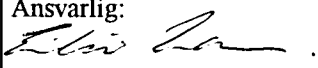


NGU Rapport 97.192
Kystnære store pukkverk, ressurspotensialet
for eksport fra Nordland fylke.

Rapport nr.: 97.192		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Kystnære store pukkverk, ressurspotensialet for eksport fra Nordland fylke.				
Forfatter: Eyolf Erichsen		Oppdragsgiver: NGU, Nordlandsprogrammet		
Fylke: Nordland		Kommune: Ballangen, Flakstad, Gildeskål, Leirfjord og Sømna		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1031-2 Leknes, 1928-1 Glomfjord, 1827-2 Nesna, 1825-4 Velfjord		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 37	Pris: 75,-	
Feltarbeid utført: 1992/1995		Rapportdato: 11. desember 1997	Prosjektnr.: 2365.18	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>I regi av Nordlandsprogrammet er det tatt flere initiativ for å lokalisere områder der de naturgitte forutsetningene er tilstede for etablering av kystnære store pukkverk. Undersøkelsene er utført i samarbeid mellom industrien, Nordland fylkeskommune og NGU. Denne rapporten er en sammenstilling av tidligere utførte undersøkelser.</p> <p>I og med at kravene varierer både med hensyn til bruksområdet og innbyrdes mellom landene i Europa er det vanskelig å vurdere bergartskvalitet samlet. Generelt vurderes bergartskvaliteten som middels for Råna, Kilheia, Velsvåg og Ursfjorden og meget svak for Øyrfjellet i forhold til de kvalitetskrav som stilles til byggeråstoffer i England, Tyskland, Frankrike, Nederland, Belgia og Norge.</p> <p>Analyseresultatene viser at materialet fra Øyrfjellet i Gildeskål kommune er for dårlig for anvendelse som byggeråstoff. Bergartskvaliteten for prøvene tatt i de øvrige kommunene er på grensen av det som bør aksepteres som minimumskrav for etablering av store pukkverk som er rettet mot eksportmarkedet i Europa.</p> <p>For leveranse til «offshore-markedet» for understøtting og tildekking av oljerørledninger og andre installasjoner er materialet fullt ut egnet.</p> <p>For eksport til USA er materialkvaliteten tilstrekkelig for anvendelse til vegformål ut fra informasjonen om materialkrav som er tilgjengelig.</p>				
Emneord: Ingeniørgeologi		Byggeråstoff		Fagrapport
Fallprøve		Abrasjon		Kulemølle
Los Angeles		Pukk		

INNHOLDSFORTEGNELSE

KONKLUSJON.....	4
1 FORORD	5
2 INNLEDNING.....	6
3 METODIKK.....	6
3.1 VALG AV OMRÅDER.....	6
3.2 FELTUNDERSØKELSER.....	9
4 ANALYSER OG KRAV TIL BYGGERÅSTOFFER.....	10
5 SAMMENSTILLING AV RESULTATENE	12
5.1 UTTAKSMULIGHETER	12
5.2 GEOLOGI.....	14
5.3 ANALYSERESULTATER.....	15
5.4 ANVENDELSE SOM BYGGERÅSTOFF	16
6 SAMLET VURDERING AV RESULTATENE	18
7 REFERANSE.....	20

VEDLEGGSLISTE

- Vedlegg A** : **Beskrivelse av laboratoriemetoder**
- Vedlegg C** : **Norske kvalitetskrav for knust tilslag**
- Vedlegg D** : **Europeiske krav for knust tilslag**

KONKLUSJON

Resultatene for de fem undersøkte områdene i kommunene Ballangen (Råna), Flakstad (Kilheia), Gildeskål (Øyrfjellet), Leirfjord (Velsvåg) og Ursfjorden (Sømna) er sammenstilt i følgende tabell;

Kriterier	Råna	Kilheia	Øyrfjellet	Velsvåg	Ursfjorden
Plassering	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Reserver	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig
Sjødybde	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Klimatiske forhold	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent
Miljøforhold	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Bergartstype	Noritt	Anorthositt	Granitt	Porfyrgranitt	Gabbro
Densitet	Mindre gunstig	? Gunstig	Gunstig	Gunstig	? Gunstig
Berggrunnens homogenitet	Mindre gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Bergartskvalitet	Middels	Middels	Meget svak	Middels	Middels

Tabell 1.

Densiteten til råstoffet bør for de fleste anvendelsesområdene være så lav som mulig, helst $< 2,80 \text{ g/cm}^3$. Densiteten innenfor Øyrfjellet og Velsvåg er i så måte gunstig. For Kilheia og Ursfjorden er den noe høy, mens den for Råna er i høyeste laget. Ved storskala drift er områder med et mest mulig homogent råstoff å foretrekke. Noritten innenfor Råna forekomsten viser variasjoner i de mekaniske egenskapene som kan forklares ut fra mineralogiske forhold. Berggrunnens homogenitet vurderes derfor som mindre gunstig for dette området. Homogeniteten innenfor de fire andre områdene vurderes som gunstig.

I og med at kravene varierer både med hensyn til bruksområdet og innbyrdes mellom landene i Europa er det vanskelig å vurdere bergartskvalitet samlet. Generelt vurderes bergartskvaliteten som middels for Råna, Kilheia, Velsvåg og Ursfjorden og meget svak for Øyrfjellet.

Vurderingen er gjort i forhold til de kvalitetskrav som stilles til byggeråstoffer i England, Tyskland, Frankrike, Nederland, Belgia og Norge.

Analyseresultatene viser at materialet fra Øyrfjellet i Gildeskål kommune er for dårlig for anvendelse som byggeråstoff. Bergartskvaliteten for prøvene tatt i de øvrige kommunene er på grensen av det som bør aksepteres som minimumskrav for etablering av store pukkverk som er rettet mot eksportmarkedet i Europa.

For leveranse til «offshore-markedet» for understøtting og tildekking av oljerørledninger og andre installasjoner er materialet fullt ut egnet.


For eksport til USA er materialkvaliteten tilstrekkelig for anvendelse til vegformål ut fra informasjonen om materialkrav som er tilgjengelig.


1 FORORD

Eksport av pukkk har vært økende det seneste ti-året. Flere selskap, både nasjonale og utenlandske, har vist stor interesse for å finne nye kystnære forekomster for eksport til et europeisk marked. Økt eksport av norsk pukkk ansees å ha store muligheter, men utviklingen vil skje over tid og i takt med forbruk og ressursituasjonen i det øvrige Europa. Markedsundersøkelser må til for å avklare muligheten for eksport for det enkelte pukkkverk/forekomst. Beliggenhet sett i forhold til transportavstand og kvalitet på steinproduktet vil være viktige faktorer [1],[2].

Med denne bakgrunn ønsker Norges geologiske undersøkelse (NGU) å gjennomføre en ressurskartlegging for å avgrense mulige uttaksområder for pukkk langs kyststrekningen Vest-Agder til Troms, i samarbeid med kommuner, fylkeskommuner, norsk og utenlandsk industri. Det vil i første rekke være de sydlige deler av Norge som er av interesse for eksport til kontinentet. NGUs målsetting er at egnede forekomster sikres for framtidig uttaksvirksomhet sett i et langsiktig perspektiv. Dette må sees i lys av den pågående kystzoneplanleggingen som skjer langs deler av norskekysten, og som har til hensikt å verne mot inngrep. Det er viktig at egnede uttaksområder tidlig blir registrert og kartlagt for å unngå unødige framtidige konflikter.

Trondheim 11. desember 1997
Hovedprosjekt for byggeråstoffer


Peer R. Neeb
Hovedprosjektleder


Eyolf Erichsen
Forsker

2 INNLEDNING

I regi av Nordlandsprogrammet er det tatt flere initiativ for å lokalisere områder der de naturgitte forutsetningene er til stede for etablering av kystnære store pukkverk. Undersøkelsene er utført i samarbeid mellom industrien, Nordland fylkeskommune og NGU. Denne rapporten er en sammenstilling av tidligere utførte undersøkelser.

I 1992 ble det i samarbeid med Nikkel Olivin A/S utført en undersøkelse innenfor de deler av Rånaforekomsten i Ballangen kommune som ligger best til rette for uttak av stein [3]. Ved siden av den malmbaserte gruvevirksomheten driver bedriften i dag et mindre dagbrudd der det taes ut stein for knusing. Bedriften har tilgang til et større kaianlegg som har kapasitet til å motta skip på størrelse opptil 80.000 tonn.

I 1994/95 ble det utført en innledende høringsrunde der 14 områder ble gjenstand for vurdering mtp. uttaksvirksomhet (figur 1). Resultatet av høringsrunden medførte at 4 områder ble valgt ut for videre feltundersøkelser. De undersøkte områdene var; Kilheia i Flakstad kommune, Øyrfjellet i Gildeskål kommune, Velsvåg i Leirfjord kommune og Ursfjorden i Sømna kommune [4].

Feltundersøkelsene ble gjennomført av Eyolf Erichsen, Norodd Meisfjord og John Anders Stokke, alle NGU og Bjørge Brattli, NTNU.

3 METODIKK

3.1 Valg av områder

En generell beskrivelse av hvilke kriterier som det er tatt hensyn til ved utvalg av nye mulige uttaksområder for pukk er tatt med for helhetens skyld. I tabell 2 er det angitt en del viktige kriterier [5].

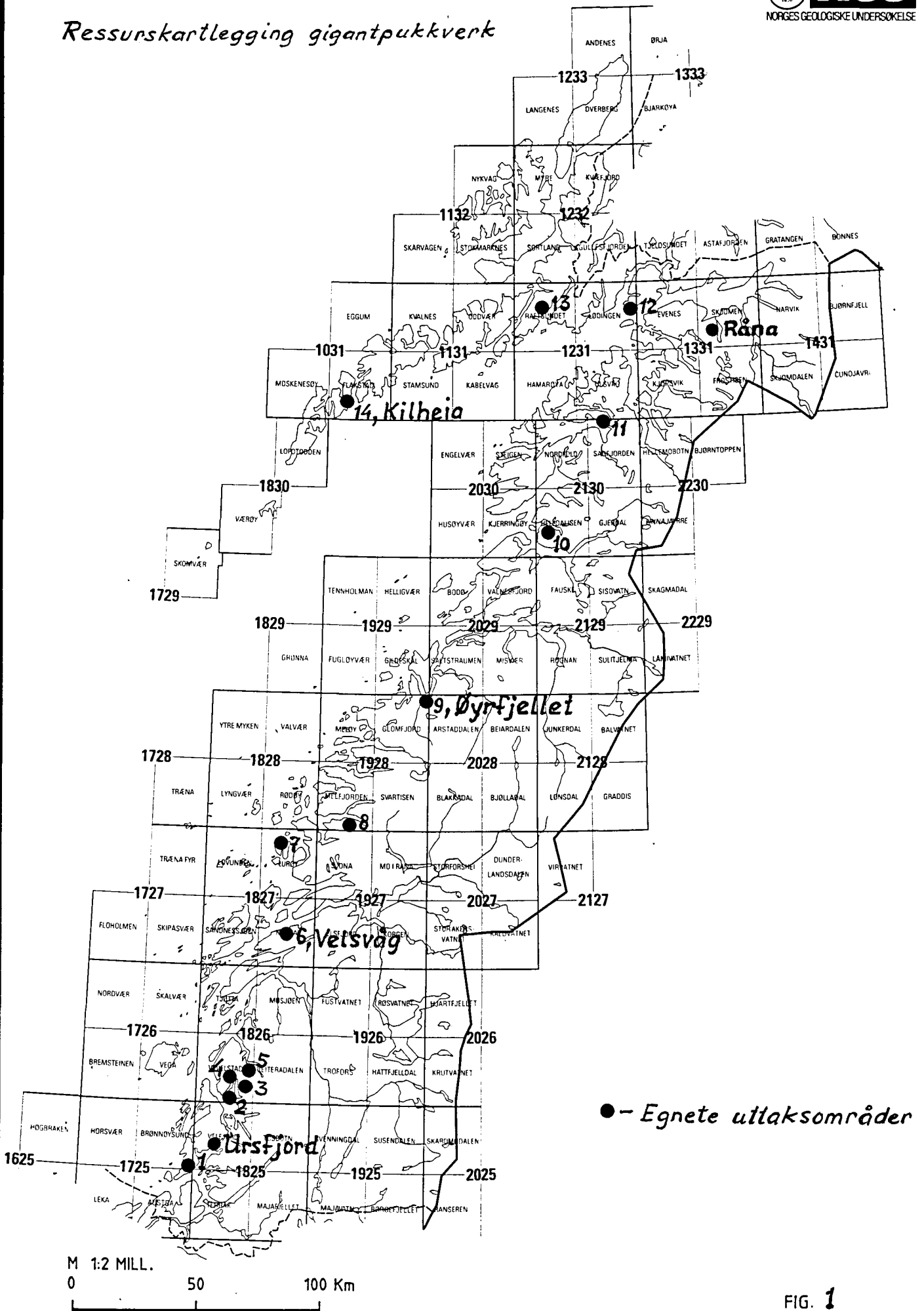
Kriterier	Beskrivelse
Plassering	Nærhet til sjø, < 2-3km
Reserver	Minimum 250 millioner tonn
Sjødybde	Minimum 12 meter for båter med Panmax størrelse
Klimatiske forhold	Havn og dagbrudd beskyttet mot vær og vind
Miljøforhold	Innsyn mot anlegget, avstand til bebyggelse, forurensing
Densitet	Helst lavere enn 2,80 g/cm ³
Berggrunnens homogenitet	Mest mulig homogen
Bergartskvalitet	Så god som mulig, en del minimumskrav bør innfries

Tabell 2.

NORDLAND



Ressurskartlegging gigantpukkverk



Ved valg av nye områder for uttak av pukk vil driftsform for forekomsten ha innvirkning for lokalisering av uttaket. Pukkforekomster drives hovedsakelig ved dagbruddsdrift. Unntaksvis finnes forekomster som drives under jord. Ved underjordsdrift kan en se bort i fra en del kriterier som må vektlegges ved dagbruddsdrift. Negative miljømessige konsekvenser som skjemmende innsyn, støv og støy kan skjermes totalt eller mer effektivt ved underjordsdrift. Det er fullt ut mulig å legge et underjords pukkverk nærmere et tettbygd område enn hva som ellers vil være tilfelle ved dagbruddsdrift.

Forekomster i størrelsesorden det her er snakk om, med en årsproduksjon > 3-5 mill. tonn, vil sannsynligvis kun være egnet for dagbruddsdrift. Det er utført beregninger som viser at pukkforekomster med uttak i størrelsesorden opptil 1 mill. tonn pr. år kan være konkurransedyktige ved underjordsdrift i forhold til dagbruddsdrift [6].

Ressursgrunlaget for store pukkverk med årsproduksjon i størrelsesorden 5 mill. tonn bør være minimum 250 mill. tonn (50 års drift) [5]. Nyetablering av kystnære store pukkverk vil sannsynligvis i en oppstartingsfase ha en lavere årsproduksjon og deretter over tid bygge seg opp til full produksjonskapasitet. Det som er nødvendig er at ressursgrunlaget er tilstrekkelig stort slik at man har mulighet til å øke produksjonsmengden ved en eventuell framtidig økt etterspørsel. Det kan nevnes at Europas første og foreløpige eneste kystnære store pukkverk, Glensanda, på nordvestkysten av Skottland, har en reserve på 450 mill. tonn. Årsproduksjonen er 5 mill. tonn med planer om ytterligere økning til 15 mill. tonn.

Ved lokalisering av nye forekomster som er tenkt drevet ved dagbruddsdrift, vil en få nyttig informasjon fra et vanlig topografisk kart. Det er viktig å tenke driftsform allerede fra starten slik at en kan finne områder der et tenkt brudd kan tilpasses topografien for å hindre miljømessige ulemper, i første rekke skjemmende innsyn. Andre viktige momenter vil være mulighet for god havn og at innseilingsmulighetene og sjødybden er tilfredsstillende. Tilgjengelighet til annen type infrastruktur som veg, el-forsyning og bebyggelse kan også vektlegges. Geologisk bør en unngå områder med bergarter med antatt dårlige mekaniske egenskaper (generelt skifrige glimmerrike bergarter) og områder som er overdekket med tykke løsmasseavsetninger.

Etter at et visst antall områder er valgt ut etter de nevnte kriterier, er det naturlig å få en tilbakemelding for å få kartlagt eventuelle åpenbare areal- eller miljømessige konflikter. Det er nyttig med en høringsrunde der en bør kontakte Fylkesmannen ved miljøvernavdeling, Fylkeskommunen og berørte kommuner. Disse sitter inne med informasjon som i en tidlig fase kan ekskludere områder som er uaktuelle for nærmere undersøkelser. Eksempler på denne type informasjon vil være jord- og skogbruksinteresser, registrerte kulturminner, natur- og kulturlandskapsmessige hensyn.

For et av prosjektene ble hele nordlandskysten vurdert mtp. etablering av store kystnære pukkverk. Totalt 14 områder ble valgt ut etter de nevnte kriterier (figur 1). Det ble gjennom-

ført en høringsrunde der NGU fikk en konstruktiv tilbakemelding, og som resulterte i at kun 4 områder ble bedømt som interessante for videre feltundersøkelser. Senere ble ett av de utvalgte områdene erstattet med et nytt område innenfor samme kommune (Ursfjorden i Sømna kommune).

3.2 Feltundersøkelser

Feltundersøkelser av nye pukkeforekomster består av berggrunnsgeologisk og ingeniørgeologisk kartlegging. Formålet er å kartlegge parametre som har betydning ved uttak og produksjon av pukk. Resultatene vil gi en oversikt over registrerte variasjoner i berggrunnens egenskaper og kvalitet slik at man i en eventuell driftsfase ikke kommer ut for uventede overraskelser.

Geologisk kartlegging innebærer i første rekke registrering og avgrensning av bergartstyper. Andre viktige parametre er registrering av bergartenes kornstørrelse, tekstur og homogenitet. I tillegg kartlegges struktur, sprekkefrekvens og -retning, overflateforvitring, radioaktivitet og ikke minst mekaniske og fysiske parametre. Radioaktiviteten registreres med et bærbart scintillometer som gir utslag for stråling fra berggrunnen.

I og med at geologiske kart er tilgjengelig for alle de fem områdene har befaringen i felt i første rekke vært konsentrert om å finne egnede steder for den mekaniske prøvetakingen. Geologien er blitt vurdert, men da med henblikk på bedømmelse av homogeniteten innenfor de aktuelle uttaksområdene.

Undersøkelse av mekaniske og fysiske egenskaper medfører en del prøvetaking. Omfanget av prøvetakingen justeres i forhold til variasjonen i områdets geologi, og på basis av kvalitative forskjeller som kan registreres ved overflatekartlegging av bergartene. Prøvetakingen utføres ved «lett sprengning» i dagoverflaten ned til ca. 0.5 meters dyp. For å få nok materiale til de mekaniske testanalysene taes tilsammen ca. 60 kg prøvemateriale fra hver prøvelokalitet.

For å sikre at de utsprengte overflateprøvene er representative for bergartsmaterialet i undergrunnen taes referanseprøver. Dette taes av friskt bergartsmateriale av samme type som det utsprengte, fortrinnsvis fra nærliggende vegskjæringer eller der det måtte være tilgjengelig, på et dyp under dagfjellsonen.

I enkelte tilfeller kan det være aktuelt med kjerneboring for å dokumentere forholdene mot dypet.

4 ANALYSER OG KRAV TIL BYGGERÅSTOFFER

Følgende analyser er utført ved NGU; densitet, fallprøven (sprøhet, flisighet, pakningsgrad), abrasjon, kulemølle og Los Angeles (Råna prøven SINTEF). Poleringstest, Polished stone value (PSV), er utført av Messrs. Sandberg, England og Celtest limited, Wales. Mineralfordelingen ved tynnslipanalyse er utført skjønnsmessig av Harald Skålvoll, NGU og Bjørge Brattli, NTNU. Vedlegg A gir en beskrivelse av disse laboratoriemetodene.

Alle prøvene er prøvetatt som håndstykke store prøvestykker som tilsammen utgjør ca. 60 kg. 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 [7] at prøver tatt fra produksjon, «produksjonsprøver», kan gi et betydelig avvik i analyseresultater i forhold til jomfruelige prøver tatt i felt, også kalt «stuffprøver». Produksjonsprøvene vil være avhengige av hvor godt materialet er bearbeidet i knuse-/sikteverket. Mekanisk 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 materialer som skal anvendes som tilslag 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 (Sa-verdien) alternativt kulemølleverdien. Det er meningen at den nye kulemøllemetoden skal erstatte abrasjonsmetoden. Vedlegg C gir en oversikt over kvalitetskrav som gjelder for norske tilslagsmaterialer. Tabell 3 gir en forenklet oversikt over norske krav for tilslagsmateriale til vegformål.

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	-	-

Tabell 3.

Krav til steinklasse (St.kl.), abrasjonsverdi (Abr.), slitasjemotstand (Sa-verdi) og kulemølleverdi (Km) avhengig av bruksområde. Tabellen er forenklet og basert på vedlegg C.

Generelt bør kravene for høy trafikkerte veger innfries, mens kravene for lett trafikkerte veger må innfries for at en forekomst skal være av interesse for uttaksvirksomhet. Fallprøven, abrasjonsmetoden og kulemøllemetoden er også standard testmetoder i de øvrige nordiske landene. Unntaket er at det testes på noe ulike kornfraksjoner.

I det øvrige Europa benyttes ulike testmetoder, men som ofte gir uttrykk for de samme mekaniske påkjenninger som framkommer ved de norske/nordiske metodene. Undersøkelser viser at det er tildels god korrelasjon mellom de forskjellige testmetodene [8]. Gjennom det pågående CEN arbeidet (Comite Europeen de Normalisation) er det blitt standardisert hvilke metoder som skal være gjeldende for alle EU/EFTA land. Kulemølle, Los Angeles og PSV er alle godkjent som «CEN metoder». Vedlegg D gir en oversikt over kvalitetskrav for tilslagsmaterialer for en del utvalgte europeiske land.

I tabell 4 er det laget en forenklet oversikt over krav for tilslagsmateriale til vegformål for en del utvalgte europeiske land.

Land	Bruksområde	Vegtype	LA	PSV
England	Vegdekke	Motorveg, spesielle krav	< 16	> 65
	“	Normal trafikkert veg	< 25	> 55
	“	Lett trafikkert veg	< 30	> 45
		Bære- og forsterkningslag	< 35	-
Tyskland	Vegdekke	Autobane, spesielle krav	< 15	> 55
	“	Normal trafikkert veg	< 20	> 50
	“	Lett trafikkert veg	< 30	> 43
		Bære- og forsterkningslag	< 40*	-
Frankrike	Vegdekke	Motorveg, spesielle krav	< 15	> 50
	“	Normal trafikkert veg	< 20	> 50
	“	Lett trafikkert veg	< 25	> 40
		Bære- og forsterkningslag	< 30	-
Nederland	Vegdekke	Autobane, spesielle krav	?	> 65
	“	Normal trafikkert veg	?	> 53
	“	Lett trafikkert veg	?	> 48
		Bære- og forsterkningslag	?	-
Belgia	Vegdekke	Motorveg, spesielle krav	?	?
	“	Normal trafikkert veg	?	> 50
	“	Lett trafikkert veg	?	?
		Bære- og forsterkningslag	?	-

* Krav avhengig av bergartstype.

Tabell 4.

Krav til Los Angelesverdi (LA) og poleringsmotstand (PSV) for endel europeiske land avhengig av bruksområde. Tabellen er forenklet og basert på vedlegg D.

Generelt bør kravene for normal trafikkerte veger innfries, mens kravene for lett trafikkerte veger må innfries for at en forekomst skal være av interesse for uttaksvirksomhet.

Selv om det ikke stilles krav til en bergarts egenvekt, uttrykt ved densiteten, bør den hverken være for lav eller for høy (helst < 2,80). Til enkelte formål, som stor blokkstein til dikebygging, tung ballast, tildekkingsmateriale til oljerørledninger på sjøbunnen etc., kan det stilles krav til minimum egenvekt, men dette er unntaket. Markedsandelen for spesialprodukter med høy egenvekt er forholdsvis liten.

For markedet i USA vil lokalt tilgjengelig materiale gå foran import av pukk, nærmest uavhengig av krav. Materialkravene til asfaltdekke varierer fra stat til stat eller innenfor ulike regioner. Det skyldes blant annet variasjoner i klima, materialtilgjengelighet og trafikkbelastning. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration har kommet med en anbefaling om at en del kriterier blir fulgt innen hver stat [9]. For at et materiale skal kunne brukes i asfaltdekke bør det ha en Los Angeles verdi lavere enn 45. Til bruk i bære- og forsterkningslag forventes at materialkravene avtar.

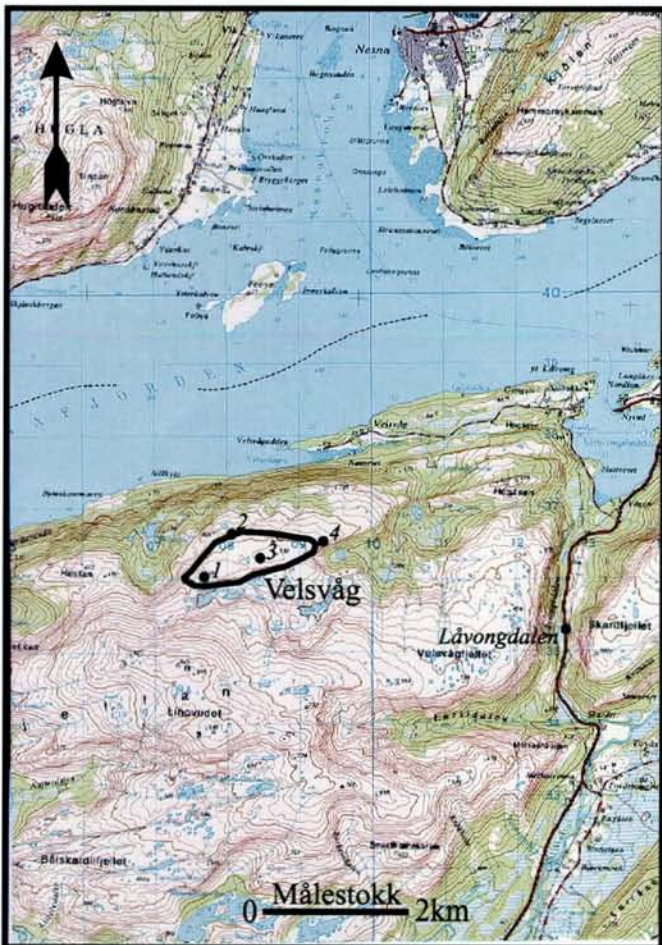
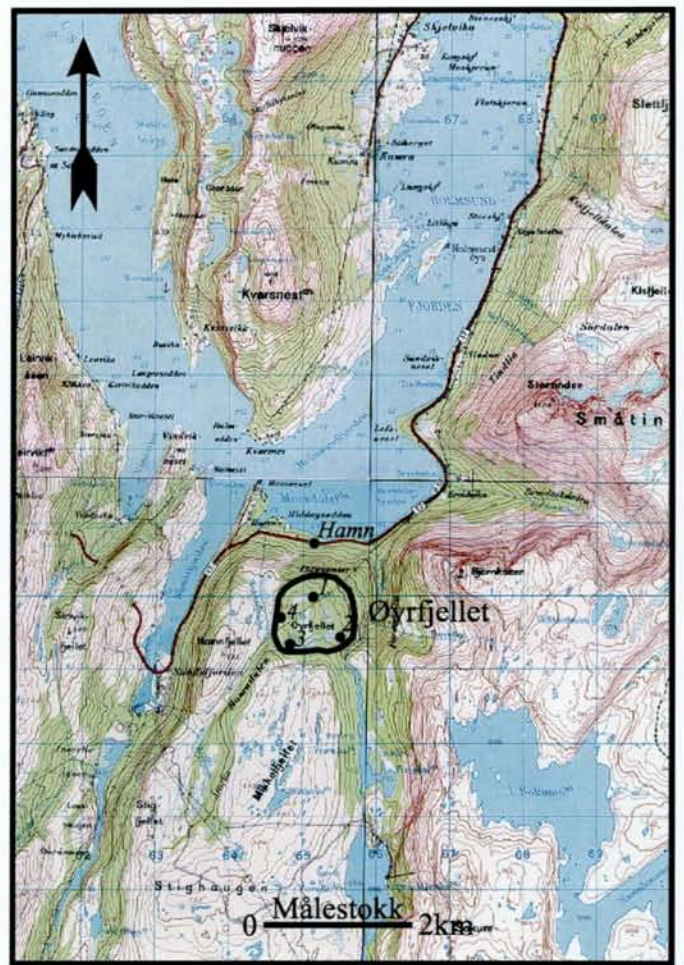
5 SAMMENSTILLING AV RESULTATENE

5.1 Uttaksmuligheter

I tabell 5 er det for de fem områdene (figur 2 og 3) utført en samlet bedømmelse av en del viktige kriterier for nye uttaksområder for pukk (se kapitell 3.1, tabell 2).

Kriterier	Råna	Kilheia	Øyrfjellet	Velsvåg	Ursfjorden
Plassering	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Reserver	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig
Sjødybde	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Klimatiske forhold	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent
Miljøforhold	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig

Tabell 5.



Figur 2.



Figur 3.

5.2 Geologi

Geologien innenfor alle fem områdene er godt dokumentert ved tidligere geologisk kartlegging [10-18]. Dominerende bergart innenfor de undersøkte områdene er gitt i tabell 6.

	Rana	Kilheia	Øyrfjellet	Velsvåg	Ursfjorden
Bergartstype	Noritt	Anorthositt	Granitt	Porfyrgranitt	Gabbro

Tabell 6.

5.3 Analyseresultater

Representative analyseverdier for de fem undersøkte områdene er vist i tabell 7.

	Råna	Kilheia	Øyrfjellet	Velsvåg	Ursfjorden
Densitet	3,14	2,84	2,61	2,75	2,89
Pakningsgrad	2	1	1	1	1
Sprøhetstall	43,7	49,6	59,5	50,9	44,2
Flisighetstall	1,29	1,29	1,32	1,33	1,33
Steinklasse	2	3	5	3	2
Abrasjonsverdi	0,67	0,58	0,81	0,62	0,67
Sa-verdi	4,4	4,1	6,2	4,4	4,5
Kulemølleverdi	-	15,3	-	15,3	16,3
Los Angelse verdi	29,1	28,4	43,5	25,3	24,8
Poleringsmotstand	60	49	-	52	52

Tabell 7. Mekaniske egenskaper.

Statistikk fra NGUs Pukkregisteret viser at prøver fra Nordland, alle bergarter sett under ett, gjennomgående har svakere mekaniske egenskaper enn ellers i landet. Noe av forklaringen kan muligens være at bergartene her er mer utsatt for overflateforvitring. Dette vil påvirke prøver som er utsprengt fra dagfjellsonen i negativ retning. Som en kontroll ble det tatt referanseprøve, fortrinnsvis i vegskjæringer og på større dyp under dagfjellsonen.

I Råna opptrer tildels kraftig overflateforvitring. De fleste prøvene i området viser langt dårligere mekaniske egenskaper enn det som er oppgitt i tabell 7. Årsaken til at de øvrige prøvene er dårligere skyldes ikke primært overflateforvitring. Årsaken til variasjonen kan forklares mineralogisk. Noritten består hovedsakelig av mineralene plagioklas og pyroksen. Plagioklas har en negativ innvirkning ved at både sprøhetstallet og abrasjonsverdien øker med økende plagioklas innhold. Pyroksen viser motsatt effekt ved at de mekaniske egenskapene blir bedre med økende innhold av dette mineralet.

Innenfor Kilheia er overflateforvitringen omfattende. På tross av dette er det liten forskjell i de mekaniske egenskapene mellom de utsprengte overflateprøvene og referanseprøven tatt i frisk vegskjæring. De utsprengte prøvene tatt innenfor det vurderte uttaksområdet ansees derfor som representative for hva en kan forvente av kvalitet mot dypet i undergrunnen.

Resultatene fra Øyrfjellet viser dårlige analyseverdier enn det som er vanlig for denne bergartstypen. Overflateforvitringen kan være omfattende og det kan stilles spørsmål om referanseprøven er tatt på stort nok dyp under dagfjellsonen.

Det er liten mekanisk variasjon mellom de utsprengte prøvene tatt innenfor det vurderte uttaksområdet ved Velsvåg som tilsier at materialet er ensartet/homogent. Referanseprøven tatt i en vegskjæring i Låvongdalen viser bedre resultater og det er disse verdiene som er oppgitt i tabell 7. Det antas at de utsprengte prøvene er noe overflatepåvirket og dermed lite representative.

Det er kun tatt en prøve i en vegskjæring i området ved Ursfjorden. Analyseresultatene er i henhold til statistikk fra Pukkregisteret, innenfor det som er vanlig for denne type bergart på landsbasis. Generelt vil det være liten variasjon i de mekaniske egenskapene for dypbergarter, men hvis kornstørrelsen i bergarten varierer må det også påregnes endringer i de mekaniske egenskapene. Finkornete dypbergarter gir som regel bedre resultater i forhold til grovkornete. I og med at kornstørrelsen for prøven er forholdsvis grov, vil en sannsynligvis ikke oppnå dårligere mekaniske resultater enn det den analyserte prøve gir. Selv om det ikke er tatt flere prøver innenfor det aktuelle uttaksområdet vurderes vegskjæringsprøven som representativ for området.

5.4 Anvendelse som byggeråstoff

Tar en utgangspunkt i resultatene i tabell 7 som gyldige for hva en kan vente oppnådd innenfor de fem områdene, kan det utføres en egnethetsvurdering i forhold til krav til veg- og betongformål for en del europeiske land (tabell 8, se også tabellene 3 og 4).

For leveranse til «offshore-markedet» for understøtting og tildekking av oljerørledninger og andre installasjoner er materialet fullt ut egnet.

For eksport til USA er materialkvaliteten tilstrekkelig for anvendelse til vegformål ut fra informasjonen om materialkrav som er tilgjengelig.

Land	Bruksområde	Vegtype	Råna	Kilheia	Øyrfjellet	Velsvåg	Ursfjorden
England	Vegdekke	Motorveg, spesielle krav	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Normal trafikkert veg	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Lett trafikkert veg	Egnet	Egnet	Uegnet	Egnet	Egnet
	Bære- og forsterkningslag		Egnet	Egnet	Uegnet	Egnet	Egnet
Tyskland	Vegdekke	Autobane, spesielle krav	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Normal trafikkert veg	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Lett trafikkert veg	Egnet	Egnet	Uegnet	Egnet	Egnet
	Bære- og forsterkningslag		Egnet	Egnet	Uegnet	Egnet	Egnet
Frankrike	Vegdekke	Motorveg, spesielle krav	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Normal trafikkert veg	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Lett trafikkert veg	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet / (Egnet)	Egnet
	Bære- og forsterkningslag		Egnet	Egnet	Uegnet	Egnet	Egnet
Nederland	Vegdekke	Autobane, spesielle krav	Uegnet	Uegnet	? / Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Normal trafikkert veg	? / Egnet	? / Uegnet	? / Uegnet	? / Uegnet	? / Uegnet
	“	Lett trafikkert veg	? / Egnet	? / Egnet	? / Uegnet	? / Egnet	? / Egnet
	Bære- og forsterkningslag		? / Egnet	? / Egnet	? / Uegnet	? / Egnet	? / Egnet
Belgia	Vegdekke	Motorveg, spesielle krav	?	?	?	?	?
	“	Normal trafikkert veg	? / Egnet	? / Egnet	? / Uegnet	? / Egnet	? / Egnet
	“	Lett trafikkert veg	? / Egnet	? / Egnet	? / Uegnet	? / Egnet	? / Egnet
	Bære- og forsterkningslag		? / Egnet	? / Egnet	? / Uegnet	? / Egnet	? / Egnet
Norge	Vegdekke	Spesiell høy trafikkert veg	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Høy trafikkert veg	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Middels trafikkert veg <5000	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Middels trafikkert veg <3000	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet	Uegnet
	“	Lav trafikkert veg	Uegnet	Egnet	Uegnet	Egnet	Uegnet
	Bærelag		Egnet	Egnet	Uegnet	Egnet	Egnet
	Forsterkningslag		Egnet	Egnet	Egnet	Egnet	
Alle land	Betongformål		Egnet	Egnet	Egnet	Egnet	Egnet

Tabell 8. Egnethetsvurdering til veg- og betongformål for en del europeiske land.

6 SAMLET VURDERING AV RESULTATENE

For bedømmelse av bergartskvalitet er det utført en verbal rangering i tabell 10. Rangeringen er basert på egnethetsvurderingen til veg- og betongformål (tabell 8) etter følgende inndeling:

Bergartskvalitet	Egnethetsvurdering
Meget god	Egnet til alle veg- og betongformål
God	Egnet til minst normal/høy trafikkerte veger og betong
Middels	Egnet til minst lett trafikkerte veger og betong
Svak	Egnet til bære- og forsterkningslag og betong
Meget svak	Uegnet til veg- og betongformål

Tabell 9.

Land	Råna	Kilheia	Øyrfjellet	Velsvåg	Ursfjorden
England	Middels	Middels	Meget svak	Middels	Middels
Tyskland	Middels	Middels	Meget svak	Middels	Middels
Frankrike	Svak	Svak	Meget svak	Meget svak - Svak	Middels
Nederland	? God	? Middels	Meget svak	? Middels	? Middels
Belgia	? God	? God	Meget svak	? God	? God
Norge	Svak	Middels	Meget svak - Svak	Middels	Svak
BERGARTSKVALITET	Middels	Middels	Meget svak	Middels	Middels

Tabell 10. Bedømmelse av bergartskvalitet basert på egnethetsvurdering til veg- og betongformål for en del europeiske land.

I og med at kravene varierer både med hensyn til bruksområdet og innbyrdes mellom landene i Europa er det vanskelig å vurdere bergartskvalitet samlet. Eksempelvis kan et materiale være fullt ut egnet til bære- og forsterkningslag, men uegnet for slitelag i toppdekke. Med dette som forbehold vurderes bergartskvaliteten i henhold til tabell 10, som meget svak for Øyrfjellet og middels for Råna, Kilheia, Velsvåg og Ursfjorden.

Densiteten til råstoffet bør for de fleste anvendelsesområdene være så lav som mulig, helst $< 2,80 \text{ g/cm}^3$. Densiteten innenfor Øyrfjellet og Velsvåg er i så måte gunstig. For Kilheia og Ursfjorden er den noe høy, mens den for Råna er i høyeste laget.

Ved storskaladrift er det å foretrekke områder med et mest mulig homogent råstoff. Ut dra densitetsanalyse og pakningsgraden etter fallprøven, samt geologien innenfor de fem undersøkte områdene, vurderes homogeniteten som gunstig innenfor Kilheia, Velsvåg og Ursfjorden. Pga. liten blotningsgrad er det vanskelig å bedømme Øyrfjellet, men ut fra bergartstypen som

opptrer i området antas at homogeniteten også her er gunstig. I og med at det er registrert en del mineralogiske forskjeller i geologien innenfor Råna forekomsten som påvirker de mekaniske egenskapene ansees dette området som mindre homogent.

For etablering av storskala drift vurderes området ved Øyrfjellet som uinteressant pga. av for dårlig bergartskvalitet. Også bergartskvaliteten for de fire øvrige områdene er på grensen av hva som bør aksepteres som minimumskrav. Resultatene er sammenstilt i tabell 11.

Kriterier	Råna	Kilheia	Øyrfjellet	Velsvåg	Ursfjorden
Plassering	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Reserver	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig	? Gunstig
Sjodybde	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Klimatiske forhold	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent
Miljøforhold	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Bergartstype	Noritt	Anorthositt	Granitt	Porfyrgranitt	Gabbro
Densitet	Mindre gunstig	? Gunstig	Gunstig	Gunstig	? Gunstig
Berggrunnens homogenitet	Mindre gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig	Gunstig
Bergartskvalitet	Middels	Middels	Meget svak	Middels	Middels

Tabell 11.

7 REFERANSE

- [1] - Årsmelding 1993, Norges geologiske undersøkelse.
- [2] - Bergindustrien - en kartlegging av bransjen, SND-rapport Nr. 4-1995.
- [3] - Erichsen; E & Brattli, B. 1992: Pukkundersøkelser. Detaljundersøkelser av Råna forekomsten. NGU Rapport 92.310.
- [4] - Erichsen; E. 1997: Kystnære store pukkverk, Nordland fylke. NGU Rapport 97.046.
- [5] - Gribble, C. 1991: Coastal Quarries-An Updata, Quarry Management, nov- 1991.
- [6] - Hansen, S.E. 1994: Storskala underjordsdrift, SINTEF Bergteknikk.
- [7] - Erichsen, E. 1993: Prøving av steinmaterialer-Laboratrieknusinens innvirkning på fallprøven, Konferanse «Stein i vei» i Bergen, feb-1993.
- [8] - Høbeda, P. 1978: Suggestions to the International Standardization of Test Metods for Aggregate Strenght, VTI Meddelande Nr. 102.
- [9] - T 5040.27 1988: Asphalt Concrete Mix Design And Field Control. *U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration, 10. Mars 1988.*
- [10] - Boyd, R. 1973: Geologisk rapport, 1) Bruvannsfeltet, 2) Brunvann-Rånaområdet, 3) Saltvikfjellområdet. Stavanger Staal A/S, NGU-rapport nr. 1120A.
- [11] - Boyd, R. 1974: Geologisk kartlegging av Rånmassivet. Stavanger Staal A/S, NGU-rapport nr. 1173A.
- [12] - Boyd, R. 1975: Geologisk kartlegging, Ballangen og Ankenes. Stavanger Staal A/S, NGU-rapport nr. 1250A.
- [13] - Boyd, R. 1980: Geologisk oversiktrapport, Bruvannsfeltet, Ballangen kommune, Nordland. NGU-rapport nr. 1582A.
- [14] - Romey, W. 1971: Basic igneous complex, mangerite and highgrade gneisses of Flakstadøya, Lofoten, North Norway. NGT, Vol. 51, pp. 33-61.
- [15] - Tveten, E. 1978: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Svolvær, 1:250.000, NGU.
- [16] - Gustavson, M. 1985: Glomfjord, foreløpig berggrunnsgeologisk kart 1928-1, 1:50.000, NGU.
- [17] - Gjelle, S., Nissen, A. og Søvegjarto, U. 1992: Nesna, foreløpig berggrunnsgeologisk kart 1827-2, 1:50.000, NGU.
- [18] - Gustavson, M. 1981: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Mosjøen, 1:250.000, NGU.

- * **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_g).

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 laboratorieknuser 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 verksproduisert 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 årsgøntrafikk (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 puk) og ASTM C535 (grov puk) 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 piggedekk 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). Foliaasjon er også et begrep som gjerne knyttes til bergartsbeskrivelser. At en bergart er foliert betyr at den har en foretrukket planparallel akseorientering eller er konsentrert i tynne parallelle bånd eller årer. Mineralkornstrørrelsen 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 årsdøgntrafikk 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".

* Strengere krav bør vurderes for ÅDT > 10.000

() = ønskede abrasjonsverdier

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 parentes 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 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.

Alkaliløselig kiseltsyre 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:

- * Sandsteiner (arkose, sandstein, kvartssandstein, gråvakke)
- * Deformasjonsbergarter (mylonitter, kataklasitter, mikrokrystallin kvartsitt)
- * Sure vulkanske bergarter (rhyolitter, kvartskeratofyr)
- * Argillitter (fyllitt, leirskifer, siltstein, skifer, mergel)
- * Kvartsitt (mikrokrystallin)

I tillegg klassifiseres følgende bergarter som mulige alkalireaktive:

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

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

Vegformål:

Følgende krav er gjeldende i England:

Vegkonstruksjon	Testmetode	Trafikkbelastning (cv/lane/day)		
		1500	6000	
<u>Ubundet</u>	LA	< 35	< 30	< 25
	ACV	< 30	< 27	< 23
	AIV	< 30	< 27	< 23
	10% fines	> 100	> 115	> 130
<u>Bitumen-</u> <u>bundet</u> Surface dressing, pervious macadam	LA	< 25	< 16	
	ACV	< 23	< 16	
	AIV	< 23	< 16	
	10% fines	> 130	-	
Dens wearing course	LA	< 30	< 25	
	ACV	< 27	< 23	
	AIV	< 27	< 23	
	10% fines	> 115	> 130	
Bære- og forsterkningslag	LA	< 35		
	ACV	< 30		
	AIV	< 30		
	10% fines	> 100		
<u>Sement-</u> <u>bundet</u> Betongdekke	LA	< 35	< 30	
	ACV	< 30	< 27	
	AIV	< 30	< 27	
	10% fines	> 100	> 115	
Bære- og forsterkningslag	LA	< 35		
	ACV	< 35		
	AIV	< 35		
	10% fines	> 50		

Tabell 1.

Kritiske grenseverdier for en del mekaniske testmetoder i forhold til trafikkbelastning (cv/lane/day) og type vegkonstruksjon.

LA - Los Angeles, ACV - aggregate crushing value,
AIV - aggregate impact value, 10% fines - tørr tilstand.

Vegdekke	Trafikkbelastning (cv/lane/day)				
	250	1000	1750	2500	3250 4000
Chippings	< 14	< 12		< 10	
Wearing courses	< 16		< 14		< 12

Tabell 2.

Kritiske grenseverdier for aggregate abrasion value (AAV) i forhold til trafikkbelastning (cv/lane/day) og vegdekke.

Vegkategori	Andel veg- lengde I England	Trafikkbelastning (cv/lane/day)					
		250	1000	1750	2500	3250	4000
A1	< 0.1%	> 60	> 65	> 70	> 75		
A2	< 4%	> 60			> 65	> 70	> 75
B	< 15%	> 55			> 60		> 65
C	< 81%	> 45					

Tabell 3.

Kritiske grenseverdier for polished stone value (PSV) i forhold til trafikkbelastning (cv/lane/day) og vegkategori;

- A1 - Ved trafikksignal, gangfelt og farlige vegstrekninger i tettbebygd strøk.
- A2 - Ved større vegkryss, rundkjøringer, skarpe svinger og bratte stigninger.
- B - Motorveger, hovedveger, andre veger med trafikkbelastning > 250.
- C - Lett trafikkerte veger (cv/lane/day < 250) og på veger uten fare for friksjonsulykker.

Følgende krav er gjeldende i Tyskland:

Vegklasse	Trafikkmengde for kjøretøy med vekt > 5 tonn				
	> 3000	3000-1500	1500-500	500-100	< 100
Bituminøse vegdekker	18 (20)	18 (20)	18 (20)	22 (25)	26 (30)
Bindelag	18 (20)	18 (20)	22 (25)	26 (30)	26 (30)
Spesielle bruksformål	15 (15)	15 (15)	15 (15)	-	-

Tabell 4.

Grenseverdier for Schlagversuch verdi (Los Angeles verdi) i forhold til trafikkbelastning/vegklasse og bruksområde. Los Angeles verdiene er ikke gjeldende, men beregnet ut fra forholdstall mellom de to metodene som framkommer i tabell 5.

Det er utført korrelasjon mellom Schlagversuch, Los Angeles og den svenske fallprøven (Høbeda 1981). På basis av disse undersøkelsene og gjeldene kategoriinndeling etter europeisk norm er det mulig å sette opp følgende korrelasjonstabell for grenseverdier mellom metodene;

Kategori (LA)	Los Angeles (LA)	Sprøhets-tall	Schlagversuch (SL)	Kategori (SL)
A	≤ 15	≤ 40	≤ 15	-
B	≤ 20	≤ 45	≤ 18	A/B
C	≤ 25	≤ 50	≤ 22	C
D	≤ 30	≤ 60	≤ 26	D/E
E	≤ 40	-	≤ 32	F
F	≤ 50	-	-	

Tabell 5.

Vegklasse	Trafikkmengde for kjøretøy med vekt > 5 tonn				
	> 3000	3000-1500	1500-500	500-100	< 100
Bituminøse vegdekker	> 50			> 43	
Spesielle bruksformål	> 55				

Tabell 6.

Forslag til grenseverdier for PSV i forhold til trafikkbelastning/vegklasse og bruksområde.

Bergart	Granitt Syenitt	Dioritt Gabbro	Kvarsporfyr Keratofyr Porfyr Andesitt	Basalt Diabas	Kalkstein Dolomitt	Gråvakke Kvartsitt Gangkvarts Kvarts sandstein	Gneis Granulitt Amfibolitt
Schlagversuch verdi	10 - 22	8 - 18	9 - 22	7 - 17	16 - 30	10 - 22	10 - 22

Tabell 7.

Tillatte Schlagversuch verdier for bærelagsmateriale for endel bergarter.
Verdiene varierer mellom 7 - 30.

Følgende krav er gjeldende i Frankrike:

BÆRE- OG FORSTERKINGS-LAG	TEST-METODE	Trafikkbelastning for kjøretøy med vekt over > 5 tonn						
		75	100	150	300	500	600	1000
Asfaltgrus	Los Angeles	< 30			< 25			
Semetstabilisert grus	Los Angeles	< 35		< 30				
Bærelagsgrus	Los Angeles	≤ 30	≤ 25		≤ 20			

Tabell 8
Krav til bære- og forsterkningslag ved forskjellig trafikkbelastning.

TOPPDEKKE	TEST-METODE	Trafikkbelastning for kjøretøy med vekt over > 5 tonn						
		75	100	150	300	500	600	1000
Overflatebehandlet	Los Angeles	-	< 25	< 20	< 15		-	
	PSV	> 40	> 40	> 40	> 45		> 45	
Asfaltbetong	Los Angeles	< 20					< 15	
	PSV	> 50					> 50	
Asfaltgrus	Los Angeles	< 30				< 25		
Semetstabilisert grus	Los Angeles	< 35				< 30		
Bærelagsgrus	Los Angeles	≤ 30	≤ 25					

Tabell 9.
Krav til toppdekke ved forskjellig trafikkbelastning.

Følgende krav er gjeldende i Nederland:

Vegklasse	1 - 2	3	4 (Autobanen)
PSV	≥ 48	≥ 53 (50)	≥ 65

Tabell 10.
Grenseverdier for PSV avhengig av vegtype.

Følgende krav er gjeldende i Belgia: PSV > 50

Betongformål:

Krav til tilslag for betong, inkludert betong til vegbygging foreligger som forslag til europeisk norm i prEN 12620:1996. Det kan ved behov stilles krav til en rekke fysiske- og mekaniske egenskaper. Her vil kravene kun for to egenskaper bli gjengitt.

Kornform for grovt tilslag:

Flakindeks for tilslagsmateriale > 4 mm, som bestemmes i henhold til prEN 933-3, deles inn i følgende kategorier avhengig av behov:

Flakindeks	Kategori
≤ 20	FIA
≤ 35	FIB
≤ 50	FIC
Ingen krav	FID

FIA - Kreves vanligvis ikke for betong.

FIB - Kreves vanligvis for knust stein og grus, slagg og kunstig tilslag.

FIC - Kreves vanligvis for uknust sand og grus.

FID - Gjelder i de tilfeller der det er vist at tilfredsstillende betong kan produseres.

Los Angeles:

Ved behov kan det stilles krav til Los Angeles, som skal utføres i henhold til prEN 1092-2. Følgende kategoriinndeling gjelder:

Los Angeles verdi	Kategori
≤ 20	LAA
≤ 30	LAB
≤ 40	LAC
> 40	LAD

LAA - Vil vanligvis bare bli krevd i spesielle tilfeller bl.a. der piggdekk benyttes.

LAB - Kan kreves for toppdekke og golv konstruksjoner som utsettes for store belastning.

LAD - Gjelder i de tilfeller der det er vist at tilfredsstillende betong kan produseres.