

Ngu-rapport 87112

BRUK AV KNUST TILSLAG I BETONG  
ET EKSEMPEL MED DOLOMITT  
FRA BØRSELV.



# Norges geologiske undersøkelse

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

Rapport nr. 87.112	ISSN 0800-3416	Åpen/Portrett	
Tittel:  Bruk av knust tilslag i betong. Et eksempel med dolomitt fra Børselv.			
Forfatter:  John Anders Stokke		Oppdragsgiver:  NGU	
Fylke:		Kommune:	
Kartbladnavn (M. 1:250 000)		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 24	Pris: 50,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato:	Prosjektnr.:	Prosjektleder: John Anders Stokke
Sammendrag:  Denne rapporten er utarbeidet på grunnlag av et foredrag holdt ved Vintermøtet til Geologisk forening i 1987. Rapporten er todelt. Første del gir en oversikt over generelle forhold ved bruk av knust tilslag i betong. Andre del er en sammenstilling av resultatene med dolomitten fra Børselv. Både litteraturstudier og egne undersøkelser viser at betongtilslag av knust fjell ennå er lite benyttet i Norge. Dette har selvsagt sammenheng med den store tilgangen på natursand. Lokalt kan det likevel være knapphet på egnede sand- og grusforekomster. Knust tilslag kan i slike tilfeller være et økonomisk interessant alternativ. Knust dolomitt viser seg godt egnet for betongtilslag i vanlig konstruksjonsbetong.			
Emneord		Ingeniørgeologi	Foll
Byggeråstoff		Betongtilslag	Fagrapport

## INNHALDSFORTEGNELSE

INNHALDSFORTEGNELSE.....	2
FORORD.....	3
BRUK AV KNUST TILSLAG I NORGE.....	4
FORANDRINGER I BETONGEGENSKAPENE NÅR KNUST TILSLAG BENYTTES FRAMFOR NATURLIG TILSLAG.....	5
Bearbeidbarhet og vannbehov.....	5
Korngraderingen.....	6
Holdfasthet.....	6
Bestandighet.....	8
PRODUKSJON AV KNUST TILSLAG. FAKTORER SOM HAR BETYDNING FOR TILSLAGETS KVALITET.....	8
UNDERSØKELSE OG VURDERING AV FJELLFOREKOMSTER FOR KNUSING TIL BETONGTILSLAG.....	9
PETROGRAFISK UNDERSØKELSE AV BERGARTER EGNET FOR KNUSING TIL BETONGTILSLAG.....	10
Bergarter og mineraler med uheldig geometri og tekstur.....	11
Bergarter og mineraler med en uheldig sammensetning.....	11
UNDERSØKELSE AV BØRSELVDOLOMITTEN OG SAND OG GRUSFOREKOMSTEN VED KJELGRUNNEN.....	12
En generell beskrivelse av de geologiske forhold og en kort omtale av tidligere undersøkelser.....	12
Børselvdolomitten.....	12
Sand- og grusforekomsten ved Kjelgrunnen.....	12
RESULTATER AV MØRTEL- OG BETONGPRØVINGENE.....	14
Mørtelprøving.....	14
Betongprøvestøping.....	16
ANDRE UNDERSØKELSER.....	17
Dolomittforekomsten.....	17
Sand- og grusforekomsten ved Kjelgrunnen.....	17
KONKLUSJON.....	20
LITTERATUR.....	22

### Figurer

- Fig 1. Sammenhengen glimmerinnhold/vannbehov.
- Fig 2. Innflytelse av glimmer på mørtelfastheten - Avhengighet av glimmertype og forvitringsgrad.
- Fig. 3. Eksempel på kostnadsforhold for tilslagsproduksjon
- Fig. 4. De ulike faser og innhold i ingeniørgeologiske undersøkelser for vurdering av fjellforekomsters egnethet til betongformål
- Fig. 5. Kjelgrunnen og Børselvnes. En oversikt over området.
- Fig. 6. Graderingskurver for mørtel- og betongtilslagene.
- Fig. 7. Mørtelprøving - sammenstilling av resultatene.
- Fig. 8. Betongprøving - sammenstilling av resultatene.
- Fig. 9. Sprøhet- og flisighetsanalysene - en sammenstilling.
- Fig.10. Kornform, bergarts-, og mineralkornsammensetning.

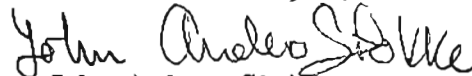
FORORD

Denne rapporten ble utarbeidet på grunnlag manuskriptet til et foredrag holdt på vintermøtet til geologisk forening i Trondheim i januar 1987.

Rapporten er todelt. Første del gir en oversikt over generelle forhold ved bruk av knust tilslag i betong. Denne del av rapporten er basert på en sammenfatning av data fra ulike litteraturkilder. Både i tekst og i figurer referes det til litteraturlisten.

Andre del av rapporten er en sammenstilling av resultatene fra tilslagsundersøkelsene med knust dolomitt. De foreliggende resultat har vist at både et rent tilslag med knust dolomitt og et kombinert tilslag med knust dolomitt/natursand er betonteknologisk interessant. NGU vil derfor la knust dolomitt fra denne forekomsten inngå som ett av fire ulike bergartsmaterialer i et NTNF-støttet forskningsprogram vedrørende knust tilslag i betong i samarbeid med FCB-SINTEF og NOTEBY a/s.

Trondheim 18.09.87.

  
John Anders Stokke  
(forsker)

## INNLEDNING

Bruk av knust stein fra egnede fastfjellsforekomster har stadig vunnet større innpass som et kvalitetsmessig høyverdig og konkurransedyktig alternativ til natursand. I et land som Tyskland utgjør bruk av kvalitativt høyverdig knust materiale ca 5% av den totale mengden tilslagsmaterialer /1/. I land som Japan og USA utgjør knust tilslag henholdsvis 15% og hele 40% av den totale mengde tilslagsmaterialer til betong /19/. I USA har bruken av maskinsand som betongtilsalg økt med 80% i løpet av perioden 1968-75 /2/. Dette har blant annet sammenheng med:

-Knapphet på fullverdige sandressurser.  
Dette har sammenheng med flere ting:

- Reell mangel på egnede sandressurser.
  - Den midlere kornstørrelsen for de forekomster som finnes er for lav. Materialet er dominert av ensgradert finsand.
  - Steinkvaliteten er så dårlig at det ikke er mulig å produsere betong av høyere fasthetsklasser.
- Økende kunnskap om egenskapene for knust tilslag i betong
  - Bedre tilpasset produksjonsutstyr med større kapasitet

Med knust tilslag menes i denne sammenhengen et maskinelt framstilt med materiale i alle fraksjoner. Betegnelsen pukk benyttes vanligvis for kornstørrelser over 4 mm. Maskinsand er betegnelsen for kornstørrelser under 4mm. Benyttes det et høyverdig råstoff kan egenskapene til det knuste tilslaget både styres og optimaliseres gjennom en tilpasset produksjonsteknikk.

## BRUK AV KNUST TILSLAG I NORGE

I Norge forbrukes årlig ca 30 mill. tonn sand og grus og ca 16 mill. tonn pukk fra fast fjell /3/. Dersom de produksjonsdata NGU har samlet inn i Vest-Agder er representative, ligger det årlige forbruket av pukk til betongformål på ca 3 mill. tonn /4/.

Her til lands benyttes knust stein først og fremst som grovfraksjon i kombinerte tilslag, der basis er natursand i fraksjonsområdet 0-10 mm. Subbus (restproduktet) fra knuseprossessen i våre pukkverk benyttes dessuten i en viss grad som filler i betongsand. Produksjon av maskinsand som tilsiktet sluttprodukt og erstatning for natursand er såvidt vites bare benyttet i forbindelse med enkelte kraftverksutbygninger /6/.

Dette gjenspeiler ressursituasjonen i vårt land. Generelt er vi godt forsynt med naturlige tilslagsmaterialer, men i enkelte områder kan det lokalt være knapphet på sand- og grusforekomster av tilfredstillende kvalitet.

Knust stein fra egnede fastfjellsforekomster kan derfor i enkelte tilfelle vise seg å være et konkurransedyktig og bedre alternativ både rent transportøkonomisk og ikke minst kvalitetmessig. På sikt

antas behovet for knust tilslag i betong å øke. Produksjon av pukk til betongformål vil øke og ny kunnskap og teknologi for produksjon og anvendelse av maskinsand vil etter hvert vinne innpass.

I de seinere år er det foretatt interessante undersøkelser som viser at vegdekker med høyfast betong (C100- C150) gir vegdekker med vesentlig lengre levetid enn ordinære asfaltdekker. Både ved Norcem /21/ og NTH /22/ ble de beste resultatene oppnådd med knust tilslag der både stein og sandfraksjonen er produsert fra bergarter med svært gode mekaniske egenskaper.

#### FORANDRINGER I BETONGEGENSKAPENE NÅR KNUST TILSLAG BENYTTES FRAMFOR NATURLIG TILSLAG.

Flere viktige bruksegenskaper for betongen forandres når knust tilslag brukes i stedet for natursand. Mest markant er dette dersom det benyttes knust materiale i alle fraksjoner slik det er forutsatt for de kommentarene som er gitt nedenfor.

##### Bearbeidbarhet og vannbehov.

Det er viktig at fersk betong lettest mulig kan transporteres, komprimeres, plasseres og avrettes uten at blandingen segregerer (vann og cement vaskes ut). Bearbeidbarheten eller konsistensen slik Neville /10/ her har definert den, er først og fremst avhengig av vanninnholdet. Neville fremholder også at vanninnholdet er uavhengig tilslag/cementforholdet dersom det benyttes en fast gradering og en fast bearbeidbarhet.

Knust tilslag er mer skarpkantet og flisig enn naturlig tilslag. Dette fører til et høyere vannbehov. Kornformen i den grove sandfraksjonen synes å ha størst betydning i denne sammenhengen. Skal betongens vann/cementforhold, og dermed fastheten, opprettholdes krever dette en økning i cementbehovet. En vanlig metode for måling av bearbeidbarhet eller konsistens av fersk betong er slumpmetoden. Dette fordi metoden måleteknisk er svært enkel og vidt utbredt. Her registreres innsynkningen for konusavformet fersk betong etter en standardisert prosedyre for ifylling i en konusformet støpeform.

Colbjørnsen /6/ viser til egne betongforsøk der cementbehovet for knuste tilslagsmaterialer gjennomsnitt økte med 4-5% for kubisk materiale og hele 10-20% for flisig materiale (flisighetstall = 1.8). Bearbeidbarheten (slumpen) ble holdt konstant under disse forsøkene. Malmberg /7/ refererer i sitt litteraturstudium til kilder som angir at vannbehovet totalt øker med 30-50% når knust tilslag benyttes. Johansson /8/ foretok betongundersøkelser som viste at en må regne med omlag 10-20% økning i vannbehovet. Dette arbeidet viser også at bearbeidbarheten for betong med knust tilslag er meget følsom for variasjoner i sand/stein-forholdet. Johansson påviste også store forskjeller i vannbehov for ulike typer maskinsand.

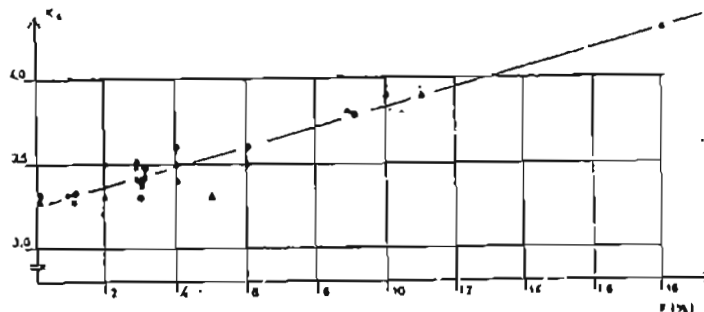
Danielsen /13/ foretok mørtelforsøk som viste at vannbehovet for mørtelsand først og fremst er bestemt av innholdet av fri glimmer, skifer eller fyllittkorn i tilslaget. Sammenhengen mellom glimmerinnholdet og vannbehovsindeksen er vist i figur 1.

### Korngraderingen

Det viser seg gunstig å ha et relativt høyt fillerinnhold i betong med knust tilslag.

Malmberg /7/ referer i sitt litteraturstudium til ulike kilder som fremhever den positive betydningen av et høyt fillerinnhold (materiale < 150 mikron). Flere kilder tyder også på at det er gunstig å kombinere et høyt fillerinnhold med spranngradering. Colbjørnsen /6/ påviste i sine undersøkelser at knust sand skal ha større mengder filler. Det ble også påvist at sand/stein forholdet bør økes i forhold til naturmaterialer.

### Holdfasthet



Sammenhengen glimmerinnhold/  
vannbehov. (13)

F = Innhold (% av talte korn)  
av fri glimmer og skifer-  
korn, fraksjonen 0,30 -  
0,15 mm.

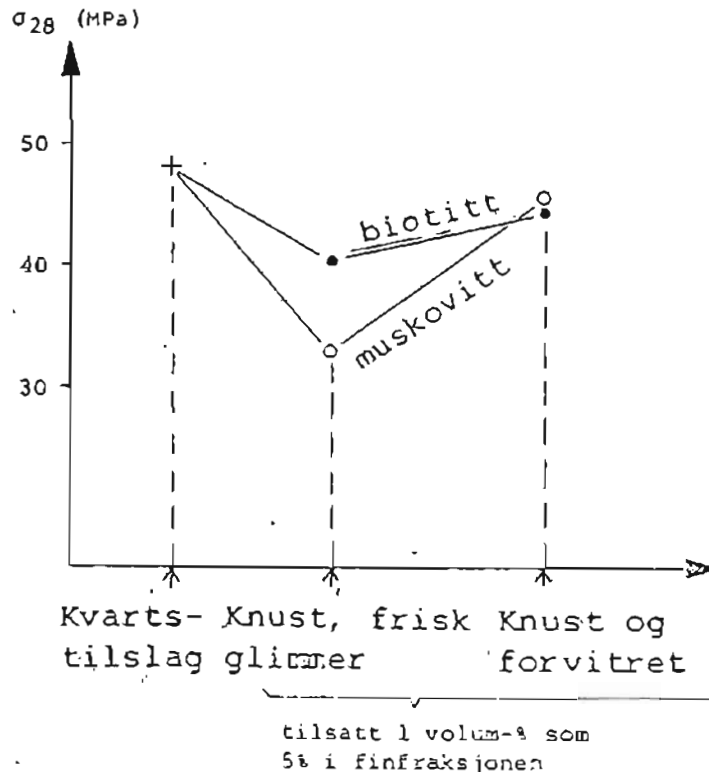
$K_s$  = Vannbehovsindeks  
(konstant gradering).

FIGUR 1 (etter Danielsen /13/)

Det ser ut til at trykkfastheten for knust tilslag ved et gitt v/c forhold vil være noe større enn for betong med naturlig tilslag når samme gradering benyttes.

Colbjørnsen /6/ fant i sine forsøk at trykkfastheten ved et gitt v/c forhold økte med omlag 10%.

I Malmbergs litteraturstudie /7/ referes også kilder der holdfastheten anses bestemt av vann-luft/cementallet. Malmberg viser også til andre kilder der trykkfastheten ved et gitt v/c forhold er opptil 10% høyere enn for betong med natursand når betongsammensetningen forøvrig holdes konstant. Danielsen /13/ påviste i mørtelforsøk med tilslag av ulik mineralogisk sammensetning at frisk uforvitret glimmer reduserer mørtelfastheten. Frikorn av frisk muskovitt har i så måte særlig ugunstig innflytelse på mørtelfastheten. Dette er vist på figur 2. Derimot synes naturlig forekommende, utlutet og forvitret glimmer ikke å ha nevneverdig innflytelse på mørtelfastheten dersom den ferske mørtelen lar seg komprimere.



Innflytelse av glimmer på mørtelfastheten avhengighet av glimmertype og forvittringsgrad. <sup>(13)</sup>

FIGUR 2 (etter Danielsen /13/)



### Bestandighet

Dårlig bestandighet skyldes at betongen både har dårlig evne til å motstå ytre påkjenninger og interne forandringer. De ytre påkjenninger kan være av både kjemisk, fysisk og mekanisk karakter. Eksempel på dette kan være klimapåkjenning (frost, fukt, varme etc.), abrasjon og påvirkning fra gasser og væsker i industrien. De interne forandringer i selve betongen kan skyldes kjemiske reaksjoner mellom tilslag og cementpasta eller mellom luft og cementpasta/tilslag. Dersom forskjellen mellom de termiske utvidelseskoefisientene for tilslag og cementpasta er ligger over et kritisk nivå kan store temperaturvariasjoner sette opp et indre spenningsfelt og føre til oppsprekking. Ugunstige ytre betingelser og høy permeabilitet i betongen fremskynder de uheldige reaksjonene.

Det viser seg at betong med knust tilslag viser generelt noe lavere bestandighet enn betong av natursand.

Teychenne /11/ testet langtidsstabiliteten/forvittringsmotstanden for betongterninger under naturlige klimatiske forhold i England. Det ble konkludert med at betongen viste tilfredstillende bestandighet etter en testperiode på 4 - 5 år.

Colbjørnsen /6/ fant at forvittringsmotstanden mot gjentatte fryse/tine sykler generelt var noe lavere for betong med knust sand enn betong med naturlig tilslag. Forskjellen var størst ved høye v/c forhold og liten luftporetilsetning.

### PRODUKSJON AV KNUST TILSLAG. FAKTORER SOM HAR BETYDNING FOR TILSLAGETS KVALITET.

#### Produksjonsteknikken

Produksjon av knust steinmateriale fra fast fjell omfatter sprengning, knusing og foredling. Ny teknologi har frembrakt produksjonsutstyr med bedre kapasitet, lengre levetid og større virkningsgrad. Dette fører til at knust tilslag nå blir mer aktuelt som et økonomisk interessant alternativ til naturlige tilslagsmaterialer. Produksjonen av pukk i fraksjonsområdet over 4mm bygger på konvensjonelt knuse og sikteutstyr slik dette er kjent fra mange pukkverk. Ved fraksjonsgrensen 4mm går det et teknisk-økonomisk skille. Videre nedknusing og produksjon av maskinsand krever bruk av slagknuser eller stavmøller. Skal det produseres kvalitetsbetong av maskisand er det dessuten nødvendig å ha korrekt gradering ned til de fineste fraksjoner. For fraksjonering av materiale under omlag 4 mm kreves det hydraulisk separering /9/.

Kvaliteten på knust tilslag kan påvirkes gjennom selve knuseprosessen. Undersøkelser har vist at følgende faktorer er viktige /6/:

- Reduksjonsforholdet definert som forholdet mellom størrelsen på innmatet materiale og størrelsen på den aktuelle fraksjonsdel.
- Knusertypen har en viss innflytelse på kornformen. De ulike knusere kan i så måte rangeres fra god til dårlig i denne rekkefølgen: støtknuser, kjeftknuser, rulleknuser og konknuser.
- Sterke og finkornige bergarter gir noe dårligere kornform enn grovkornige og mekanisk svakere bergarter.
- Følgende forhold viser tendens til å gi noe dårligere kornform
  - sakte innmatingshastighet
  - tørre materialer
  - kubisk formet innmatingsmasse
- Lukket krets i knuseprosessen med flere knusestrinn vil gi bedre og mer kubisk kornform.

I figur 3 er det vist eksempel på kostnadsforhold i tilknytning til etablering og drift av knuse- og pukkverk /5/.

#### Bergartsegenskapene

Bergartsegenskapene er av avgjørende betydning når det skal produseres knust tilslag. For dokumentasjon og sikker vurdering av aktuelle forekomster bør det foretas en ingeniørgeologisk undersøkelse før den endelige beslutning om produksjonsstart blir tatt. Innhold og omfang av en slik undersøkelse er beskrevet nedenfor og vist på figur 4.

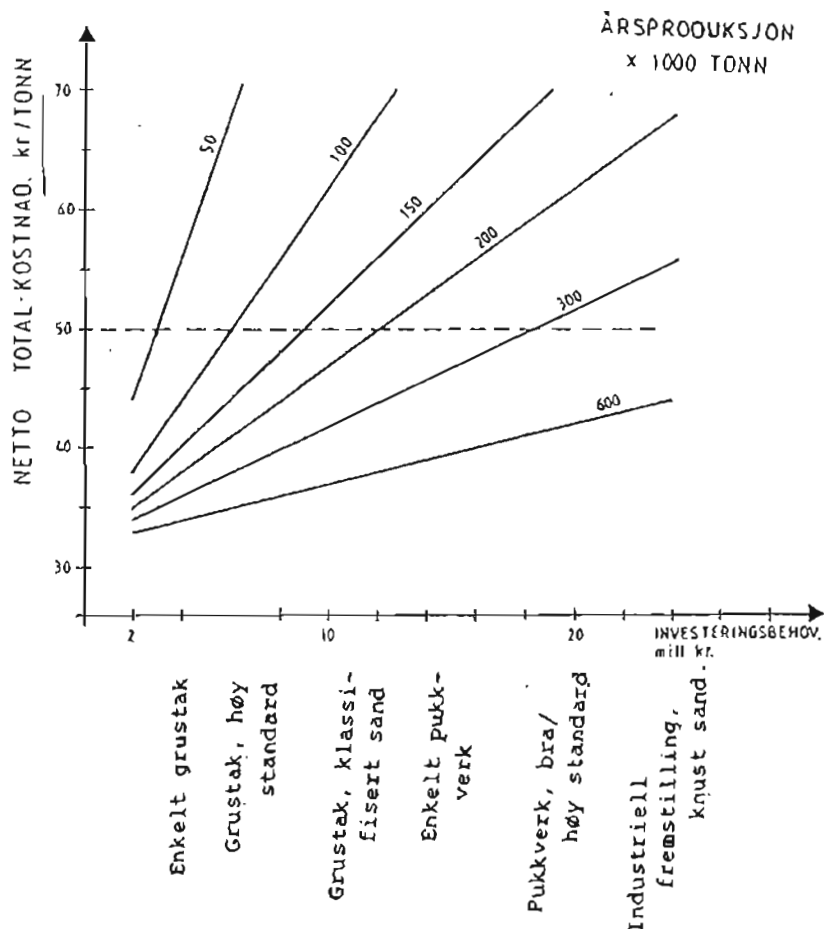
#### UNDERSØKELSE OG VURDERING AV FJELLFOREKOMSTER FOR KNUSING TIL BETONGTILSLAG.

Bergartsegenskapene er av en avgjørende betydning for kvaliteten på det knuste produktet. Det er derfor viktig at det i planleggingsfasen for et pukk- og knuseverk blir satt av tid og midler til en ingeniørgeologisk undersøkelse for å lokalisere egnede fjellforekomster. Kostnadene ved en ingeniørgeologisk undersøkelse er relativt små i forhold til de økonomiske tap en risikerer ved produksjon av et kvalitativt mindreverdige produkt.

Slike undersøkelser for vurdering av fjellforekomsters egnethet til betongformål kan deles inn i tre faser, slik som vist på figur 4.

NGU er iferd med å etablere et landsomfattende EDB-basert register for fjellforekomster egnet til pukk /18/. I innhold og omfang tilsvarer forekomst- og massetaksdata i Pukkregisteret en forundersøkelse.

EKSEMPEL PÅ KOSTNADSFORHOLD FOR  
TILSLAGSPRODUKSJON



FIGUR 3 (etter Dugstad /5/)

PETROGRAFISK UNDERSØKELSE AV BERGARTER EGNET FOR  
KNUSING TIL BETONGTILSLAG.

Ved petrografiske undersøkelser bør det særlig legges vekt på å identifisere bergarter og mineraler som har skadelig innvirkning på betongegenskapene. Petrografisk undersøkelse er den eneste måten å identifisere skadelige bergarter og mineraler i et tilslag. Det er imidlertid umulig å fastlegge klare akseptgrenser for innhold av skadelige substanser i tilslaget. Bare funksjonsorientert testing av tilslag i betong eller mørtel kan med sikkerhet forutsi tilslagets kvalitet. De skadelige bergarter og mineraler kan generelt deles inn i to grupper.

Bergarter og mineraler med uheldig geometri og tekstur.

Høyt innhold av skifre, lagdelte bergarter og glimmerkorn bør unngås. Flate tilslagskorn kan dessuten være bruddanvisere i høyfasthetsbetong. Flisige, flate og stenglige korn vil i større eller mindre grad gi et høyere porevolum. Det er påvist en klar sammenheng mellom sandens pakningsgrad uttrykt ved dens porevolum og vannbehovet /10/.

Bergarter og mineraler med en uheldig sammensetning.

En rekke bergarter og mineraler kan på grunn av sin kjemiske og fysiske egenskaper under gitte betingelser være lite volumstabile innstøpt i cementspasta.

En stor del av den utenlandske litteraturen omhandler bergarter og mineral som er alkalireaktive i betong. Dette omfatter følgende tre bergarts/mineralgrupper:

1. Metastabil kvarts i enkelte vulkanske bergarter som rhyolitter, dacitter og andesitter.
2. Grovkrystallin kvarts med metamorft deformert krystallgitter i kvartsrike bergarter.
3. Mikrittisk pellittisk dolomitt.

Her til lands er alkalireaksjoner lite kjent, fordi de lavmetamorfe bergartene under gruppe 1 og 3 omtrent ikke forekommer. Derimot er de kvartsholdige bergartene under gruppe 2 vanlige, men de er foreløpig ikke særlig påaktet da den kjemiske reaksjonen i dette tilfellet er forholdsvis langsom. Dolar-Mantuani /12/ benytter karakteristiske optiske egenskaper ved polarisasjonsmikroskopi for identifikasjon av sistnevnte type kvartskrystaller.

Knust tilslag kan inneholde uforvitrede sulfider som magnetkis, pyritt og markasitt. Med tilgang på oksygen oksyderer sulfidene med en betydelig volumøkning som resultat. Markasitt er mest ustabil, mens pyritt er mest reaktivt dersom det opptrer sammen med pyrrhotitt eller arsenopyritt /12/. Disse mineralene er lette å identifisere i stoff eller ved de petrografiske undersøkelsene.

Danielsen /13/ har funnet at uforvitret fri glimmer og da i særdeleshet muskovitt både har negativ innvirkning på vannbehovet i fersk mørtel og fastheten for herdet mørtel. Sterkt glimmerholdige bergarter er av den grunn lite egnede som knust tilslag i betong.

Fysisk svake, porøse, forvitrede og skifrige korn har negativ innflytelse på betongens bestandighet og vannbehov. Betongens forvittringsmotstand mot eksterne påkjenninger som klima, abrasjon, kjemiske agenser etc blir svekket.

UNDERSØKELSE AV BØRSELVDOLOMITTEN OG SAND OG GRUSFOREKOMSTEN  
VED KJELGRUNNEN

Etter henvendelse fra Finnmark fylkeskommune v/ fylkesgeologen er dolomittforekomsten ved Børselvnes og sand- og grusforekomsten ved Kjelgrunnen undersøkt med tanke på bruk til betongformål og eventuelt vegformål. Resultatene av undersøkelsene er presentert i en egen NGU rapport /17/. Beliggenheten til de to forekomstene er vist på figur 5.

En generell beskrivelse av de geologiske forhold og en kort omtale av tidligere undersøkelser.

Sand- og grusforekomsten ved Kjelgrunnen er tatt med i denne sammenhengen fordi undersøkelsene har vist at dette materialet både rent teknisk og praktisk er interessant å benytte i et kombinert tilslag sammen med knust dolomitt.

Børselvdolomitten

I nyere geologisk litteratur er dolomitten omtalt som "Porsangerdolomitten". Den er antatt å være av prekambrisk alder. Dolomitten dekker store areal i indre Porsanger og den har en lengdeutstrekning på ca 50 km. Mektigheten er varierende og det antydes en mektighet på ca 60-80m ved Børselvnes. Dolomittforekomsten ved Børselvnes er tidligere undersøkt av NGU både som ledd i en generell kartlegging og seinere med tanke på anvendelse som et industrimineral /14/. Makroskopisk er dolomitten beskrevet som en massiv, finkornet og tett bergart med blekgrå farge. Dolomitten har en markant forvitret dagfjellssone på grunn av frostforvitring. Årer og knoller av kvarts er den mest markante forurensningen. Deres opptreden synes å være knyttet til bestemte nivåer i dolomitten. Mikroskopisk er det mulig å skille mellom "sandig" dolomitt der klastiske korn med kvarts er jevnt fordelt over prøven og en "mikrobreksje" med en matriks av finkornet dolomitt.

Sand- og grusforekomsten ved Kjelgrunnen.

Sand- og grusavsetningen ved Kjelgrunnen er tolket som et breelvdelta. Smeltevannsspor viser at materialet er avsatt fra sørøst. Forekomsten ligger innenfor det kvartærgeologiske kartet Børselv /16/ og den er tidligere undersøkt med tanke på utnyttelse som byggeråstoff /15/. Tidligere var det utført kartlegging, seismisk profilering, sjaktgraving og prøvetaking, kornfordelings-, sprøhet og flisighets- og petrografiske analyser. I denne omgang ble det boret med Borros borerigg, gravd nye sjakter, tatt nye prøver og utført kornfordelings-, sprøhets- og flisighetsanalyser og betongprøvestøpinger /17/.

DE ULIKE FASER OG INNHOLD I INGENIØRGEOLOGISKE UNDERSØKELSER  
FOR VURDERING AV KNUST FJELL TIL BETONGFORMÅL.

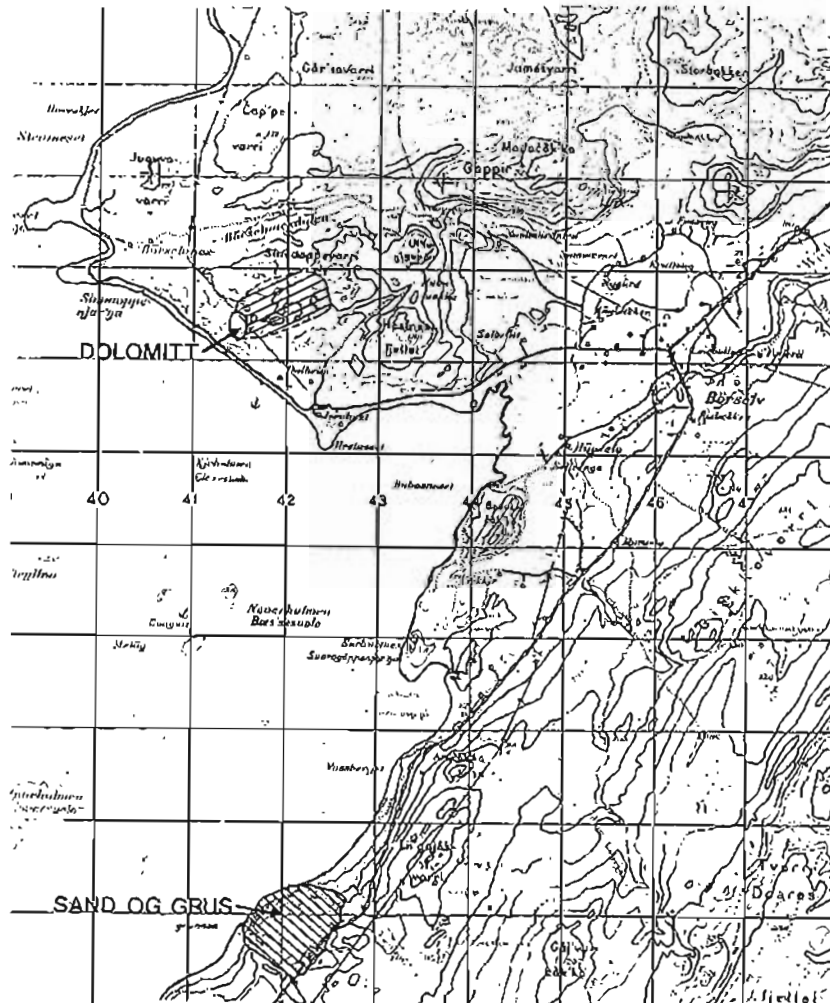
=====	
! Forundersøkelse	
!	
I felt	-Befaring og enkel kartlegging av aktuelle forek. : identifikasjon av de viktigste bergartene. : kartlegge sprekkesystem og forvitningsfenomen. : hvis mulig vurdere farge og homogenitet, kornstørrelser og antatt styrke. -Vurdering av topografiske forhold, tilgjengelighet og beliggenhet i forhold til marked. -Estimering av mektighet og volum. -Enkel prøvetaking
-----	
I lab.	-Slipanalyse -Petrografisk undersøkelse på bergarter og evt. nedknust materiale (-i samband med Pukkregisteret : Abrasjonstest og sprøhet og flisighetsanalyse )
-----	
Resultat	=>Foreløpig rangering og prioritering av forekomster
=====	
! Oppfølgende undersøkelser	
!	
I felt	-Supplerende kartlegging -Utvidet prøvetaking
-----	
I lab.	-Nedknusing til alle fraksjoner -Mørtel og prøvestøping av nedknust materiale -Utvidet petrografisk undersøkelse med tanke på: kisinnhold, alkalireaktivitet, frostbestandighet, kornform, overflatetekstur, fysisk svake korn, og bergarter/mineraler med uheldig fabric.
-----	
Resultat	=>Endelig valg av forekomst
!	
=====	
! Detaljundersøkelser	
!	
I felt	-Kjerneboring etter behov -Prøvetaking etter behov -Vurdering av driftstekniske forhold -Prøvedrift og tilpasning av produksjonsutstyr
-----	
I lab	-Utvidet prøvestøping med tanke på ulike formål -Utarbeidelse av ulike blanderesepser -Design av produksjonsutstyr
-----	
Resultat	=>Videre dokumentasjon og prøvedrift
=====	

RESULTATER AV MØRTEL- OG BETONGPRØVINGENE.

Mørtelprøving

Mørtelprøvingen er utført ved NOTEBY a/s sitt laboratorium i Trondheim. Et gitt antall prøvelegemer er støpt ut og avformet ved en standardisert prosedyre. Metoden er basert på at vann/cementforholdet og volumforholdet cement/tilslag holdes konstant. Det er derfor tilslagets egenskaper som påvirker resultatet. Fastheten regnes om til et referanseporeinnhold tilsvarende den tetteste relative lagringstettheten i forsøksreien ( i dette tilfellet 81%). For å vurdere mørtelenes plastiske egenskaper bestemmes vannbehovsindeksen. Konstante mengder tilslag og

KJELGRUNNEN OG BØRSELVNES



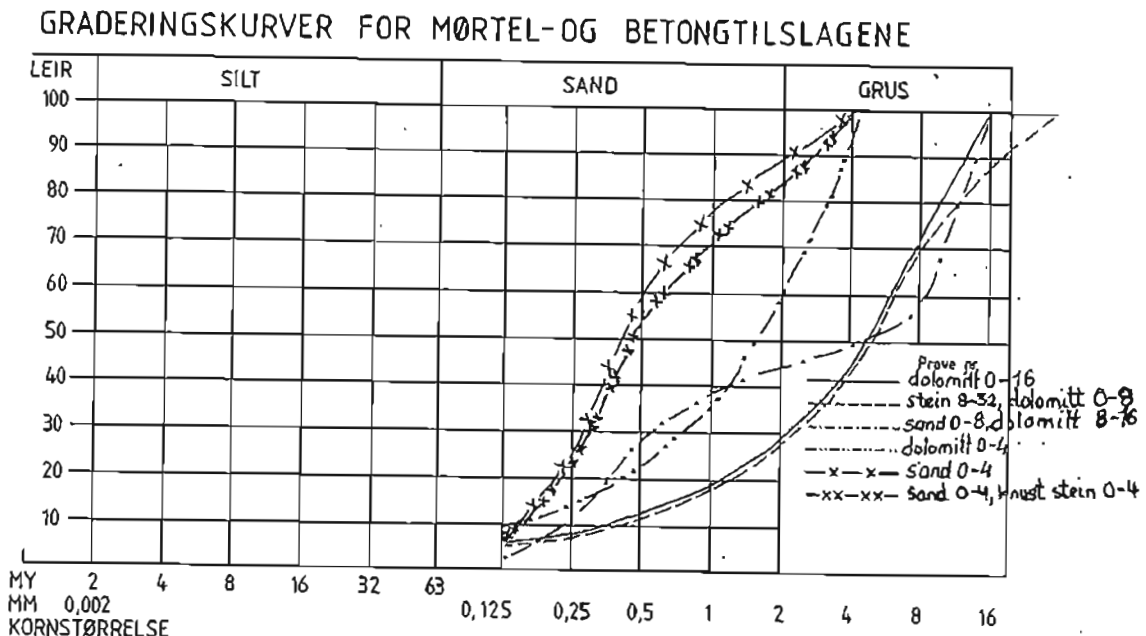
FIGUR 5

cement blandes med en tilstrekkelig mengde vann for å oppnå passelig bearbeidbarhet slik denne bestemmes ved et konusforsøk. Vannbehovsindeksen er først og fremst avhengig av prøvens korngradering. En viss innflytelse øver også tilslaget mineralogi, kornform, overflate-ruhet og eventuelle belegg.

Både maskinsand av dolomitt, sand fra Kjelgrunnen og et kombinert tilslag med naturgrus og dolomitt ble prøvd i mørtel. Graderingskurvene for både mørtel- og betongtilslaget er vist på figur 6.

Knust dolomitt som mørteltilslag gir meget bra fastheter, slik som vist i figur 7. Vannbehovsindeksen ble bestemt til 3.3, noe som er bemerkelsesverdig lavt for knust tilslag. Mikroskopering på saget flate av herdet mørtel viser ingen tegn på uheldige kjemiske reaksjoner mellom dolomittkorn og cementpasta. Dette var da heller ikke ventet. Det er bare et helt spesielt mineralselskap med dolomitt, calsit og illitt som er alkalie-reaktivt /12/. Dette gjelder først og fremst delvis dolomittiserte pellittiske kalksteiner. Denne type lavmetamorfe dolomitter er så vidt vites ikke funnet her til lands.

Sand fra Kjelgrunnen har en åpen tekstur (sandpukkel). Dette er ventlig årsaken det høye vannbehovet og den noe dårlige lagringstettheten. Dette fører igjen til en relativt dårlig mørtelfasthet.



FIGUR 6



Et kombinert mørteltilslag med 25% knust grus/stein og 75% dolomitt ga et noe lavere vannbehov ( $K_n = 4.0$ ) men ingen forbedring av trykkfastheten.

#### Betongprøvestøping

Under prøvestøpingen ble det benyttet et konstant vann/cementforhold på 0.55 og en cementmengde på 350 kg/m<sup>3</sup> tilsvarende fasthetsklasse C35. Det ble tilsiktet en slump på minst 10 cm.

Både et rent tilslag med dolomitt og 2 ulike kombinerte tilslag med naturgrus og dolomitt ble prøvd i betong. Graderingskurvene for betongtilslagene er vist på figur 6 og resultatet av betongprøvestøpingene er vist på figur 8.

Et tilslag med knust dolomitt i fraksjonsområdet 0-16mm ga en trykkfasthet på 40 MPA hvilket tilfredstiller det tilsiktede kravet. Betongen ble imidlertid noe stiv med en slump på bare 5cm. Dette skyldes trolig at graderingen ble for grov. Fillerinnholdet (materiale mindre enn 150 mikron) ble også antagelig noe lavt. For eventuelle videre forsøk bør det legges opp til å benytte en gradering med en siktrast på 45-50% på 4 mm og en sikterest på 10-20% på 150 mikron.

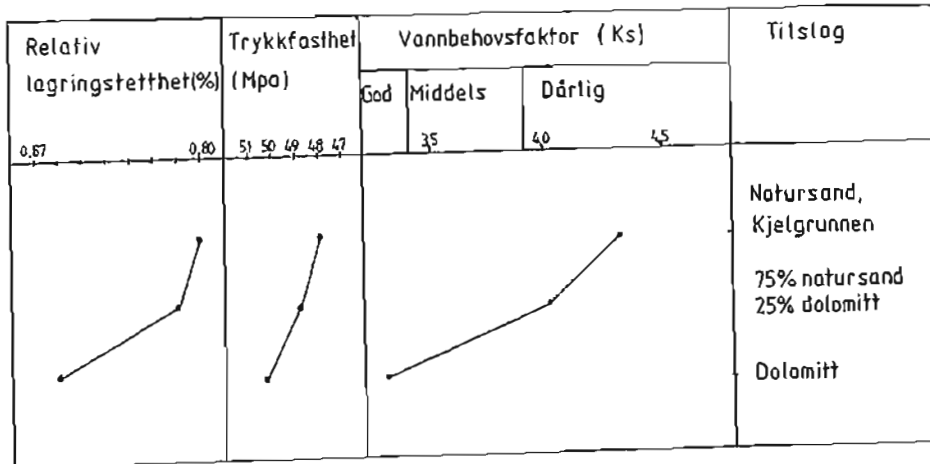
Et annet alternativ er selvsagt å øke cementmengden for derved å kunne tillate en større tilsats av vann. Mengden av plastiserende tilsatzmiddel kan samtidig økes noe.

Et kombinert tilslag dolomitt - sand/grus fra Kjelgrunnen ble også prøvestøpt. Følgende tilslag ble benyttet:

- a) Maskinsand av dolomitt(0-8 mm) - naturstein (8-32 mm)
- b) Knust dolomitt (8-16 mm) - natursand fra Kjelgrunnen(0-8 mm)

Disse to tilslagene ga tilnærmelesvis samme trykkfasthet som det rene dolomitttilslaget. Det viste seg imidlertid at bearbeidbarheten ble noe bedre og aller best for kombinasjonen natursand(0-8)/knust dolomitt(8-16). Det siste kan muligens skyldes at dette tilslaget er sprangradert.

MØRTELPRØVING



Mørtelprøving

Konstant  $\frac{V}{C} = 0,45$ ,  $\frac{a}{c} = 5$ , blandetid, blandeprosedyre, herding

FIGUR 7

ANDRE UNDERSØKELSER

Dolomittforekomsten

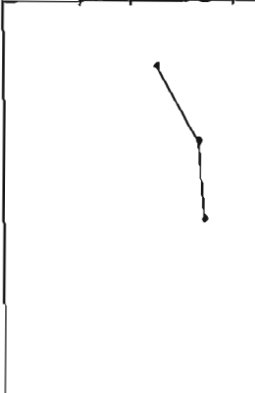
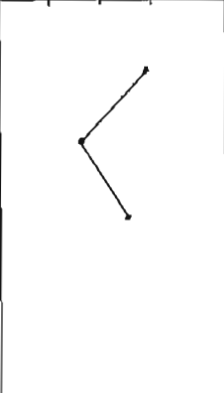
Materialet var som ventet relativt sprøtt med et midlere sprøhetstall på 55 og en midlere flisighet på 1.45 slik som vist på figur 9.

Materialet har en en dårlig motstand mot abrasjon med et abrasjonstall på 0.72. Den beregnede slitasjemotstanden på 5.5 er dårlig. Dette viser at knust dolomitt ikke er særlig godt egnet til vegformål, men den kan eventuelt benyttes som fyllmasse, filler i dekkematerialer og som bærelag i mindre trafikkbelastede veger.

Sand- og grusforekomsten ved Kjelgrunnen.

Prøvetatte sjaktprofil i brattskråningene og boring med Borros borerigg viste at mektigheten av sand- og grusressurser med en middelkornstørrelse egnet til byggetekniske formål er på ca 15m. Seismisk profilering viser at fjelloverflaten under løsmassene faller av mot nord. Seismikken gir ikke grunnlag for løsmassenes oppbygning og indre fordeling.

## BETONGPRØVING

Trykkfasthet (MPa)	Slump (cm)	Tilslag
42 41 40 39	15 10 5	
		Dolomitt 0-16 Sand 0-8/Dolomitt 8-16 Dolomitt 0-8/Stein 8-32

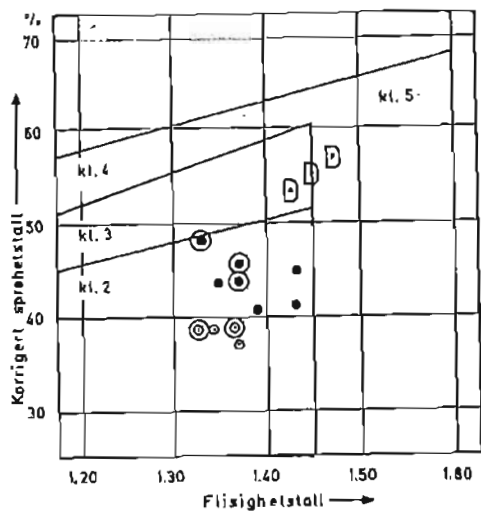
Tilsiktet: (35, slump  $\leq$  10 cm)

Konstant:  $v/c = 0,55$ , cementmengde = 350 kg/m<sup>3</sup>

FIGUR 8

Det midlere sprøhetstallet ligger på ca 45 og det midlere flisighetstallet ligger på 1.37. Dette tilfredstiller Vegvesenets strengeste krav til mekanisk styrke. Bergarts- og mineralkorntellinger, slik som vist i figur 10, viser at materialet er preget av kvartsittiske bergarter, mens innholdet av skifrige og svake sedimnetære bergarter er mindre enn 5%. Omlag 85% av bergartskornene i fraksjonen 8-16mm ble karakterisert som kubisk, mens 15% ble karakterisert som flate. I sandfraksjonene 0.125-0.25mm og 0.5-1.0mm er innholdet av glimmer- og skiferkorn kun 1%, og dette vil ikke ha noen negativ innflytelse på betongtilslagets vannbehov.

SPRØHET- OG FLISIGHETSANALYSE



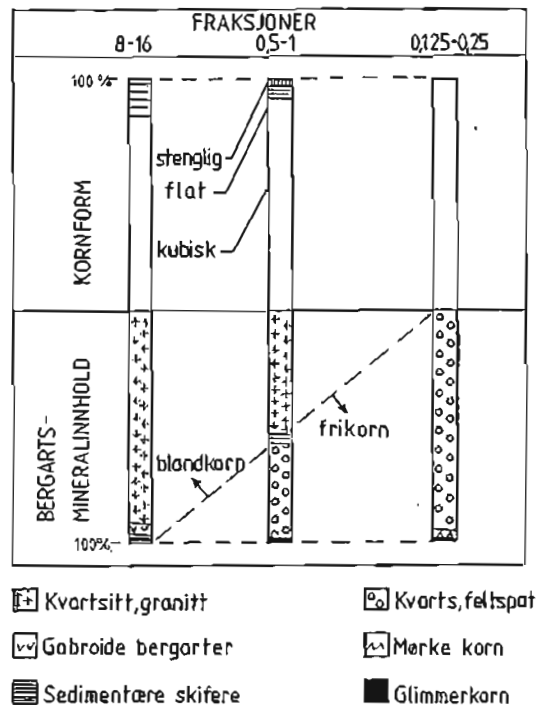
Grusforekomst med Kjelgrunnen  
8-11,2 mm

Knust dolomitt fra Børselvneset

Profil nr.	Natur materiale		100% knust
		50% knust	
1	⊙	⊙	⊙
3	○	●	

FIGUR 9

KORNFORM, BERGARTS- OG  
MINERALKORNSAMMENSETNING



FIGUR 10

KONKLUSJON

Ut fra de foreliggende resultat kan følgende konklusjoner trekkes:

-Knust dolomitt er godt egnet som tilslag i vanlig

konstruksjonsbetong med tilsiktet fasthet C25 - C35. Et kombinert tilslag med naturgrus 0-8 mm og dolomitt 8-16 mm ga best resultat.

-Produksjon av knust dolomitt som betongtilslag kan bli et viktig supplement til produksjon av jordforbedringsmiddel.

-Knust dolomitt er som ventet mindre godt egnet til vegformål.

-Hvis det ut fra markedsmessige og transportøkonomiske betraktninger blir interessant å knuse dolomitt som betongtilslag anbefaler NGU at det utføres et større prøvestøpingsprogram for prøving og endelig dokumentasjon av tilslagetes egenskaper. Her i landet har vi ikke særlig erfaring med knust dolomitt som betongtilslag. Det er blant

annet kjent at kjemisk aggressive løsninger og sterk mekanisk påkjenning kan være uheldig for betong med dolomitt-tilslag. Både i England /11/ og Frankrike/20/ rapporteres det imidlertid om gode resultater med kalkstein- og dolomitttilslag.

## LITTERATUR

1. Haerig, S (1983) : "Vervendung von betonzuschlag aus gebrochenem naturgestein - Auswirkungen auf die festbetoneigenschaften." Die Naturstein \_ Industrie 6/83 pp16-22.
2. Aikin, H.B. (1976): "Stone sand for concrete: A quality product of the crushed stone industry." Pit an quarry -75 pp 109-114.
3. Neeb, P.R. (1986): "NGU's etablering av EDB-basert Grus- og pukregister." Foredrag på konferansen om fjellsprengningsteknikk og bergmekanikk 1986. 17pp, 5 ref.
4. Hansen, H.J. og Wolden, K. (1986): "Ressursregnskap Aust-Agder NGU rapport 86.163.
5. Dugstad, P (1985): "Fremstilling av steinmaterialer." Foredrag på Teknologidagene i Nord-Norge 1984.
6. Colbjørnsen, A. (1972): "Knust sand som tilslag i betong." Nordisk betong 1972, pp119-132, 4 ref.
7. Malmberg, B. (1979): "Betong med krossgrus som ballast - En litteraturinventering." CBI-forskning 7:79, 86pp, 40 ref.
8. Johanson, L. (1982): "Betong med krossad ballast." Nordisk betong 6-1982 pp 7-11, 11 ref.
9. Hotvedt, O. : "Produksjon og bruk av knuste steinmaterialer til betongformål." Foredrag på Steinmaterialkonferansen. 15pp.
10. Neville , A.M. (1977): "Properties of concrete." 687 pp, 508 ref.
11. Teychenne, D.C. (1978): "Crushed rock aggregates in concrete." Quarry management and products, may 1978, pp 122- 137, 32 ref.
12. Dolar-Mantuani (1983): "Handbook of concrete aggregates." 345pp, 334 ref.
13. Danielsen, S.W. (1979): "Betongtilslag/Mineraloverflater" En studie av tilslagsmineralogiens betydning for betongens egenskaper." Avhandling for doktor-ingeniør-grad ved NTH 1979. Samlerapport, 148 pp, 123 ref.
14. Øvereng, O. (1985): "Børselvnes dolomittbrudd." NGU rapport 85.097 (fortrolig) 14pp, 2 ref.
15. Follestad, B.A., Neeb, P.R. og Wolden, K. (1978): "Foreløpige sand- og grusundersøkelser på kartbladet Børselv." NGU rapport 1556/9F-01, 2 ref.

16. Lebesbye, E.: "Børselv. Beskrivelse til det kvartærgeologiske kartet 2035-I M=1:50.000 (med fargetrykt kart)  
NGU skrifter 66, 19 ref.
17. Stokke, J.A. og Bakkejord, K.J. (1985): "Byggeråstoffundersøkelser av grusforekomst ved Kjelgrunnen og knust dolomitt fra Børselvnnes." NGU rapport 86.077, 9 pp, 3 ref.
18. Stokke J.A. (1986): "Grus- og pukkregisteret. Innhold og feltmetodikk." NGU rapport 86126.
19. Danielsen, S.W. (1985): "Tilslag natur/knust. Teknisk økonomiske egenskaper." Foredrag på fabrikkbetongkonferansen 1985, 13pp, 10 ref.
20. Bedard, C. (1984): "Role des caracteristiques physico-mecaniques des granulats sur la resistance en compression de betons a tres hautes resistance" Bullitin of Int. ass. of eng. geol., no 30, Paris 1984, pp 185-191, 4 ref.
21. Pedersen, N. (1987): "Betongdekke for veger. Krav til betongdekke for veger med spesielle hensyn til motvirking av piggdekk-slitasje." Foredrag på konferansen "Stein i veg" 1987. 11pp, 7 ref.
22. Gjørsv, O.E., Bærland, T. og Tønning H.R. (1987): " High strength concrete for highway pavements and bridge decks." Rapport 87.202, Inst. for bygningsmateriallære, NTH, 12pp, 3 ref.