og pukkk fra A/S Sydvaranger i Sør-Varanger kommune, Finnmark fylke.			
Forfatter: Knut J. Bakkejord		Oppdragsgiver: NGU, Finnmarksprogrammet	
Fylke: Finnmark		Kommune: Sør-Varanger	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Kirkenes		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 2434.2 Kirkenes 2434.3 Høybuktknoen	
Forekomstens navn og koordinater: A/S Sydvaranger 36W 3839 77311 Hallonenåsen 35W 6121 77305		Sidetall: 18	Pris: kr. 40,-
Feltarbeid utført: Aug. -85	Rapportdato: 15. mai 1986	Prosjektnr.: 1886.72	Prosjektleder: K. J. Bakkejord
Sammendrag: <p>I regi av NGUs Finnmarksprogram er det utført undersøkelser av sand/grus fra Hallonenåsen og avgangsslam fra A/S Sydvaranger i Sør-Varanger kommune med tanke på betongtilslag. Som ledd i omfattende kartlegging av pukkkforekomster er det tatt en prøve fra pukkkverket ved A/S Sydvaranger.</p> <p>Det er utført mørtelprøvestøpinger ved NOTEBY A/S i Trondheim og kornfordeling, sprøhet-/flisighet- og abrasjonsundersøkelser ved NGU.</p> <p>Sand og grus fra Hallonenåsen har gode egenskaper som betongtilslag, men for lavt fillerinnhold m.h.p. magre betongblandinger. Ved å sette til avgangsslam fra A/S Sydvaranger blir det en marginal økning i både bearbeidbarhet og fasthet. Avgangsslammet egner seg godt som fillertilsetning i grove sandtyper.</p> <p>Undersøkelser av pukkk fra A/S Sydvaranger, en mørk grå biotitt-hornblende gneis viste et mekanisk sterkt materiale som kan brukes til alle vegformål utenom dekker med mere enn 6000 ADT.</p>			
Emneord	Ingeniørgeologi	Ressurskartlegging	
Grus	Pukkk	Betongprøvestøping	
Fallprøve	Abrasjon	Fagrapport	

INNHOLD

	SIDE
1. Innledning	4
2. Resultater	4
3. Konklusjon	5

Vedlegg

- 86.089-01 Kornfordelingskurver.
- 02 Betongundersøkelser - NOTEBY.
- 03 Sprøhet og flisighet. Abrasjon.
- 04 Beskrivelse av laboratorieanalyser. Pukk.

Tegning

- 86.089-01 Oversiktskart Kirkenesområdet M 1:50 000

1. INNLEDNING

Etter anmodning fra Sør-Varanger kommune og A/S Sydvaranger er det utført undersøkelser av sand/grus fra Hallonenåsen i Sandnesdalen ved Kirkenes og avgangsslam fra A/S Sydvaranger med tanke på betongtilslag.

Undersøkelsene består i 2 mørtelprøvestøpinger utført ved NOTEBY A/S i Trondheim og kornfordelingsanalyser utført ved NGU. På en prøve av knust fjell (pukk) fra produksjonen i Bjørnevatn er det ved NGU utført en sprøhets- og flisighetsanalyse og abrasjonsundersøkelse. Betongundersøkelsene kom istand fordi man hadde problemer med for lite finstoff eller filler (materiale mindre enn 0,125 mm) i massene ved Hallonenåsen som er undersøkt av NGU i 1978 (NGU-rapport 1625/9C). Pukkundersøkelsen inngår i NGUs generelle undersøkelse av pukkkforekomster. Finansiering skjer over NGUs Finnmarksprogram og ved midler fra Finnmark fylkeskommune.

2. RESULTATER

Prøve fra produsert masse i uttaket ved Hallonenåsen har ifølge NOTEBY brukbar korngradering, men noe lavt fillerinnhold m.h.p. magre betongblandinger, vedlegg 02. Vannbehovet er lavt til middels, noe som gir tildels god bearbeidbarhet. Fasthetsegenskapene er også gode. Ved å sette til avgangsslam fra A/S Sydvaranger blir imidlertid både bearbeidbarheten og mørtelfastheten bedre.

Avgangsslam fra A/S Sydvaranger er prøvd som fillertilsetning for to grove sandtyper, den ene er som nevnt fra Hallonenåsen og den andre er fra Nyelv i Nesseby kommune. Ifølge NOTEBY tyder mørtelforsøkene på at slammet er godt egnet som fillertilsetning til grove sandtyper, vedlegg 02. Bearbeidbarheten blir bedre og mørtelfastheten øker.

Forøvrig viser laboratorieundersøkelser av knust fjell (pukk) fra puk-
kverket ved A/S Sydvaranger i Bjørnevatn at dette materialet er mekanisk sterkt. En sprøhet- og flisighetsundersøkelse viser at materialet er noe flisig, vedlegg 03. Allikevel faller resultatene i kvalitetsklasse 2, noe som betyr et mekanisk sterkt materiale. En abrasjonsundersøkelse gir 0,48 i verdi for materialets motstand mot slag og ripepåkjenning i vegdekker og dette betegnes som godt.

Slitasjemotstanden er en produktverdi av abrasjonstallet og kvadratrot av sprøhetstallet og den er lik 2,8 for pukk fra A/S Sydvaranger. Dette resultatet er middels sterkt og betyr at materialet kan brukes til alle vegdekker, utenom de med mer enn 6000 årsdøgntrafikk (ÅDT).

Knusing i kjeftetygger med åpning 12 mm gir 48,3% finstoff (materiale mindre enn 8 mm). Dette materialet har jevn og fin gradering (vedlegg 01) og bør være fullt brukbart til vegformål. Det er sannsynlig at det også kan brukes til betongformål, men dette må undersøkes nærmere.

Geologiske studier av den prøvde bergarten er utført som studier av håndstykke (makrostrukturer). Dette viser at bergarten er en mørk grå, svakt skifrig gneis, trolig en biotitt - hornblende gneis. Tynnslipundersøkelser av mikrostrukturer, mineralinnhold og kornstørrelse er ikke utført her, men bør være med i en fullstendig pukkundersøkelse. I vedlegg 04 er listet opp analysemetoder for pukk.

3. KONKLUSJON

Undersøkelsene av produsert sand/grus til betongformål fra Hallonenåsen massetak viser et materiale med gode betongegenskaper. Imidlertid har blandinga for lite finstoff, dvs. et lavt fillerinnhold og tilsetning av avgangsslam fra A/S Sydvaranger gir både bedre bearbeidbarhet og økt fasthet.

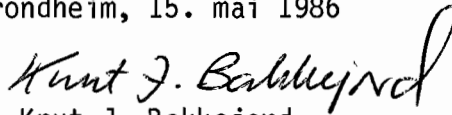
Generelt kan det sies at avgangsslam fra A/S Sydvaranger egner seg godt som fillertilsetning i grove sandtyper.

Undersøkelser av pukk fra avgangen i Bjørnevatn viser et relativt sterkt materiale mekanisk sett. Materialet har noe høy flisighet, men et relativt lavt sprøhetstall og gode verdier for abrasjon og slitemotstand gjør at det kan brukes til samtlige vegformål utenom dekker med mere enn 6000 årsdøgntrafikk (ÅDT). Det er ikke undersøkt om den nedknuste pukken kan brukes som betongtilslag alene.

Den undersøkte bergarten er en mørk grå, svakt skifrig gneis, trolig en biotitt - hornblende gneis. Foruten studier av tynnslip fra bergartene ved A/S Sydvarangers brudd i Bjørnevatn kan videre undersøkelser bestå i

betongteknologiske undersøkelser av pukkmaterialer og av kombinasjoner pukk, slam, sand og grus. Det vil da være spesielt interessant å undersøke slike kombinasjoner mot høyere betongfasthetsklasser.

Trondheim, 15. mai 1986

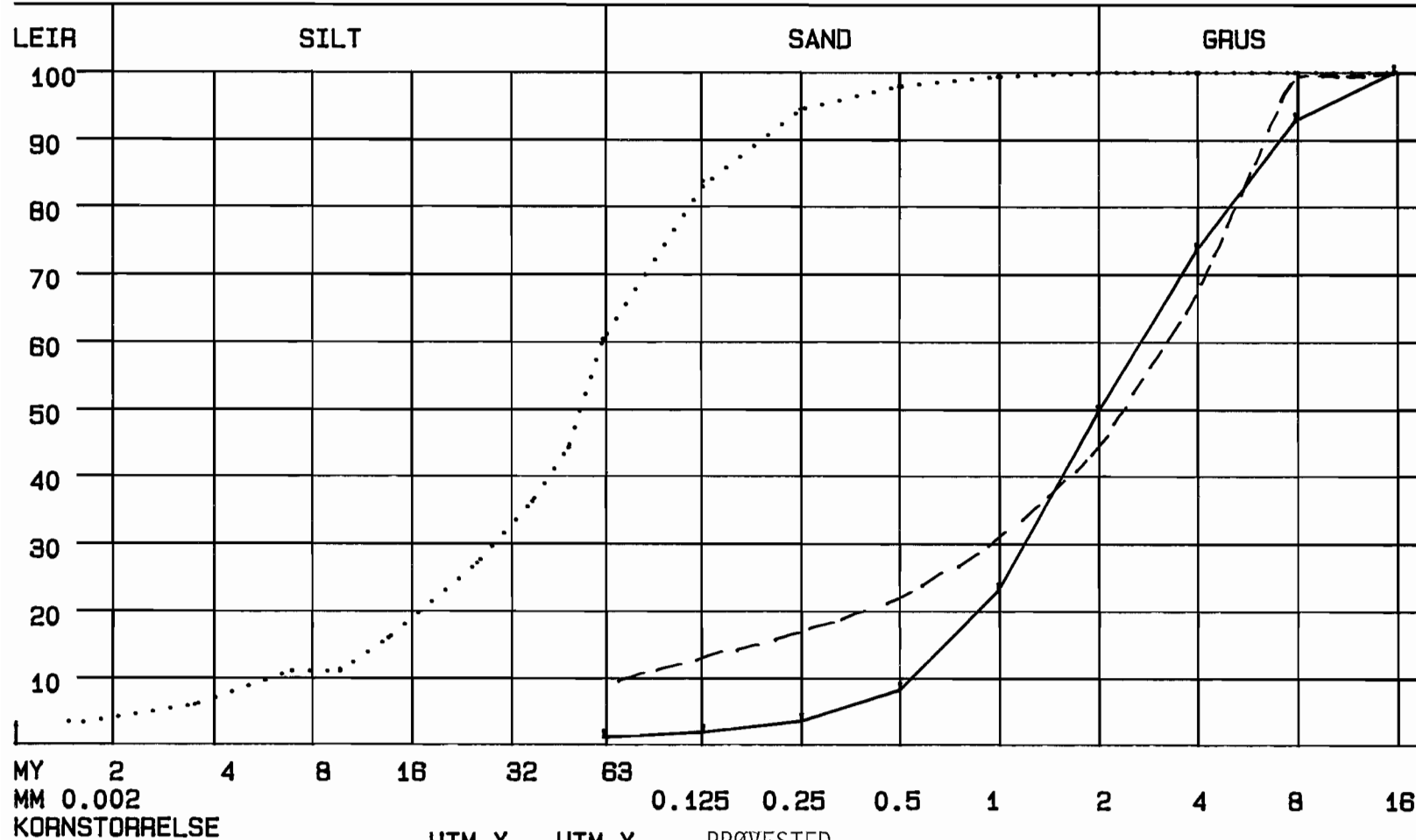


Knut J. Bakkejord

forsker

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE
 H\YBUKTMØEN 24343



MY 2 4 8 16 32 63
 MM 0.002
 KORNSTØRRELSE

UTM X	UTM Y
123	305
155	310
155	310

PRØVESTED
 HALLONENÅSEN
 A/S SYDVARANGER, AVGANGSSLAM
 " , LAB.KNUST PUKK

—————	850577
.....	850578
- - - - -	860184

N O T A T

NGU

SAND- OG GRUSPRØVER FRA FINNMARK, MØRTELPRØVNING

Vi har som avtalt undersøkt 6 mottatte prøver av sand/grus fra Finnmark m.h.p. egenskaper som betongtilslag.

To av prøvene har dessuten blitt undersøkt etter tilblending av avgangsslam fra A/S Sydvaranger.

Undersøkelser

Følgende parametre er undersøkt:

1. Korngradering
2. Humusinnhold (NaOH-metoden)
3. Slaminhold
4. Spesifikk vekt
5. Sandens (0-4 mm) vannbehov og fasthetsegenskaper i mørtel.

Resultater

- ./.. Undersøkelsesresultatene er presentert på vedlagte tegninger. Mørtelprøvningsresultatene er sammenstilt på tegn. nr. -704, mens de øvrige resultatene er presentert for prøvene enkeltvis på tegn. nr. -72 t.o.m. -78:

-	Prøve 2011-21/85 Kautokeino,	tegn. nr. -72
-	" 2027- 4/85 Nesseby	" -73
-	" 2027- 5/85 "	" -74
-	" 2027- 7/85 "	" -75
-	" " "	" "
-	tilsatt avgangsslam, Sydvaranger	" -76
-	" 2030- 1/85 Høybuktkmoen	" -77
-	" " "	" "
-	tilsatt avgangsslam, Sydvaranger	" -78

Vurdering av resultateneKautokeino

Prøven hadde noe høyt vannbehov i mørtel (vannbehovsindeks $K_N=4,0$). Sansynligvis skyldes dette for en stor del et relativt høyt fillerinnhold (ca. 12% <0,125 mm av 0-4 mm). Graderingen er forøvrig jevn, og materialet bør kunne utgjøre et brukbart

sand-tilslag gjennom riktig kombinasjon med grovt tilslag (forholdsvis høy stein-%); alternativt ved kombinasjon med grovere sand, eller vasking av filler.

Fasthetsegenskapene er tilfredsstillende.

Prøven var ikke humus- eller slamforurenset.

Nesseby

Prøve nr. 2027-4/85 viste et svært høyt vannbehov ($K_N=4,7$), noe som antas å skyldes en svært finkornig, vannkrevende gradering og et høyt slaminnhold. Dette medfører også mindre gode fasthetsegenskaper. Materiale som representert ved denne prøven antas mindre egnet som sandtilslag i betong, men kan evt. finne anvendelse som finsand-tilsetning til et grovere materiale.

Prøve nr. 2027-5/85 hadde en meget gunstig korngradering. Vannbehovet ($K_N=3,4$) kan karakteriseres som lavt til middels, og fasthetsegenskapene som brukbare.

Prøve nr. 2027-7/85 manglet filler, og mørtelprøving ble gjort etter tilsetning av 8% avgangsslam fra Sydvaranger. Dette gav et materiale med brukbar korngradering, om enn noe ensgradert (ca. 65% mellom 0,5 og 2,0 mm). Egenskapene i mørtel kan karakteriseres som gode, med lavt vannbehov ($K_N=3,3$) og svært bra fasthet.

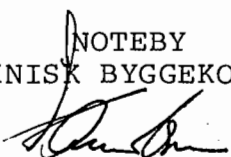
Høybuktaen, Halløen

Prøven hadde brukbar korngradering, med noe lavt fillerinnhold m.h.p. magre betongblandinger. Mørtelprøven viste gode fasthetsegenskaper og lavt til middels vannbehov ($K_N=3,4$). Tilsetning av 5% avgangsslam gav en marginal økning både i vannbehov og mørtelfasthet.

Avgangsslam fra A/S Sydvaranger

Mørtelforsøkene tyder på at avgangsslammet er godt egnet som fillertilsetning til grove sandtyper. Innflytelsen på vannbehovet står i forhold til endringen av korngradering. Prøvene med slamtilsetning gav de to høyeste målte mørtelfasthetene i denne forsøksserien.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A/S


S.W. Danielsen

UNDERSØKELSE AV TILSLAG

BYGGEPLASS :

OPPDRAGSGIVER: NGU

TILSLAG : SAND

MENGDE 4,1 KG

HVOR UTTATT : 2030-1/85 HØYBUKTMOEN

DATO 14.11.85

HUMUSPRØVE - FARVE : 0,5

ANM. Tilfredsstillende

SLAMM - VOLUM % : 1,4

ANM. "

SPESIFIKK VEKT : 2,75

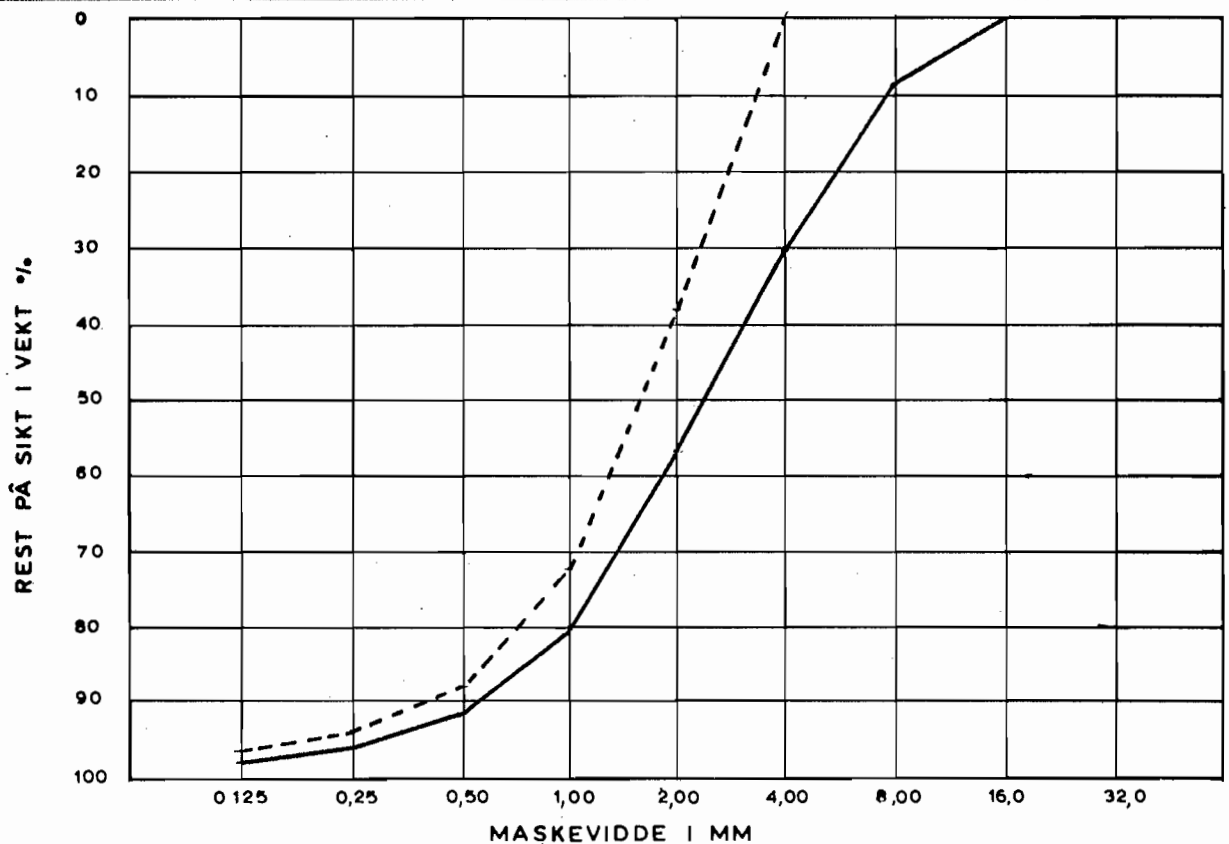
 kg/dm³

ANM. Normalt

KORNFØRM: AVRUNDET - SKARPKANTET - FLAT - LANGSTRAKT - KUBISK - UREGELMESSIG

SIKTEPRØVE

MASKEVIDDE MM	0,125	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	16,0	32,0	FM
REST PÅ SIKT, VEKT %	97,9	96,0	91,9	81,0	57,4	30,9	8,9	0		4,15
REST, RED. TIL 4 MM	97,0	94,2	88,3	72,5	38,4	0				3,42



————— Naturlig gradering

 - - - - - Redusert til $D_{max} = 4,0$ mm


 ANSVARSHAVENDE

BYGGEPLASS : MØRTELPRØVING, SAND OG SLAM

OPPDRAGSGIVER: NGU

TILSLAG : SAND 2030-1/85 HØYBUKTMOEN MENGDE KG
AVGANGSSLAM, A/S SYDVARANGER

HVORUTTATT : DATO

HUMUSPRØVE - FARVE : ANM.

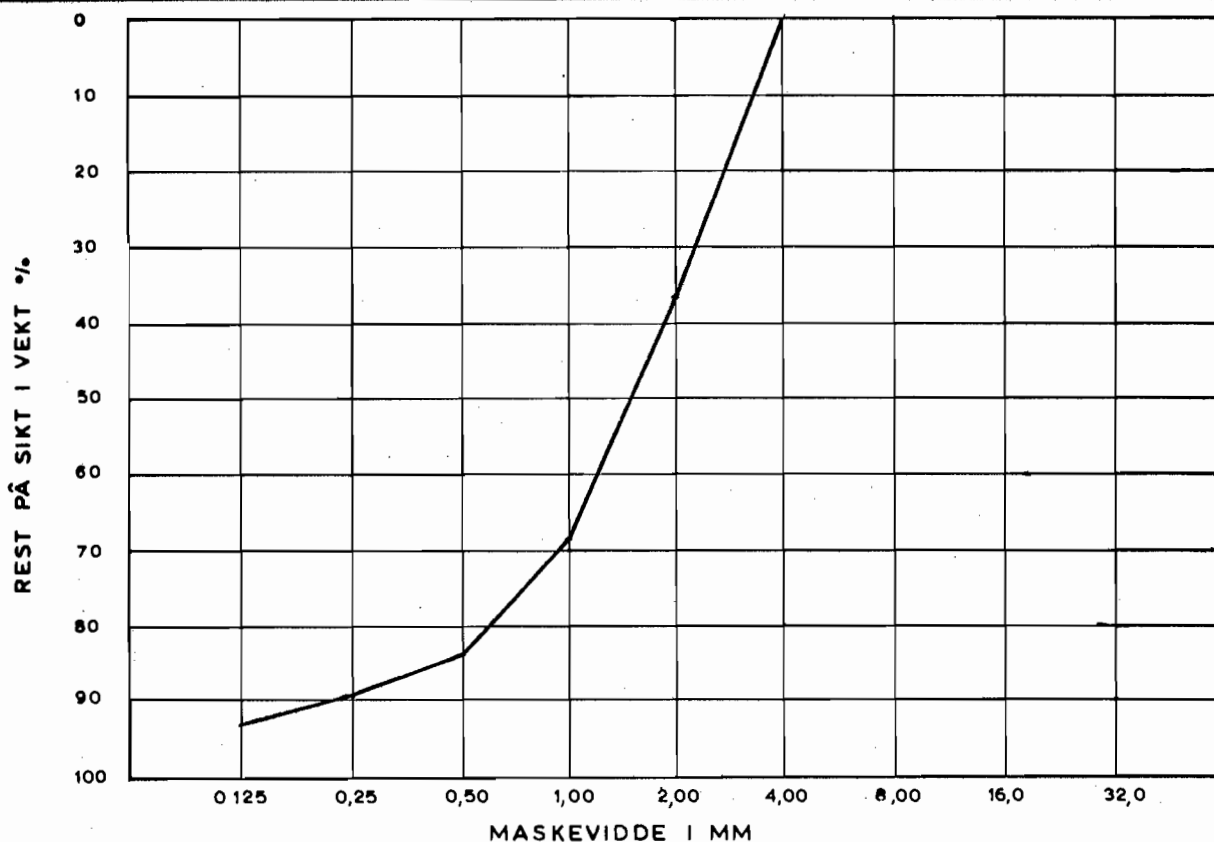
SLAMM - VOLUM % : ANM.

SPESEFIKK VEKT : kg/dm³ ANM.

KORNFORM: AVRUNDET - SKARPKANTET - FLAT - LANGSTRAKT - KUBISK - UREGELMESSIG

SIKTEPRØVE

MASKEVIDDE MM	0,125	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	16,0	32,0	FM
REST PÅ SIKT, VEKT %	93,0	89,8	84,0	68,9	36,5	0				3,26
REST, REQ. TIL MM										



Mørtelprøve nr./lab. nr.: 7/3-86

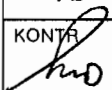

Blandingsforhold: 95% sand 2030-1/85 0-4 mm
5% avgangsslam 0,002-2 mm

[Signature]
ANSVARSHAVENDE

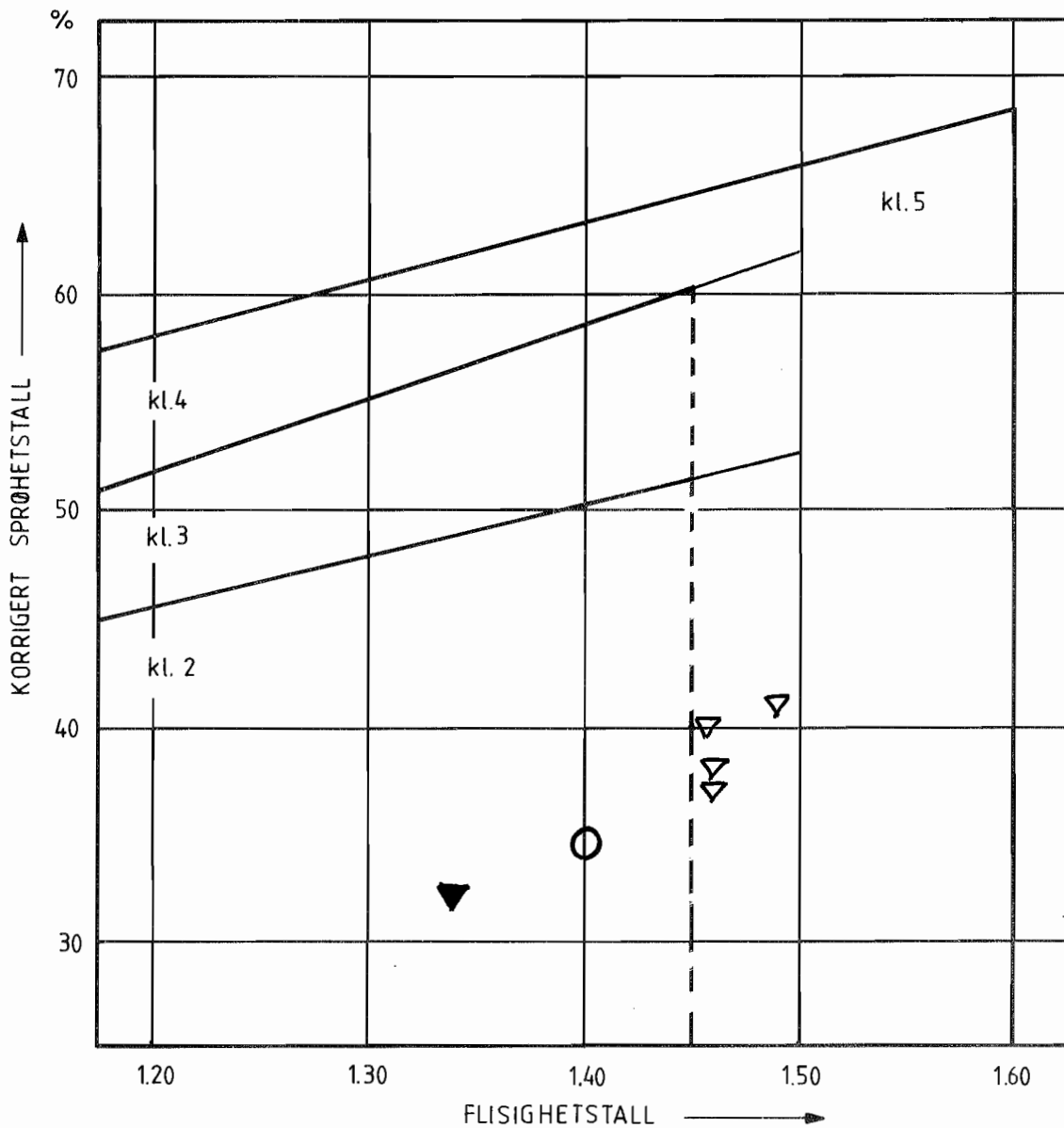
LOKALITET	Kautokeino 2011-21/85	Nesseby 2027- 4/85	Nesseby 2027- 5/85	Nesseby 92% 2027- 7/85 8% avg.- slam	Høybukt- moen 95% 2030- 1/85 5% avg.- slam	Høybukt- moen 2030- 1/85
PRØVE NR./LAB.NR.	3/77	4/76	5/79	6/3	7/4	8/78
GRADERING, FM ¹⁾	2,34	1,61	2,81	3,26	2,91	3,42
VANNBEHOVSINDEKS, K _N	4,0	4,7	3,4	3,3	3,6	3,4
MØRTELROMVEKT, ρ	2,27	2,24	2,32	2,37	2,35	2,37
TILSLAGETS TETTHET, D _T	2,74	2,74	2,71	2,75 og 2,95	2,68 og 2,95	2,75
TETTHET FAST STOFF, D _F	2,83	2,83	2,81	2,84	2,79	2,84
LAGRINGSTETTHET I _ρ = $\frac{\rho}{D_F}$	0,80	0,79	0,83	0,83	0,84	0,83
FASTHETER, MPa						
σ ₇	40,6	34,3	44,0	49,6	47,2	42,9
σ ₂₈	46,1	42,6	50,8	56,7	57,4	55,5
REFERANSEFASTHETER MPa ²⁾						
σ _{R7}	52,1	47,3	46,6	52,5	47,2	45,4
σ _{R28}	59,1	58,8	53,8	60,0	57,4	58,7
V/C-TALL	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45

1) Benyttet gradering 0-4,0 mm karakterisert ved følgende finhetsmoduler.

2) Omregnet til lagringstetthet I_ρ = 0,84 (høyeste målte innenfor prøveserien)

MØRTELPRØVING SAMMENSTILLING AV RESULTATER	MÅLESTOKK	TEGNET VS	REV.
	NGU SAND FRA FINNMARK	KONTR. 	
		DATO 12.3.86	DATO
 NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A/S	OPPDRAK NR. 21299-200	TEGN. NR. 704	REV.
			SIDE

PUKK A/S SYDVARANGER



TEGNFORKLARING :

- ▽ 8-11 mm
- ▼ omslag
- Korr. sprøhetstall (KS for f = 1,40)

Abrasjonstall: 0,48
 Slitasjemotstand: 2,8
 (med KS)

SPRØHET OG FLISIGHET VED FALLPRØVEN

ABRASJON

KARTBLAD : 2434.2, 2334.3

KOORDINAT : 36W 3839 77311

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE. BYGGERÅSTOFF - INGENIØRGEOLOGI

BESKRIVELSE AV LABORATORIEANALYSER

Sprøhet (fallprøven)

Flisighet

Sprøhet og flisighet

Abrasjon

Sprøhet og abrasjon

Tynnslip

SieversJ-verdi

Slitasjeverdi

Borsynkindeks

Borslitasjeindeks

Sprøhet (fallprøven). Et steinmateriales evne til å motstå mekaniske påkjenninger uttrykkes ved hjelp av sprøhetstallet som bestemmes ved hjelp av fallprøven. En bestemt fraksjon av grus eller pukk, oftest 8,0-11,2 mm, knuses i en morter av et 14 kgs lodd som faller en høyde på 25 cm 20 ganger. Den prosentvise andelen av prøvematerialet som ved sikting etter knusingen har en kornstørrelse mindre enn prøvefraksjonens nedre korngrense, i dette tilfellet 8,0 mm, kalles steinmaterialets sprøhetstall. Denne tallverdien uttrykker ingen eksakt materialegenskap, men er avhengig av framgangsmåte (laboranten), apparatutforming og kornenes gjennomsnittlige form (se Flisighet). Hvis ikke annet er nevnt, oppgis sprøhetstallet som gjennomsnittsverdien av tre enkeltmålinger. Sammen med flisighet og abrasjon er disse størrelsene grunnlaget for bedømmelse av steinmaterialets brukbarhet til veiformål.

Flisighet.

Steinmaterialets gjennomsnittlige kornform kan beskrives ved angivelse av et flisighetstall. Dette defineres som forholdet mellom kornenes midlere bredde og tykkelse. Flisigheten bestemmes parallellt med og på samme utsiktede kornstørrelsesfraksjon som for sprøhetstallet, vanligvis 8,0-11,2 mm. Bestemmelsen av bredden skjer ved sikting på sikt med kvadratiske åpninger, og tilsvarende

for tykkelsen ved å bruke rektangulære (stavformede) åpninger. Metoden anvendes både for naturlig rundet grus og skarpkantet pukk.

Sprøhet og flisighet.

Sprøhetstallet er som nevnt ovenfor avhengig av materialets kornform. Økende flisighetstall fører til økende sprøhetstall. På grunnlag av erfaringsdata er det satt opp en formel for å kunne regne om sprøhetstallet ved ulike flisighetstall. For å unngå kornformens innflytelse, er det derfor best å sammenlikne sprøhetstall ved en bestemt referanse-flisighet. Kornformen hos pukk er først og fremst bestemt av selve knuseprosessen, men også til en viss grad av bergartens struktur og materialtekniske egenskaper. En har valgt å sette referanseflisigheten lik 1.40 som er ment å representere middelveidien for norsk pukk.

Abrasjon.

Abrasjonsmetoden måler steinmaterialers abrasive slitestyrke. Denne uttrykker pukkens eller grusens motstand mot ripeslitasje. Metoden anvendes først og fremst for å kvalitetsbestemme steinmaterialer som tilslag til bituminøse slitedekker på veier med en årsgjennomsnittlig døgntrafikk (ÅDT) på over 2000 kjøretøyer. Et representativ utvalg med grus- eller pukkorn fra fraksjonsområdet 11.2-12.5 mm støpes fast på en kvadratisk plate av størrelse 10x10 cm. Kornene presses mot en roterende skive påført slipepulver. Slitasjen eller abrasjonen defineres som prøvens volumtap uttrykt i kubikkcentimeter. Det benyttes følgende klassifisering:

<0,35 - meget god
0,35 - 0,55 - god
>0,55 - dårlig

Sprøhet og abrasjon. *Slitasjemotstand*

For å bestemme steinmaterialers egnethet som tilslag i bituminøse veidekker måles både sprøhetstall, flisighetstall og abrasjonsverdi. Materialets motstand mot piggdekkslitasje kan uttrykkes som produktet mellom kvadratroten av sprøhetstallet

korrigert til referanseflisighet 1.40 og abrasjonsverdien. Dette tallet forteller ikke hvor stor slitasjen vil bli, målt i millimeter, siden den også er avhengig av en rekke andre forhold, men det kan rangere ulike materialer innbyrdes. Jo lavere produktet er, desto bedre er kvaliteten.

Tynnslip

Tynnslip er betegnelsen på en tynn preparert skive av en bergart som er limt fast til en glassplate. Slipet er utgangspunkt for mikroskopisk bestemmelse av bergarters mineraler og innbyrdes mengdeforhold. Når polarisert lys passerer gjennom det gjennomskinnelige preparatet som vanligvis har en tykkelse på ca 0.020 mm, vil de ulike mineraler kunne identifiseres i mikroskopet på grunnlag av deres karakteristiske optiske egenskaper.

Mineralfordelingen sammen med den visuelle vurderingen av strukturer ute i terrenget, er grunnlaget for bestemmelse av bergartsnavnet. Ved mikroskoperingen kan man også studere indre strukturer, mineralernes form og størrelse, omvandlingsfenomener, dannelsesmåte etc. Spesielle strukturer kan f.eks. være mikrostikk, som er små brudd i sammenbindingen mellom mineralene, eller stavformede feltspatkorn som fungerer som en slags armering i en ellers kornet masse (ofittisk struktur). Foliasjon er også et begrep som gjerne knyttes til bergartsbeskrivelser. At en bergart er foliert betyr at et eller flere mineraler har en foretrukket planparallell akseorientering eller er konsentrert i tynne parallelle bånd eller årer.

Mineralkornstørrelsen er inndelt etter følgende skala:

- < 1 mm / finkornet
- 1-5 mm / middelskornet
- > 5 mm / grovkornet

Vanligvis dekker et tynnslip et areal på ca 5 kvadratcentimeter. Resultatene fra en tynnslipundersøkelse blir derfor sjelden helt representativ for bergarten.

SieversJ-verdi.

En bergarts SieversJ-verdi er et uttrykk for bergartens motstand mot å bli ripet av et hardmetallverktøy. Et tilsaget prøvestykke av bergarten utsettes for et roterende hardmetallbor under bestemte betingelser, og SieversJ-verdien defineres som hulldybden målt i mm. Metoden er utviklet for bruk i generell vurdering av bergarters borbarhet.

Slitasjeverdi.

En bergarts slitasjeverdi er et mål for dens evne til å slite hardmetallet på borskjær. Slitasjeverdien fremkommer som vekttapet i mg for et prøvestykke av hardmetall, som utsettes for en slitasjepåkjennning fra bergarten i pulverform i en bestemt apparatur.

Borsynkindeks (DRI).

På grunnlag av sprøhetstall og SieversJ-verdi kan man beregne forventet borsynk i den undersøkte bergart. En høy verdi av DRI indikerer at bergarten er lett å bore i, mens lav borsynkindeks tyder på det motsatte. For lett slagborutstyr er det påvist at borsynken kan settes tilnærmet lik $0.6 \cdot \text{DRI}$ (cm/min).

Borslitasjeindeks (BWI).

Forventet slitasje på en slagborkrone (meiselskjær) kan beregnes på grunnlag av Slitasjeverdi og Borsynkindeks (DRI). Høy verdi av BWI antyder stor slitasje, og omvendt. Sammenhengen mellom BWI og målt slitasje (som sum av front- og sideslitasje) er logaritmisk. DRI og BWI er beskrevet i <4>.

