

NGU Rapport 97.108

**Pukkundersøkelse av Juvika steinbrudd ved
Hemnesberget, Nordland fylke**

Rapport nr.: 97.108		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Pukkundersøkelse av Juvika steinbrudd ved Hemnesberget, Nordland fylke				
Forfatter: Jan Egil Wanvik og Eyolf Erichsen.		Oppdragsgiver: Hemnes kommune		
Fylke: Nordland		Kommune: Hemnes		
Kartblad (M=1:250.000) Mo i Rana		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Elsfjord, 1927 III		
Forekomstens navn og koordinater: Juvika		Sidetall: 23	Pris: Kr. 65,-	
Feltarbeid utført: sept. 97		Rapportdato: 20.06.97	Prosjektnr.: 2365.18	Ansvarlig: <i>Einar R. Nævdal</i>
Sammendrag:				
<p>Etter initiativ fra Hemnes kommune har NGU foretatt befarings av et steinbrudd ved Hemnesberget som er blitt benyttet for uttak til molobygging. Bruddet ligger gunstig til ved sjøen. Forekomsten består av en blanding av flere ulike bergarter, med granittisk gneis som den dominerende. En samleprøve av de bergartene som opptrer på stedet er testet på mekaniske egenskaper ved NGU.</p> <p>Testresultatene er positive og viser at materialet tilfredsstillende kravene til toppdekke på veier med gjennomsnittlig årsdøgntrafikk inntil 5000 kjøretøyer, foruten å være egnet til bære- og forsterkningslag. Prøvemateriale er egnet til betongformål, men en av bergartsvariantene kan muligens være alkalireaktiv.</p>				
Emneord: Ingeniørgeologi		Byggeråstoff		Fallprøve
Abrasjon		Kulemølle		Los Angeles
Pukk		Fagrapport		

INNHold

1 KONKLUSJONER.....	5
2 BELIGGENHET.....	5
3 GEOLOGISKE FORHOLD.....	7
4 PRØVEUTTAK.....	8
5 ANALYSER OG KRAV TIL BYGGERÅSTOFFER.....	8
6 RESULTATER.....	9
6.1 Analyseresultater.....	9
4.3 Anvendelse som byggeråstoff.....	10
7 VIDERE UNDERSØKELSER.....	11

FIGURER

Figur 1. Bruddets beliggenhet

Figur 2 Sammensatt foto fra bruddet, som viser bergartsvariasjoner og lagning

TABELLER

Tabell 1. Krav til steinklasse (St.kl.), abrasjonsverdi (Abr.), slitasjemotstand (Sa-verdi) og kulemølleverdi (Km) avhengig av bruksområde.

Tabell 2. Tynnslipanalyse. Mineralinnhold i %

Tabell 3 Mekaniske egenskaper.

Tabell 4. Egnethetsvurdering til vegformål ut fra norske krav.

VEDLEGG

Vedlegg 1 Mekaniske egenskaper, NGU test 1997

Vedlegg 2 Statens vegvesen. Test 1995.

Vedlegg A Beskrivelse av laboratoriemetoder

Vedlegg C Norske kvalitetskrav for knust tilslag

FORORD

Etter initiativ fra næringssjef Trond Ø. Møllersen i Hemnes kommune, foretok NGU ved forsker Jan Egil Wanvik i september 1996 en befarings av Juvika steinbrudd. Bruddet ligger på nordsiden av Hemneshalvøya ved Hemnesberget, og det er der tidligere blitt tatt ut stein i forbindelse med molobygging.

Entreprenøren som bygde moloen ønsker å få klarlagt om forekomsten gir grunnlag for produksjon av puk, og Statens vegvesen gjorde tester i 1995 på prøver fra forekomsten. På grunn av "uensartet berg i området" ønsket kommunen imidlertid at også NGU undersøkte forekomsten, i første omgang med en befarings.

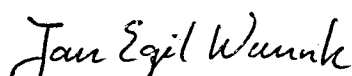
Ved befaringsen ble det tatt ut en samleprøve på 60 kg for mekanisk testing ved NGU's laboratorier.

Trondheim 20.06.97

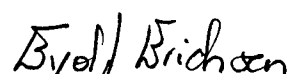
Hovedprosjekt for byggeråstoffer



Peer Richard Neeb
Hovedprosjektleder



Jan Egil Wanvik
Forsker



Eyolf Erichsen
Forsker

1 KONKLUSJONER

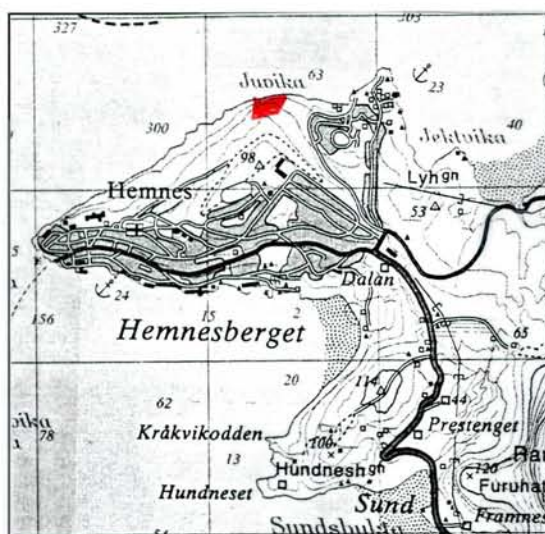
Den analyserte samleprøven fra bruddet har gitt positive resultater ved de mekaniske testene. Materialet tilfredsstillter kravene til toppdekke på vegger med gjennomsnittlig årsdøgnetrafikk inntil 5000 kjøretøyer. Kun enkelte strekninger i byene i Nordland fylke har høyere trafikk tetthet. Materialet er også egnet til bære- og forsterkningslag. Det er også egnet til betongformål, men en av bergartsvariantene kan muligens være alkalireaktiv

På grunn av den meget inhomogene opptreden av ulike bergarter i bruddområdet vil man kunne risikere forholdsvis store variasjoner i produktkvalitet ved en eventuell igangsetting av pukkproduksjon.

Det faktum at testresultatene av NGU's samleprøve er forholdsvis sammenfallende med den tidligere testen utført av Statens vegvesen er imidlertid en god indikasjon for at prøvene er relativt representative for det bergartsmateriale som opptrer i bruddområdet.

2 BELIGGENHET

Steinbruddet ligger som vist på figur 1, vest for Juvika på nordspissen av Hemnesberg-halvøya. Bruddet ligger ved sjøen der det er stort dyp, godt egnet for båter av alle relevante størrelser. Bruddet ligger relativt nær bebyggelse, og produksjon i stor skala vil kunne by på miljømessige problemer.



Figur 1. Bruddets beliggenhet



Figur 2 Sammensatt foto fra bruddet, som viser bergartsvariasjoner og lagning.

3 GEOLOGISKE FORHOLD

Det viser seg at bruddet er lagt i et område som er dominert av en granittisk gneis, men i tillegg opptrer også flere andre bergartstyper. Ved befaringen ble det ikke lagt vekt på å få en full oversikt over hvilke bergarter som opptrer i bruddet, men følgende varianter ble i alle fall påvist:

- granittisk gneis (som dominerer i volum)
- kvartsdioritt
- kvartsmylonitt
- glimmerrik amfibolitt

Bergartene opptrer i relativt flattliggende lag (med fall på omkring 20° mot SSØ) der de enkelte bergarter veksler med hverandre i mektigheter på opptil noen få meter. (Se foto i figur2.)

Forekomsten er meget inhomogen, og ved uttak av stein vil det ikke være mulig å drive selektiv brytning på en eller to av bergartene. Det realistiske vil være å satse på å produsere et produkt som er en relativt homogen blanding av de ulike bergartene som opptrer innenfor forekomstområdet.

Ved befaringen ble det ikke prioritert å kartlegge utbredelsen av de ulike bergartene i området utenfor selve bruddet. Dette anbefales utført ved en eventuell nærmere undersøkelse av forekomstens potensiale. Omkringliggende område ser dessuten ut til å være dominert av overdekke, og det kan by på vanskeligheter å få en god oversikt over bergartsvariasjonene her.

4 PRØVEUTTAK

For testing av mekaniske egenskaper ble det lagt vekt på å få med et noenlunde representativt utvalg av de ulike bergarter som opptrer i bruddområdet. Det ble samlet inn løs sprengstein fra de enkelte bergartene, nederst og inne i bruddet. Prøvene ble slått sammen til en felles samleprøve på omkring 60 kg som ble videresendt til NGU.

5 ANALYSER OG KRAV TIL BYGGERÅSTOFFER

Følgende analyser er utført ved NGU; densitet, fallprøven (sprøhet, flisighet, pakningsgrad), abrasjon og kulemølle (vedlegg 1). Mineralfordelingen ved tynnslipanalyse er utført skjønnsmessig av Harald Skålvoll, NGU. Vedlegg A gir en beskrivelse av disse laboratoriemetodene.

Før mekanisk testing blir prøvematerialet nedknust med laboratorieknuser under kontrollerte forhold. Materialet blir videre siktet til de forskjellige kornfraksjoner som blir benyttet for de ulike testmetodene. Krav til tilslagsmateriale gjelder i første rekke for materiale som er bearbeidet i et fullskala knuse-/sikteverk. Undersøkelser har imidlertid vist at prøver tatt fra produksjon, «produksjonsprøver», kan gi et betydelig avvik i analyseresultater i forhold til jomfrulige prøver tatt i felt også kalt «stuffprøver». Produksjonsprøvene vil være avhengig av hvor godt materialet er bearbeidet i knuse-/sikteverket. Mekaniske testing av stuffprøver gir en mer nøytral vurdering av bergartenes «iboende egenskaper» i forhold til produksjonsprøver. Ved optimal bearbeiding i et pukkverk antas det at analyseresultatene av produksjonsprøver blir sammenliknbare med resultatene for stuffprøvene som er knust kontrollert ved laboratorieknusing.

For materiale som skal anvendes som tilslagsmateriale i Norge stilles det krav til fallprøven og abrasjonsmetoden. Ved fallprøven beregnes en steinklasse basert på sprøhets- og flisighetstallet. For en del bruksområder stilles det i tillegg krav til slitasjemotstanden (Saverdien) alternativt kulemølle-verdien. Det er meningen at den nye kulemøllemetoden skal erstatte abrasjonsmetoden. Vedlegg C gir en oversikt over kvalitetskrav som gjelder for norske tilslagsmaterialer. Tabell 1 gir en forenklet oversikt over norske krav for tilslagsmateriale til vegformål.

Tabell 1. Krav til steinklasse (St.kl.), abrasjonsverdi (Abr.), slitasjemotstand (Sa-verdi) og kulemølleverdi (Km) avhengig av bruksområde..

Bruksområde	Vegtype	St.kl.	Abr.	Sa-verdi	Km
Vegdekke	Spesiell høy trafikkert veg, ÅDT > 15000	≤ 1	≤ 0,40	≤ 2,0	≤ 6,0
“	Høy trafikkert veg, ÅDT 5000-15000	≤ 2	≤ 0,45	≤ 2,5	≤ 9,0
“	Middels trafikkert veg, ÅDT 3000-5000	≤ 2	≤ 0,55	≤ 3,0	≤ 11,0
“	“ , ÅDT 1500-3000	≤ 3	≤ 0,55	≤ 3,5	≤ 13,0
“	Lav trafikkert veg, ÅDT < 1500	≤ 3	≤ 0,65	-	-
Bærelag		≤ 4	≤ 0,75	-	-
Forsterkningslag		≤ 5	≤ 0,75	-	-

Tabellen er forenklet og basert på vedlegg C

6 RESULTATER

6.1 Analyseresultater

Statens vegvesen har tidligere tatt en prøve i bruddet som er vedlagt for sammenlikning (lab.nr 95G0003, vedlegg 2). Den nye prøven tatt av NGU er en samleprøve av sprengstein fra sentrale deler av bruddet. Tynnslipanalyse og mekanisk analyseresultater er vist i tabell 2 og 3. Mer utfyllende oversikt over NGU's analyse-resultater er gitt i vedlegg 1.

Tabell 2. Tynnslipanalyse. Mineralinnhold i %

Bergart	Kornstørrelse	Tekstur	Fe	Kv	Gl	Am	Kl	Ka	Ep	Gr	Z+A	Ti	Op
Kvartsdioritt	Middels- til grovkornet	Granulær	75	15	7	-	-	-	1	2	-	-	-
Mylonitt	Fin- til middelskornet	Parallellorientert	15	65	10	-	3	2	1	-	1	2	1
Gneisgranitt	Middels- til grovkornet	Parallellorientert	50	30	15	-	-	-	3	-	1	1	-
Amfibolitt	Middelskornet	Parallellorientert	5	15	25	55	-	-	-	-	-	-	-

Fe - feltspat, Kv - kvarts, Gli - glimmer, Am - amfibol, Kl - kloritt, Ka - karbonat, Ep - epidot, Gr - granat, Z+A - zirkon + apatitt, Ti - titanitt og Op - opake mineral.

Tabell 3. Mekaniske egenskaper.

	St.vegvesen	NGU
Densitet	2,65	2,69
Pakningsgrad	0	0 - 1
Sprøhetstall	39,4	42,4
Flisighetstall	1,32	1,34
Steinklasse	2	2
Abrasjonsverdi	-	0,44
Sa-verdi	-	2,9
Kulemølleverdi	-	10,6

De to analysene viser forholdsvis sammenfallende resultater.

4.3 Anvendelse som byggeråstoff

Tar en utgangspunkt i analyseresultatene, kan det utføres en egnethetsvurdering i forhold til norske krav til vegformål (tabell 4, se også tabell 1).

Tabell 4. Egnethetsvurdering til vegformål ut fra norske krav.

Bruksområde	Vegtype	St.kl.	Abr.	Sa-verdi	Km	Egnethetsvurdering
Vegdekke	Spesiell høy trafikkert veg, ÅDT > 15000	-	-	-	-	Uegnet
"	Høy trafikkert veg, ÅDT 5000-15000	+	+	-	-	Uegnet
"	Middels trafikkert veg, ÅDT 3000-5000	+	+	+	+	Egnet
"	" , ÅDT 1500-3000	+	+	+	+	Egnet
"	Lav trafikkert veg, ÅDT < 1500	+	+	i.k.	i.k.	Egnet
Bærelag		+	+	i.k.	i.k.	Egnet
Forsterkningslag		+	+	i.k.	i.k.	Egnet

St.kl. - Steinklasse, Abr. - abrasjonsverdi, Sa-verdi - slitasjemotstand, Km - kulemølleverdi, + tilfredsstillende kravene, - tilfredsstillende ikke kravene, i.k. - ingen krav (krav se tabell 2). For å få betegnelsen egnet må enten kravene til steinklasse, abrasjonsverdi og slitasjemotstand eller kun steinklasse og kulemølleverdi innfris.

Materialet er egnet til bære- og forsterkningslag og tilfredsstillende kravene til toppdekke på veger med gjennomsnittlig årsgjennomsnittlig årsdøgnstrafikk (ÅDT) inntil 5000 kjøretøyer. I henhold til data fra 1987 har 85% av riksvegnettet i Norge en gjennomsnittlig årsgjennomsnittlig årsdøgnstrafikk mindre enn 5000.

For anvendelse til betongformål vurderes materialet som egnet ut fra norske krav (vedl. C-4). Glimmerinnholdet er noe høyt for enkelte av bergartstypene (>10-15%), noe som kan medføre at kornformen kan bli noe flisig for enkelte sorteringer. Bergarten mylonitt klassifiseres som potensiell alkalireaktiv m.h.t. betong. Det anbefales at bergartenes mulige alkalireaktivitet undersøkes nærmere.

7 VIDERE UNDERSØKELSER

Resultatene fra testingen av de mekaniske egenskaper er klart positive, og NGU vil anbefale at det foretaes en mer detaljert undersøkelse av forekomsten ved:

1. Geologisk kartlegging av bruddområde og tilgrensende arealer.
2. Prøvetaking av aktuelle bergartstyper for mekaniske tester.

Det understrekes her at en geologisk detaljkartlegging kan bli problematisk på bakgrunn av den "uryddige" geologien og trolig dårlig med blotninger i de områder som grenser inn til bruddet.



Mekaniske egenskaper

Sprøhet / flisighet / abrasjon
kulemølle / Los Angeles / PSV

Hemnes

Lab.prøve nr.: 970003

KOMMUNE : Hemnes
KARTBLADNR. : 1927-3
FOREKOMSTNR.: 1832-502

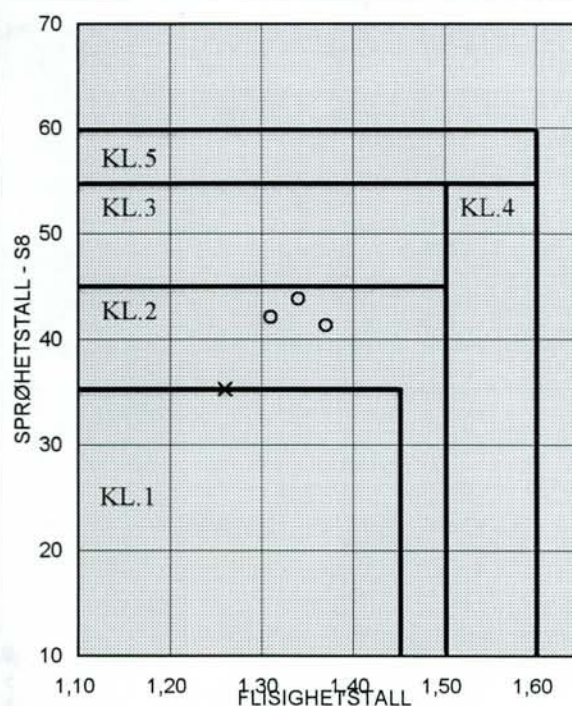
KOORDINATER : 438450/7346700
DYBDE I METER : 15 meter
UTTATT DATO : sep. 1996
SIGN. : JEW

Visuell kvalitetsklassifisering :

Antall korn vurdert stk.	Meget sterke %	Sterke %	Svake %	Meget svake %

Mekaniske egenskaper :

Kornstørrelse mm	8 - 11,2				11,2 - 16	
Tegnforklaring	o	o	o	x		
Flisighetstall-fli	1,31	1,37	1,34	1,26	1,34	1,33
Ukorr. Sprøhetstall-S0	40,1	41,3	41,8	33,6		
Pakningsgrad	1	0	1	1		
Sprøhetstall-S8	42,1	41,3	43,9	35,3		
Materiale < 2mm-S2	9,5	9,3	9,8	7,3		
Kulemølleverdi, Km					10,7	10,5
Laboratrieknust i %:	100	% andel 8-11,2 av tot.mengde: 20,9				
Middel fli 8-11,2 / S8:	1,34	/	42,4	Middel S2 :	9,5	
Middel fli 11,2-16/Km:	1,34	/	10,6	PSV :		
Abrasjonsverdi-a:	0,46	0,45	0,41	Middel :	0,44	
Sa-verdi (a * sqrt S8):	2,9			Densitet :	2,69	
Flis/Flakindeks 10-14:	/			LA-verdi :		



Merket x : slått 2 ganger (omslagsverdi)

BERGARTS BESKRIVELSE: Bergart: Flere typer

Mineralinnhold:

Reaksjon med HCL:

Sted:
Trondheim

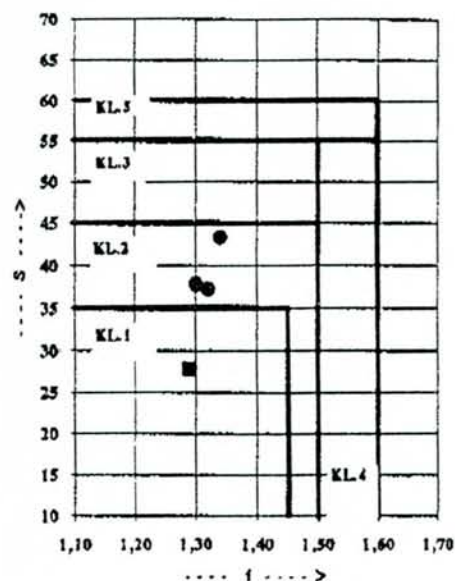
Dato:
18.06.1997

Sign.:
Eyolf Brichsen

Vedlegg nr. 2

Fordeling: SDJ, JED, AST, ABR, PIG, LAB.ARKIV.

STATENS VEGVÆSEN Blankett nr. 420		STEINMATERIALERS BRUKBARHET TIL VEGFORMÅL				Arkiv nr.		
						Bilag nr.		
						Lab.pr.nr. 95G0003		
Fylke Nordland		Kommune SALTDAL		nr.: 1840				
Kartblad nr.:		UTM-koordinat:						
Veg nr.:		Hp.:						
Materialakt: EVENSØY FJELLUTTAK		nr.:		Eiert:				
Prøvetid i taket:		Utført dato: 03.feb		Mottatt dato: 06.02.95				
VISELL KVALITETSKLASSIFISERING ^{*)} :								
Kvalitetsklassifisering - %-vis fordeling av korn vurdert i grupper								
Antall stk. korn vurdert	Meget sterke (1)		Sterke (2)		Svake (3)		Meget svake (4)	
stk	%		%		%		%	
MEKANISKE EGENSKAPER:								
Kornstørrelse mm	8 - 11,2			11,2 - 16 ²⁾				
Tegnforklaring	●	○	○	■	▲	▲		
Flisighetall - f	1,30	1,31	1,34	1,29	1,41			
Sprehetall - s	37,8	37,2	43,3	37,8				
Pakningsgrad ³⁾	0	0	0	0				
Korr. sprehetall - S	37,8	37,2	43,3	27,8				
Materiale < 2mm - % ⁴⁾	9,0	9,0	8,6					
Laboratoriepakket - %	100							
Merket ⁵⁾	: slått 2 ganger							
Middelt \bar{f}/s	1,32 / 39,4							
Abrajonverdi - a:	1)	2)	3)	Middelt:				
SWaas(modstand):	$a = \sqrt{\frac{S}{f}}$ ⁵⁾							
ANDRE EGENSKAPER:								
Densitet: $\rho_s =$	2,65			Humusinnhold:				
Lyshet ⁶⁾ klasse:				Vedhefting til bitumen:				
Belegg ⁷⁾ :				v/metode:				
KOMMENTARER:								
Prøve tatt fra		: Stoff						
Materialtype / Formål		: Sprengt fjell / Generell undersøkelse evt. bærelag						
Krav til steinklasse		:						
Krav flisighet > 11,2		:						
Prøveresultat		: Klasse 2 / Flisighet > 11,2 = 1,41						
Bestiller		: Anlegg E6 Saltdal						
Kontrakt / Levering		:						
PETROGRAFISK BESKRIVELSE								
Ut fra prøven består fjelluttaket av forskjellige bergarttyper.								
Hovedparten av bergartstykken består dels av en middels kornet granittisk gneis og dels av en tett og mer kvartsittisk gneis. I tillegg finnes pegmatitt (meget grovkornet) og overganger til migmatitt (blandingsbergart)								
Analyseresultatet kan p.g.a. varierende bergartstyper være noe misvisende.								
Beskrivelse av materiale < 2mm:		8,9 %			Reaksjon med HCl:			
* Se bakskjema								
STATENS VEGVÆSEN		sign.						
STED: NORDLAND		DATO: 15.02.95		UNDERSKRIFT: <i>Horten Karstad</i>				
Fylke laboratoriet								



- * **Fallprøve (sprøhet og flisighet)**
- * **Abrasjon**
- * **Slitasjemotstand**
- * **Kulemølle**
- * **Los Angeles**
- * **Polished Stone Value (PSV)**
- * **Tynnslip**

Fallprøve (sprøhet og flisighet)

Steinmaterialers motstandsdyktighet mot mekaniske slagpåkjenninger kan bl.a. bestemmes ved den såkalte fallprøven. Metoden er utbredt i de nordiske land (noe avvik i gjennomførelsen av testen mellom landene) og kan til dels sammenliknes med den engelske aggregate impact test, den tyske Schlagversuch og den amerikanske Los Angeles test.

Fallprøven utføres ved at en bestemt fraksjon, 8,0-11,2 mm, med en kjent kornform av grus eller pukk, knuses i et fallapparat. Apparatet består av en morter hvor materialet utsettes for slag fra et 14 kg lodd som faller med en høyde på 25 cm 20 ganger. Den prosentvise andelen av prøvematerialet som etter knusingen har en kornstørrelse mindre enn prøvefraksjonens nedre korngrense, i dette tilfellet 8,0 mm, kalles steinmaterialets ukorrigerede sprøhetstall (S_0). Dette tallet korrigeres for pakningsgraden i morteren etter slagpåkjenningen, og man får deretter beregnet sprøhetstallet (S_8).

Steinmaterialets gjennomsnittlige kornform uttrykkes ved **flisighetstallet**. Flisighetstallet er en fysisk egenskap som angir forholdet mellom kornenes midlere bredde og tykkelse. Flisighets-testen utføres som en del av fallprøven og bestemmes på samme utsiktede kornstørrelses-fraksjon som for sprøhetstallet. I tillegg kan det utføres flisighetskontroll på alle fraksjoner som måtte ønskes. Bredden bestemmes på sikt med kvadratiske åpninger, og tykkelsen på sikt med rektangulære (stavformede) åpninger. Metoden anvendes både for naturgrus og pukk.

Resultatene etter fallprøven kan variere fra laboratorium til laboratorium, men f.o.m. 1988 er analyseapparatene rimelig godt standardisert. Hvis ikke annet er nevnt, oppgis sprøhetstallet som gjennomsnittsverdien av tre enkeltmålinger.

Vanligvis prøves materialet to ganger i fallapparatet. Sprøhetstallet for omslaget, omslagsverdien, gir uttrykk for materialets motstand mot repetert slagpåkjenning. Omslagsverdien gjenspeiler ofte den kvalitetsforbedring som kan oppnås ved å benytte flere knusetrinn i et knuseverk.

Steinmaterialer klassifiseres i steinklasser etter resultatene fra fallprøven. Avhengig av sprøhets- og flisighetstallet er det definert fem steinklasser:

Steinklasse	Sprøhet	Flisighet
1	≤ 35	≤ 1.45
2	≤ 45	≤ 1.50
3	≤ 55	≤ 1.50
4	≤ 55	≤ 1.60
5	≤ 60	≤ 1.60

Klassifisering av steinmaterialer etter fallprøvetesten
Steinklasse 1 er best og 5 er dårligst.

Sprøhet- og flisighetsresultatene kan variere avhengig av hvordan steinmaterialet er blitt prøvetatt og behandlet før selve fallprøven. Steinmaterialet blir enten prøvetatt som stoffprøver (håndstykke store bergartsprøver) eller tatt fra en bestemt fraksjon som er bearbeidet i et knuseverk (produksjonsprøve).

Stoffprøvetaking benyttes ofte ved undersøkelser av nye områder som er aktuelle for uttak av fjell. Vanligvis blir prøven tatt fra en utsprengt vegskjæring eller sprengt ut fra en fjellblotning. I begge tilfeller blir materialet utsatt for knusing i forbindelse med sprengningen. I enkelte tilfeller tas også stoffprøver som ikke er blitt utsatt for sprengning. Dette skjer f.eks. ved prøvetaking av urmasse eller ved at prøven blir slått direkte løs fra en fjellblotning med slegge. Forutsetningen for dette er at bergarten er fri for overflateforvitring. Stoffprøver blir alltid knust i laboratrieknuser før selve fallprøven.

Stoffprøvetaking kan også utføres i pukkverk, men det er som regel av større interesse å få undersøkt kvaliteten av steinmaterialet etter at det er bearbeidet i knuse-/sikteverket (produksjonsprøver). I knuseverk er det vanlig å knuse materialet i flere trinn. Dette forbedrer kvaliteten ved at materialet får en mer kubisk kornform (lavere flisighetstall). Kubisering medfører også at sprøhetstallet blir bedre. Denne foredlingseffekten er til en viss grad avhengig av bergartstypen.

Produksjonsprøver skal behandles etter følgende retningslinjer:

- a) For sortering med øvre navngitte kornstørrelse mindre enn 22 mm utføres fallprøven på fraksjon 8.0-11.2 mm utsiktet fra det aktuelle produktet dersom denne fraksjonen utgjør minst 15% av produktet. Hvis dette kravet ikke kan oppfylles, utføres fallprøven som etter punkt b.
- b) For sorteringer med øvre navngitte kornstørrelse større enn 22 mm utføres fallprøven på fraksjonen 8.0-11.2 mm utsiktet fra laboratorieknust materiale fra det aktuelle produktet.

I tillegg skal det for produksjonsprøver utføres flisighetskontroll på grovfraksjonen av verksprodusert materiale på en av følgende fraksjoner: 11.2-16.0 mm, 16.0-22.4 mm, 22.4-32.0 mm, 32.0-45.2 mm eller 45.2-64.0 mm. Det skal velges en fraksjon som tilsvarer minst 15% av produktet og som ligger så nær produktets øvre navngitte kornstørrelse som mulig. Ved produksjon stilles det krav til flisighetstallet for materiale > 11.2 mm.

Abrasjon

Abrasjon eller **abrasjonsverdien** gir uttrykk for steinmaterialers abrasive slitestyrke eller motstand mot ripeslitasje. Abrasjonsmetoden er en nordisk metode (noe avvik i gjennomføringen av testen mellom landene) som opprinnelig er utviklet fra den engelske aggregate abrasion test. Metoden anvendes først og fremst for kvalitetsvurdering av tilslag i bituminøse slitedekker på veier med årsgjenntrafikk (ÅDT) større enn 1500 kjøretøy. Det er også innført krav til abrasjonsverdien for tilslag til anvendelse i bære- og forsterkningslag.

Et representativt utvalg med puk Korn i fraksjonsområdet 11.2-12.5 mm støpes fast på en kvadratisk plate (10x10cm). Platen presses med en gitt vekt mot en roterende skive som påføres et standard slipepulver. Slitasjen eller abrasjonen defineres som prøvens volumtap uttrykt i kubikkcentimeter.

Det benyttes følgende klassifisering:

< 0.35	meget god
0.35-0.45	god
0.45-0.55	middels
0.55-0.65	svak
> 0.65	meget svak

Slitasjemotstand

For å bestemme steinmaterialets egnethet som tilslag i bituminøse veidekker måles både sprøhetstall, flisighetstall og abrasjonsverdi. Materialets motstand mot piggdekkslitasje, kalt slitasjemotstanden (Sa-verdi), uttrykkes som produktet av kvadratroten av sprøhetstallet (S_g) og abrasjonsverdien.

Følgende klassifisering benyttes:

< 2.0	meget god
2.0-2.5	god
2.5-3.5	middels
3.5-4.5	svak
> 4.5	meget svak

Kulemølle

Kulemøllemetoden gir som abrasjonsmetoden uttrykk for steinmaterialets slitestyrke. Den er innført som en nordisk metode i forbindelse med det europeiske standardiseringsprogrammet for tilslagsmaterialer (CEN/TC 154). Metoden er til for å bestemme tilslagets motstand mot slitasje ved bruk av piggdekk. Det er ønskelig at metoden på sikt skal erstatte abrasjonsmetoden.

I korte trekk går metoden ut på at 1 kg steinmateriale i fraksjonen 11.2-16.0 mm roteres i en trommel i 1 time med 5400 omdreininger sammen med 7 kg stålkuler og 2 liter vann. Trommelen har en bestemt utforming og er utstyrt med tre «løftere» som blander innholdet ved rotasjon. Steinmaterialet blir utsatt for både slag og slitasje, men med hovedvekt på slitasje.

Etter rotasjon blir materialet våtsiktet og tørket. Etter veiing beregnes prosentvis andel som passerer et 2 mm kvadratsikt. Dette gir uttrykk for slitasjen, og betegnes **kulemølleverdien** (K_m).

Følgende klassifisering benyttes:

≤ 7.0	kategori A
≤ 10.0	kategori B
≤ 14.0	kategori C
≤ 19.0	kategori D
≤ 30.0	kategori E
Ingen krav	kategori F

Kategori A er best og kategori F dårligst.

Los Angeles

Los Angeles-testen gir uttrykk for materialets evne til å motstå både slag og slitasje. Metoden er opprinnelig amerikansk, men har lenge vært benyttet i flere europeiske land derav av NSB i Norge. Metoden kan utføres etter den amerikanske standardprosedyren ASTM C131 (fin pukk) og ASTM C535 (grov pukk) eller den nye europeiske CEN prosedyren prEN 1097-2, §4.

Etter CEN prosedyren utføres metoden ved at 5 kg steinmateriale i fraksjonen 10.0-14.0 mm roteres i en trommel sammen med 11 stålkuler. Innvendig har trommelen en stålplate som ved omdreining løfter materialet og stålkulene opp før det deretter slippes ned. Etter ca. 15 min. og 500 omdreininger taes materialet ut, våtsiktes og tørkes. Etter veiing beregnes prosentvis andel som passerer et 1.6 mm kvadratsik. Dette gir uttrykk for den mekaniske påkjenningen, og betegnes Los Angeles-verdien (LA-verdien).

Det benyttes følgende klassifisering:

≤ 15.0	kategori A
≤ 20.0	kategori B
≤ 25.0	kategori C
≤ 30.0	kategori D
≤ 40.0	kategori E
≤ 50.0	kategori F
Ingen krav	kategori G

Kategori A er best og kategori G dårligst.

Polished Stone Value (PSV)

PSV er en engelsk metode som benyttes for å registrere poleringmotstanden til tilslaget som skal anvendes i toppdekke. I Mellom-Europa er det ønskelig med vegdekker med høy friksjonsmotstand for å unngå at de blir «glatte». I Norden er dette et ukjent problem p.g.a. bruk av piggdekk i vintersesongen som «rubber opp» og gir tilslaget i toppdekket en ru overflate.

Testprosedyren består i at 35 til 50 prøvebiter av en bestemt kornfraksjon, < 10 mm kvadratsikt og > 7.2 mm stavsikt, støpes fast på en konveks rektangulær plate (90.6 x 44.5 mm). 12 testplater (4 testplater for hver prøve) og 2 korreksjonsplater monteres på et veghjul som er montert vertikalt på en poleringsmaskin. Veghjulet roterer 3 timer med en hastighet på 315-325 omdr/min. Veghjulet blir belastet med et hjul bestående av kompakt gummi som blir roterende motsatt i forhold til veghjulet. Gummihjulet blir tilført vann og

slipemiddel. Etter bearbeiding av testplatene i poleringsmaskinen blir poleringsmotstanden målt med et pendelapparat. En pendelarm stryker over testplaten som gir et utslag på en kalibrert skala. Utslaget angir friksjonskoeffisienten angitt i prosent, også benevnt **PSV-verdi**.

Det benyttes følgende klassifisering:

≥ 68.0	kategori A
≥ 62.0	kategori B
≥ 56.0	kategori C
≥ 50.0	kategori D
≥ 44.0	kategori E
Ingen krav	kategori F

Kategori A er best og kategori F dårligst.

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 mineraler og deres 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 bergartstype. Ved mikroskoperingen kan man også studere indre strukturer, mineralkornenes 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 den 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 tynnslipanalyse blir derfor sjelden helt representativ for bergarten.

Vegformål:

Kravene til knust steinmateriale (framstilt av knust fjell/pukk) varierer avhengig av hvor i vegoverbygningen materialet skal benyttes. Vegoverbygningen kan deles inn i fem deler; filterlag, forsterkningslag, bærelag, bindlag og slitelag. De to sistnevnte utgjør selve vegdekket. Knust steinmateriale er en viktig bestanddel i forsterkningslag, bærelag og vegdekke.

I øvre del av forsterkningslaget kreves det steinmateriale av steinklasse 4 eller bedre, mens det for nedre del av forsterkningslaget kreves klasse 5 eller bedre. Flisighetstallet for materiale > 11,2 mm må være < 1,70. Kravet til abrasjonsverdien er < 0,75.

For bærelag varierer kravene avhengig av bærelagstype. Valg av bærelagstype må sees i forhold til vegens gjennomsnittlige årsdøgnetrafikk uttrykt ved ÅDT. Tabell 1 viser kravene til de forskjellige bærelagstypene.

BÆRELAGSTYPE		ÅDT				
		300	1500	5000	15000	
Knust fjell, Fk	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi	3 1,55	3 1,55 (0,65)	3 1,55 (0,65)		
Forkilt pukk, Fp	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi	3 1,60	3 1,60 (0,65)	3 1,60 0,65	3 1,60 0,65	
Forkilingspukk, Fkp	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi	3 1,50	3 1,50 (0,65)	3 1,50 0,65	3 1,50 0,65	
Asfaltert pukk, Ap	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi			4 1,60 (0,65)	3 1,55 0,65	3 1,55 0,65
Penetrert pukk, Pp	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi		5 1,60 (0,75)	5 1,60 0,75	5 1,60 0,75	4 1,60 0,75
Emulsjonspukk, Ep	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi	4 1,60	4 1,60	3 1,55 (0,65)	3 1,55 0,65	
Sementstabilisert pukk, Cp	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi			(5) 1,50	(5) 1,50	5 1,50

Rastrerte felt angir "ikke vanlig bruksområde".

() = ønskede abrasjonsverdier

Tabell 1

Krav til maksimalverdier for steinklasse, flisighet av materiale > 11,2 mm og abrasjonsverdi for materiale til bærelag av knust fjell.

Det kan skilles mellom tre typer vegdekker; asfaltdekke grusdekke, og betongdekke. Knust stein benyttes vanligvis i alle dekketyper. Kravene til vegdekker er framstilt i tabell 2a-c.

ASFALTDEKKE		ÅDT					
		300	1500	3000	5000	15000	
Støpeasfalt, Sta	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi					2 1,45 0,45 2,5* 9,0	1 1,45 0,40 2,0 6,0
Topeka, Top	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi					2 1,45 0,45 2,5* 9,0	1 1,45 0,40 2,0 6,0
Skjelettasfalt, Ska	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi			2 1,45 0,55 3,0 11,0	2 1,45 0,45 2,5* 9,0	1 1,45 0,40 2,0 6,0	
Asfaltbetong, Ab	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi		3 1,45 0,55 3,5 13,0	3 1,45 0,55 3,0 11,0	2 1,45 0,45 2,5* 9,0	1 1,45 0,40 2,0 6,0	
Drensasfalt, Da	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi		3 1,45 0,55 3,5 13,0	2 1,45 0,55 3,0 11,0	2 1,45 0,45 2,5* 9,0		
Asfaltgrusbetong, Agb	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi	3 1,50	3 1,50 (0,65)	3 1,50 0,55 3,5 13,0			
Mykasfalt, Ma Myk drensasfalt, Mda	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi	3 1,50	3 1,50 (0,65)	3 1,45 (0,55) 3,5 13,0			
Emulsjonsgrus, Egt, Egd	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi	3 1,50	3 1,45 (0,65)	3 1,45 0,55 3,5 13,0			
Overflatebehandling, Eo Do	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi Slitasjemotstand Kulemølleverdi	3 1,50	3 1,45 (0,55)	3 1,45 0,50 3,5 13,0			
Overflatebehandling m/ grus Eog, Dog	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi	3 1,50	3 1,45				
Oljegrus, Og	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi	3 1,50	3 1,45				
Asfaltskumgrus, Asg	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi	3 1,50	3 1,50				

Rastrerte felt angir "ikke vanlig bruksområde".

() = ønskede abrasjonsverdier

* Strengere krav bør vurderes for ÅDT > 10.000

Tabell 2a

Krav til maksimalverdier for steinklasse, flisighet av materiale > 11,2 mm, abrasjonsverdi, slitasjemotstand og kulemølleverdi for tilslag til asfaltdekke.

GRUSDEKKE		ÅDT				
		300	1500	3000	5000	15000
Grus	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm	3 1,50				

Rastrerte felt angir "ikke vanlig bruksområde".

Tabell 2b

Krav til maksimalverdier for steinklasse og flisighet av materiale > 11,2 mm for tilslag til grusdekke.

BETONGDEKKE		ÅDT				
		300	1500	3000	5000	15000
Betong, C70 - C90	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi				2 1,45 0,45	1 1,45 0,40
Betong, C40 - C70	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi			3 1,45 0,55	2 1,45 0,45	2 1,45 0,40
Valsebetong, C35 - C55	Steinklasse Flisighetstall > 11,2 mm Abrasjonsverdi	3 1,45 (0,65)	3 1,45 0,55	3 1,45 0,55		

Rastrerte felt angir "ikke vanlig bruksområde".

() = ønskede abrasjonsverdier

Tabell 2c

Krav til maksimalverdier for steinklasse, flisighet av materiale > 11,2 mm og abrasjonsverdi for tilslag til betongdekke.

Med enkelte unntak kan tabell 2a, krav til asfaltdekke, forenkles som vist i tabell 3.

Egenskap	Årsdøgnsrafikk (ÅDT)				
	300	1500	3000	5000	15000
Steinklasse	1 - 3		1 - 2		1
Abrasjonsverdi	-	(≤0,65)	≤ 0,55	≤ 0,45	≤ 0,40
Slitasjemotstand	-	≤ 3,5	≤ 3,0	≤ 2,5*	≤ 2,0
Kulemølleverdi	-	≤ 13,0	≤ 11,0	≤ 9,0	≤ 6,0

Tall i parantes angir ønsket verdi.

* Strengere krav bør vurderes for ÅDT > 10.000

Tabell 3

Krav til steinklasse, abrasjonsverdi, slitasjemotstand og kulemølleverdi for dekketilslag. Unntakene i tabellen gjelder asfaltbetong som godtar inntil steinklasse 3 for ÅDT < 5000 og overflatebehandling der kravene for abrasjonsverdien er ≤ 0,50 for ÅDT 1500-3000 og (≤ 0,55) for ÅDT 300-1500.

Betongformål:

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 11,2-16,0 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 kisminerale (svovelkis, magnetkis) er uønsket.

Ved fremstilling av hørfast 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.

Alkaliløselig kiselsyre i kvartskrystaller kan reagere med sementlimet og føre til oppsprekking og volumekspansjon i betong. I de seinere år er det påvist skadelige alkalireaksjoner (AR) i flere betongkonstruksjoner her til lands. Den kjemiske reaksjonen er svært langsom og finner kun sted under ugunstige betingelser med høy fuktighet og temperaturpåkjenninger som f.eks. i broer og damkonstruksjoner. Skader oppdages gjerne ikke før etter 15 til 20 år. De skadelige reaksjonene kan knyttes til følgende potensielle alkalireaktive bergarter:

- * Sandstein/gråvakke/siltstein
- * Mylonitt/kataklasitt
- * Rhyolitt/sur vulkansk bergart
- * Argillitt/fyllitt
- * Kvartsitt (mikrokrystallin og finkornet)

I tillegg klassifiseres følgende bergarter som mulige alkalireaktive:

- * Kvartsitt (grovkornet/kvartsskifer)
- * Finkornet kvartsrik bergart
- * Kalkstein med pelittisk tekstur

Listen over skadelige bergarter er ikke endelig. Nyere forskningsresultater medfører en kontinuerlig revisjon.