

NGU - rapport nr. 91.172.

Undersøkelser av knust dolomitt fra Børselvnes til betongformål. NGU's undersøkelser i 1986 og NGU's deltagelse i et NTNf-støttet delprosjekt for knust tilslag til mørtelblandinger.

Rapport nr. 91.172		ISSN 0800-3416		Åpen/Åpen for tilgjengelighet	
Tittel: Undersøkelser av knust dolomitt fra Børselvnes til betongformål. NGU's undersøkelser i 1986 og NGU's deltagelse i et NTNf-støttet delprosjekt for knust tilslag til mørtelblandinger.					
Forfatter: John Anders Stokke			Oppdragsgiver: NGU, Finnmark fylkeskommune		
Fylke: Finnmark			Kommune: Porsanger		
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Honningsvåg			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 2035.1 - Børselv		
Forekomstens navn og koordinater: Børselvnes dolomitt			Sidetall: 34		Pris: 55,-
Feltarbeid utført: 1985		Rapportdato: 10.06.91		Prosjektnr.: 67.1886.75	
				Seksjonssjef: <i>Peer R. Neeby</i>	
Sammendrag: <p>Etter initiativ fra Finnmark fylkeskommune v/ fylkesgeologen har NGU undersøkt dolomitten ved Børselvnes med tanke på knusing til betongformål. Denne rapporten sammenfatter både resultatene fra NGU's egne undersøkelser og fra deltagelsen i et NTNf-støttet delprosjekt om knust tilslag til betong.</p> <p>Knust dolomitt (0-32 mm) synes godt egnet som eget tilslag i vanlig konstruksjonsbetong med tilsiktet fasthet C25 - C35. Dette forutsatt at det tilsettes nok filler og at det benyttes en knuseprosess som gir gunstig kornform.</p> <p>Tilslaget er ikke egnet i betongkonstruksjoner utsatt for sterke ytre mekaniske påkjenninger, og det kan heller ikke anbefales i meget aggressive miljø (MA).</p> <p>Selv om tilslaget ganske sikkert ikke er alkalireaktivt, vil NGU tilrå prøvestøping for endelig dokumentasjon.</p> <p>Knust dolomitt har et meget lavt vannbehov som synes lite ømfintlig ovenfor ugunstig kornform. Dolomitt-filler fremstilt som et høyverdig sluttprodukt i en tilrettelagt knuseprosess, synes derfor godt egnet som fillertilsetning i fillerfattige basistilslag.</p> <p>Dersom det blir aktuelt å knuse dolomitt til betongformål anbefaler NGU at det på forhånd utføres et større prøvestøpingsprogram for tilpassing av endelige blanderesepter.</p> <p>Knust dolomitt er på grunn av dårlige mekaniske egenskaper lite egnet til vegformål.</p>					
Emneord		Ingeniørgeologi		FOU	
Pukk		Betongprøvestøpning		Fallprøve	
Fagrapport					

INNHALDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	4
2. KONKLUSJON	5
3. TIDLIGERE UNDERSØKELSER	6
3.1. Foreløpig vurdering av Porsangerdolomitten i 1984	6
3.2. NGU's undersøkelser i 1985	6
4. UTFØRELSE OG METODIKK	6
4.1. NTNFDelprosjektet, knust tilslag til betong - mørtelblandinger.	6
5. RESULTATER	9
5.1. NTNFDelprosjektet, knust tilslag til betong - mørtelblandinger	9
5.2. Sammendrag av NGU's undersøkelser i 1985	16
6. LITTERATUR	22

VEDLEGG 1

LABORATORIEMESSIG FRAMSTILLING AV MASKINSAND.
KUBISK OG FLISIG PARTIKKELFORM

STANDARDVEDLEGG

NGU'S BYGGERÅSTOFFUNDERSØKELSER

FIGURER OG TABELLER

Tabell 1. Mørtelresultater	11
Tabell 2. Kornform	11
Figur 1. Kornform i ulike fraksjoner	12
Figur 2. Trykkfasthet ved ulike fillerinnhold, kornform og aldre	13
Figur 3. Benyttet korngradering	14
Figur 4. Vannbehov og utbredelsesmål	15
Tabell 3. Prøving i mørtel	19
Tabell 4. Prøving i betong	19
Figur 5. Graderingskurver for mørtel- og betongtilslag	20
Figur 6. Betongfasthet og slump. Mørtelfasthet og vannbehov	21

1. INNLEDNING

Etter initiativ fra Finnmark fylkeskommune v/ fylkesgeolog Sigmund Johnsen har NGU undersøkt dolomitten ved Børselvnes med tanke på byggeråstoff. Undersøkelsene ble startet opp allerede i 1984. I 1985 ble det utført oppfølgende undersøkelser av både dolomitten og utvalgte sand- og grusforekomster. Etter dette deltok NGU i et større NTNF-støttet forskningsprogram om knust tilslag til betong, der dolomitt har inngikk som ett av tilslagene.

Resultatene fra NGU's undersøkelser i 1985 viste at knust dolomitt fra Børselvnes både er interessant som et selvstendig tilslag, og som et kombinert tilslag sammen med natursand. Det ble konkludert med at resultatene burde følges opp videre. Undersøkelsene ble dels finansiert over NGU's ordinære budsjett og dels med midler over Finnmarksprogrammets budsjett.

I NTNF-delprosjektet **knust tilslag til betong - mørtelblandinger**, inngikk dolomitt som NGU's egenandel sammen med tre andre tilslagstyper. Foruten NGU deltok SINTEF, NTH geologisk avdeling og Noteby A/S. Formålet var primært å undersøke tilslagets innflytelse på betongens bruksegenskaper.

Kostnadene for dolomitten (tilsvarende 1/4 av de totale analysekostnadene ved FCB) ble dekket over NGU's ordinære budsjett. Forøvrig har NTNF dekket de prosjektrelaterte lønnskostnadene på timebasis. Ved NGU har både laboratoriepersonell og forskere deltatt i prosjektet.

I forhold til planen ble programmet en god del forsinket.

2. KONKLUSJON

Knust dolomitt (0-32) synes godt egnet som eget tilslag i vanlig konstruksjonsbetong med tilsiktet fasthet C25 - C35. Dette forutsatt at det tilsettes nok filler og at det benyttes en knuseprosess som gir gunstig kornform. Her i landet har vi imidlertid liten erfaring med knust dolomitt som betongtilslag. Bergarten dolomitt har dårlige mekaniske egenskaper (sprøhetstall og abrasjonsverdi). Tilslaget er derfor ikke egnet i konstruksjoner utsatt for sterke ytre mekaniske påkjenninger som dekker, industrigulv etc. I forhold til andre typer steinmaterialer har knust dolomitt noe redusert bestandighet. Tilslaget kan derfor heller ikke anbefales i meget aggressive miljø (MA).

Selv om tilslaget ganske sikkert ikke er alkalireaktivt, vil NGU anbefale prøvestøping for endelig dokumentasjon.

Knust dolomitt har et meget lavt vannbehov som er lite ømfintlig ovenfor noe ugunstig kornform. Dolomittfiller fremstilt som et høyverdig sluttprodukt i en tilrettelagt knuseprosess, synes derfor godt egnet som fillertilsetning i fillerfattige basistilslag.

Dersom det blir aktuelt å knuse dolomitt til betongformål anbefaler NGU at det på forhånd utføres et større prøvestøpingsprogram for tilpassing av endelige blandedresepter.

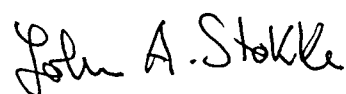
Knust dolomitt er på grunn av dårlige mekaniske egenskaper lite egnet til vegformål.

Trondheim 10.06.91



Peer Richard Neeb

seksjonssjef



John A. Stokke

forsker

3. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

3.1. Foreløpig vurdering av Porsangerdolomitten i 1984

Etter henvendelse fra Finnmark fylkeskommune ble det i 1984 utarbeidet et notat om bruk av Porsangerdolomitten til veg- og betongformål (Bakkejord 84). Det ble konkludert med at sikre slutninger ikke kunne trekkes før materialegenskapene var nærmere undersøkt.

3.2. NGU's undersøkelser i 1985

Intensjonen fra den foreløpige vurderingen i 1984 ble fulgt opp året etter. Da ble knust dolomitt fra Børselvnes og sand- og grus fra Kjelgrunnen undersøkt både med tanke på veg- og betongformål (Bakkejord & Stokke 1986). Maskinsand fra dolomitten, natursand fra Kjelgrunnen og et kombinert tilslag natursand/maskinsand ble prøvestøpt både i mørtel og betong. Prøvestøpingene ble utført hos Noteby a/s etter standard metode (Noteby, oppdrag nr. 21299 datert 03.07.85). Knust dolomitt viser seg å gi lavt vannbehov og bra fasthet både i mørtel og betong. Dette forutsetter imidlertid at det benyttes en knusemetodikk som gir god kornform og gradering både i puk- og sandfraksjonene.

4. UTFØRELSE OG METODIKK

Resultatene fra NGU's undersøkelser i 1985 er sammenstilt og vurdert sammen med resultatene fra NTNFDelprosjektet.

4.1. NTNFDelprosjektet, knust tilslag til betong - mørtelblandinger.

Fra tidligere var det kjent at kornformen har betydelig innflytelse på betongegenskapene. I NTNFDelprosjektet ble det derfor systematisk prøvestøpt med både flisig og kubisk tilslagsmateriale etter et nøye planlagt program. Undersøkelsen ble gjennomført i tiden 1986 til 1988. De ulike instanser delte arbeidet mellom seg på denne måten:

- NGU /v Stokke har stått for nedknusing av bergartsmaterialene til maskinsand. NGU har også utført kornformanalyser og bergarts- mineralkorntellinger i ulike fraksjoner på tilslagsmaterialene.
- FCB /v Tor Arne Hammer har prøvestøpt de ulike tilslagsmaterialene og foretatt alle de betongteknologiske testene.
- Noteby /v Svein Willy Danielsen og Kjell E. Kristiansen har bearbeidet og sammenstilt resultatene samt hatt hovedansvaret for utarbeidelsen av en laboratorierapport (Danielsen, Kristiansen, Hammer & Stokke 88). Professor Svein Willy Danielsen FCB (tidligere Noteby A/S), har vært faglig ansvarlig for arbeidet.

Under forsøkene ble det benyttet knust tilslag fra 4 forskjellige bergarter med ulik mineralogisk sammensetning:

- Grønnstein (Skjøla pukkverk A/S)
- Kvartsitt (Steinkjer pukkverk)
- Kvartsdioritt (Norwerk A/S, Tau)
- Dolomitt (Børselvnes dolomittbrudd)

Hensikten var i først og fremst å vurdere tilslagsmineralogiens innflytelse på ulike mørtelegenskaper. Det ble i alt prøvestøpt 16 ulike mørtelblandinger. De ulike (4x2x2) variantene kom frem på denne måten:

- 4 typer maskinsand
- 2 ulike graderinger med henholdsvis 4 og 9 % materiale mindre enn 0.125 mm (kalt filler i denne rapporten).
- 2 kornformsvarianter (kubisk og flisig)

Mørtlene var forøvrig sammensatt slik:

- Volumforholdet sement: tilslag på 1:3
- Vektforholdet vann/sement på 0.45.

Bergartsmaterialet forelå i "knyttneve" store håndstykker. Materialet ble knust ved laboratoriet på NGU. De to kornformvariantene ble i laboratoriet fremstilt som vist i vedlegg 1.

Siktingen ble i hovedsak utført ved FCB. Det ble benyttet siktemaskin med 1 m² sikteareal og ISO-siktesats med kvadratåpning. Sikteapparatet hadde imidlertid små vertikale utslag. Dette kan gi urene fraksjoner med såpass store mengder flisig og kantet bergartsmateriale. Det ble imidlertid ikke utført kontrollsikting. Siktefraksjonene ble pakket separat, klar for innveiling i riktige proporsjoner i prøvestøpingen. Materiale mindre enn 75 mikron (0.075 mm) ble fjernet fra den fineste fraksjonen (0-0.125 mm) med våtsikting. Arbeidet ble utført hos Noteby A/S.

Prøvestøpingen ble utført ved FCB under ledelse av Tor Arne Hammer. Det ble prøvestøpt etter metoder tidligere beskrevet av Danielsen (1977 og 1978).

Resultatene ble sammenstilt av Kjell Kristiansen under ledelse av Svein Willy Danielsen. Det ble utarbeidet en laboratorierapport (Danielsen, Kristiansen, Hammer & Stokke 88).

I standardvedleggene er innhold og metodikk for byggeråstoffundersøkelser nærmere omtalt. Forøvrig vises det til litteraturlisten.

5. RESULTATER

5.1. NTNF-delprosjektet, knust tilslag til betong - mørtelblandinger

Resultatene fra mørtelprøvingene er sammenstilt i tabell 1.

Korntellingene viser at forsøket på å framstille ulike kornformer har vært vellykket. Kornformen er klart forskjellig mellom det kubiske og flisige knuseproduktet (fig. 1 og tab. 2). Som forventet er forskjellen størst i de groveste fraksjonene (0.5, 1 mm og 2 - 4 mm). I de finere fraksjoner vil andelen frikorn øke og jevne ut forskjellen mellom de to kornformvariantene.

Kornformen hos knust grønnstein varierer særlig mye innen de ulike fraksjoner. Kornformen i den groveste fraksjonen hos den flisige varianten er sterkt preget av den ugunstige knuseprosessen. Samtidig er andelen flisig og stenglig materiale for den kubiske varianten særlig høy i finfraksjonen. Dette sannsynligvis fordi den kornformstabiliserende effekten av et økende frikorninnhold er liten hos den finkornige grønnsteinen.

Mørtelprøvene viser at knust dolomitt gir fastheter og har en fasthetsutvikling omtrentlig på nivå med de øvrige tilslag (fig. 2). Det er relativt stor spredning i trykkfasthet etter både 28 og 90 døgn. FCB peker på at dette kan skyldes at støpeformene ikke ga helt planparallele sideflater på testterningene.

Det ble benyttet 2 forskjellige graderinger under mørtelprøvingen (fig. 3). Typegradering romertall I har Danielsen (78) tidligere benyttet ved mørtelprøving av knust tilslag. Betydningen av et høyt fillerinnhold i knust tilslag har lenge vært kjent (Danielsen & Neeb 88). Hos typegradering romertall II er fillerinnholdet (materiale mindre enn 0.125 mm) hevet til 9 %, ellers er de fraksjonsvise graderingsproporsjoner de samme.

Resultatene fra FCB viser at vannbehovet for knust dolomitt ligger lavere enn for både grønnstein, kvartsitt og durasplitt (fig. 4). Til å være maskinsand er et indekstall på 3.3 til 3.4 svært lavt. Resultatene viser også at vannbehovet for knust dolomitt ikke er

påvirket av kornformen. For de øvrige tilslagene øker vannbehovet når andelen knust og flisig materiale øker. Uten unntak avtar vannbehovet når fillerinnholdet økes fra 4 til 9 % (fig. 5). Dette understreker samtidig betydningen av et høyt fillerinnhold når det benyttes knust tilslag.

Utbredelsesmålet gir uttrykk for bearbeidbarheten i den ferske blandingen. Resultatene bekrefter den vanlige oppfatningen om at bearbeidbarheten avtar med økende andel flisig og stenglig materiale (fig. 4). Dolomitten viser seg å gi den mest bearbeidbare blandingen av alle tilslagene. Et høyt fillerinnhold synes å ha en gunstig innflytelse på bearbeidbarheten hos flere av tilslagsvariantene. Det ble også utført målinger av bleeding (tendensen til separasjon). På grunn av store måleavvik i resultatene i to ulike forsøksserier, var tolkingen vanskelig. Likevel kan det tyde på at en høy andel flisig og stenglig materiale stabiliserer den ferske blandingen og motvirker bleeding.

Tabell 1.

MORTELRESULTATER. NTF-PROSJEKTET: KNUST TILSLAG TIL BETONG.

Bergart	Kornform	Filler %	Vannbehov	Bleeding %	Synkmal	Utbredels mal	Kornform			Trykkfasthet (Mpa)		
							Stenglig	+ flisig		7d.	28d.	90d.
Gronnstein	Kubisk	4	3.6	0.7	47	152.5	3	11	20	44.3	54.0	66.3
		9	3.5	0.7	67	142.7	3	11	20	48.5	58.3	65.1
	Flisig	4	4.0	0.5	26	127.0	43	34	31	44.6	52.8	58.8
		9	3.8	0.6	39	131.4	43	34	31	45.9	55.4	62.2
Kvartsitt	Kubisk	4	3.6		72	141.7	5	7	6	43.3	51.8	61.9
		9	3.6		64	139.7	5	7	6	42.9	52.6	62.1
	Flisig	4	3.9	0.9	34	128.4	33	23	19	45.6	58.1	66.4
		9	3.6	1.2	48	123.5	33	23	19	46.7	59.2	63.5
Kvartsdioritt	Kubisk	4	3.6	1.4	48	139.7	11	10	12	45.9	56.8	66.9
		9	3.4	1.3	63	143.6	11	10	12	45.1	54.5	63.5
	Flisig	4	4.2		18	135.3	38	33	30	41.0	51.2	56.0
		9	3.9		36	137.3	38	33	30	43.9	53.9	61.3
Dolomitt	Kubisk	4	3.4		70	150.5	4	11	11	45.7	53.7	63.0
		9	3.3		85	159.3	4	11	11	45.5	54.3	60.9
	Flisig	4	3.4		68	135.3	34	25	23	43.5	54.1	60.1
		9	3.3		80	137.8	34	25	23	45.3	51.9	61.6

Tabell 2.

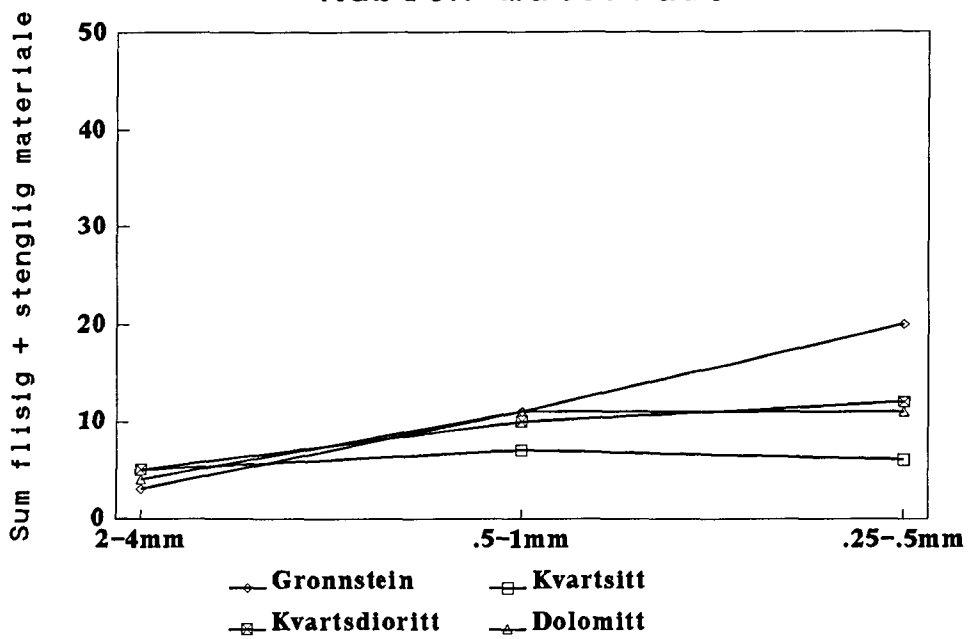
KORNFORM. NTF-PROSJEKTET: KNUST TILSLAG TIL BETONG.

Bergart	Type	Kornform type	Kornform		
			2-4mm	0.5-1mm	0.25-0.5mm
Gronnstein	Kubisk	Kubisk	97	89	80
		Flisig	2	10	16
		Stenglig	1	1	4
	Flisig	Kubisk	57	66	67
		Flisig	38	32	28
		Stenglig	5	2	3
Kvartsitt	Kubisk	Kubisk	95	93	94
		Flisig	4	7	6
		Stenglig	1	0	0
	Flisig	Kubisk	67	77	81
		Flisig	31	23	19
		Stenglig	2	0	0
Kvartsdioritt	Kubisk	Kubisk	95	90	88
		Flisig	10	9	12
		Stenglig	1	1	0
	Flisig	Kubisk	67	67	70
		Flisig	34	33	30
		Stenglig	4	0	0
Dolomitt	Kubisk	Kubisk	96	89	89
		Flisig	3	11	11
		Stenglig	1	0	0
	Flisig	Kubisk	66	75	77
		Flisig	33	25	23
		Stenglig	1	0	0

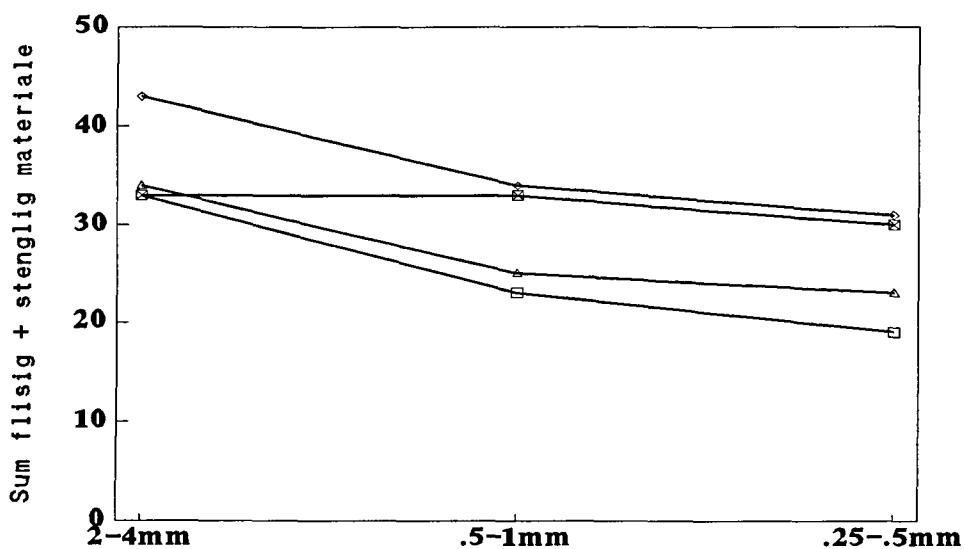
Figur 1.

KORNFORM I ULIKE FRAKSJONER

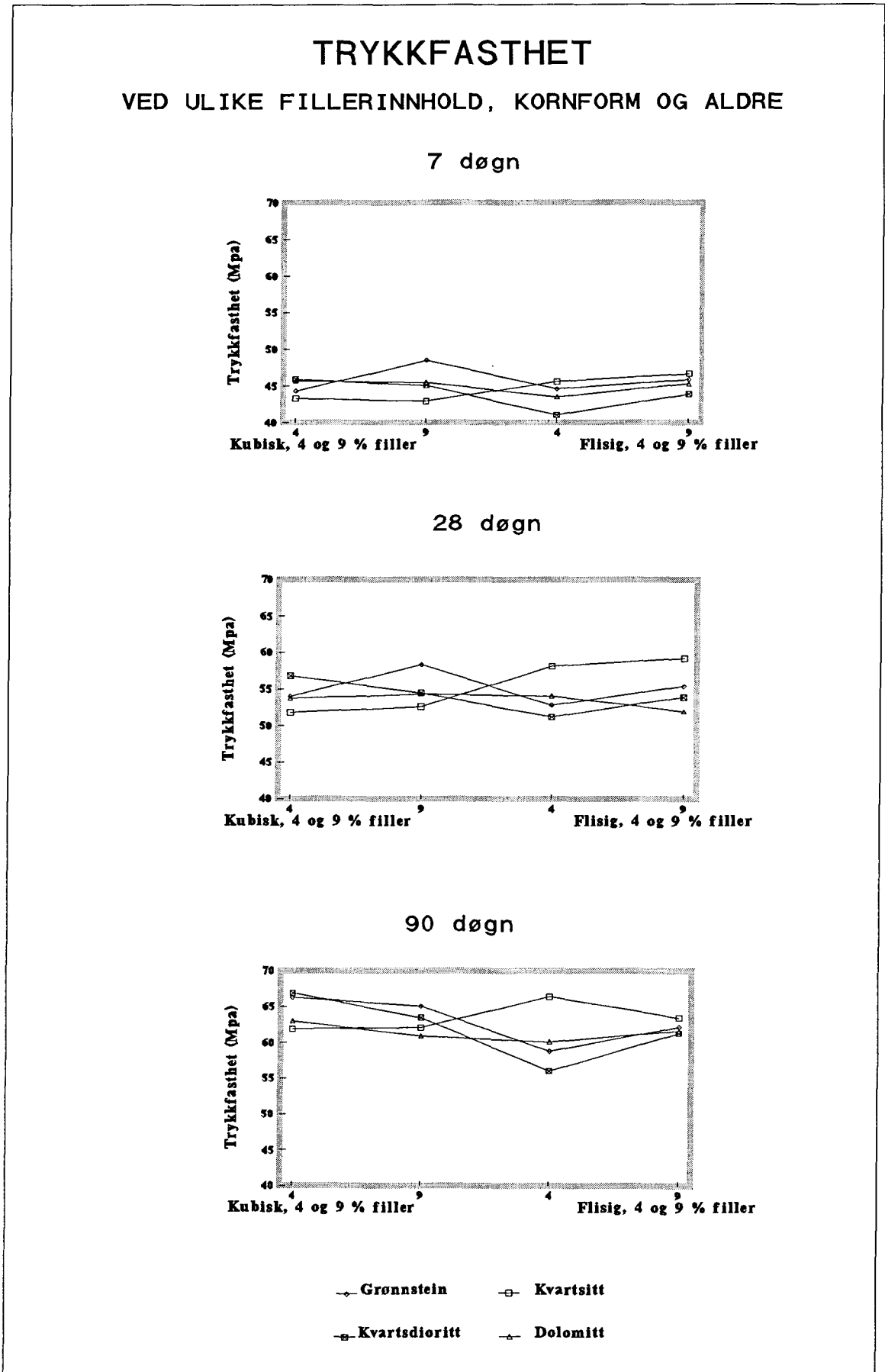
Kubisk materiale



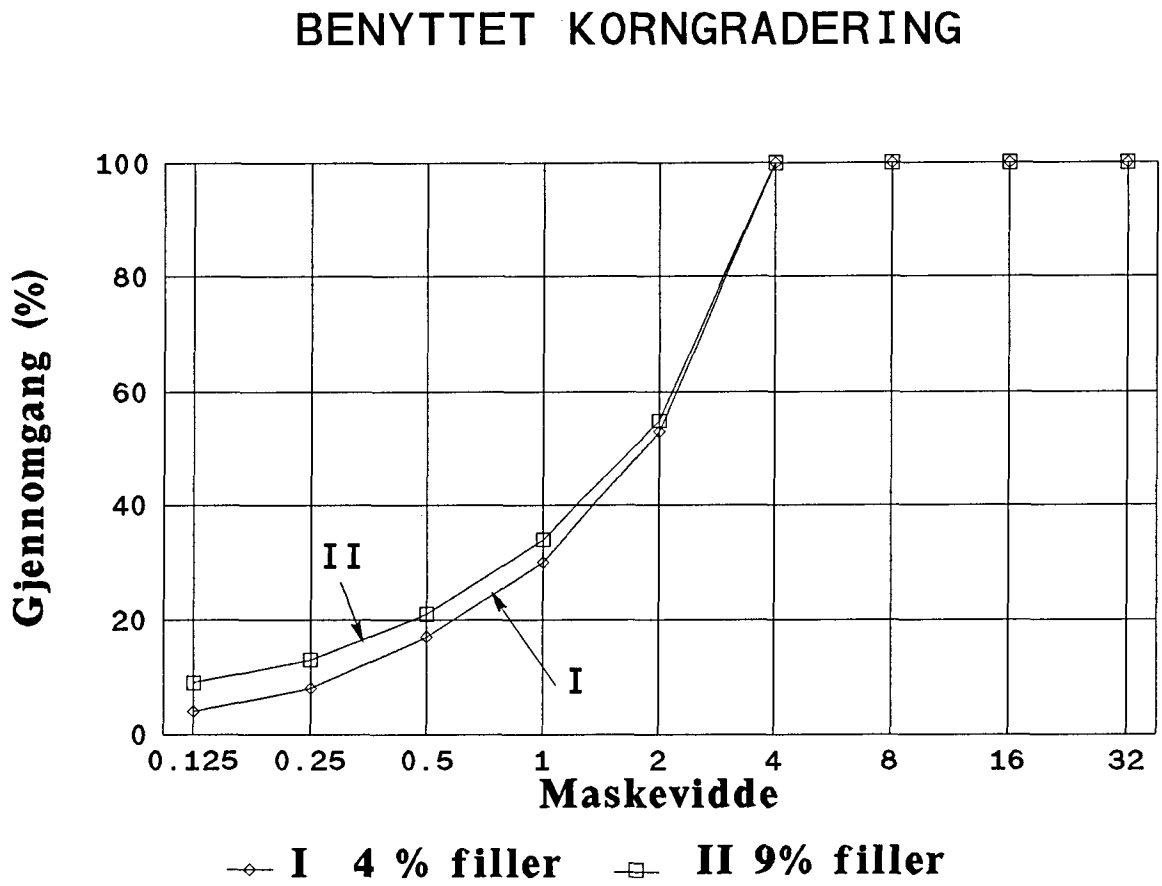
Flisig materiale



Figur 2.



Figur 3.

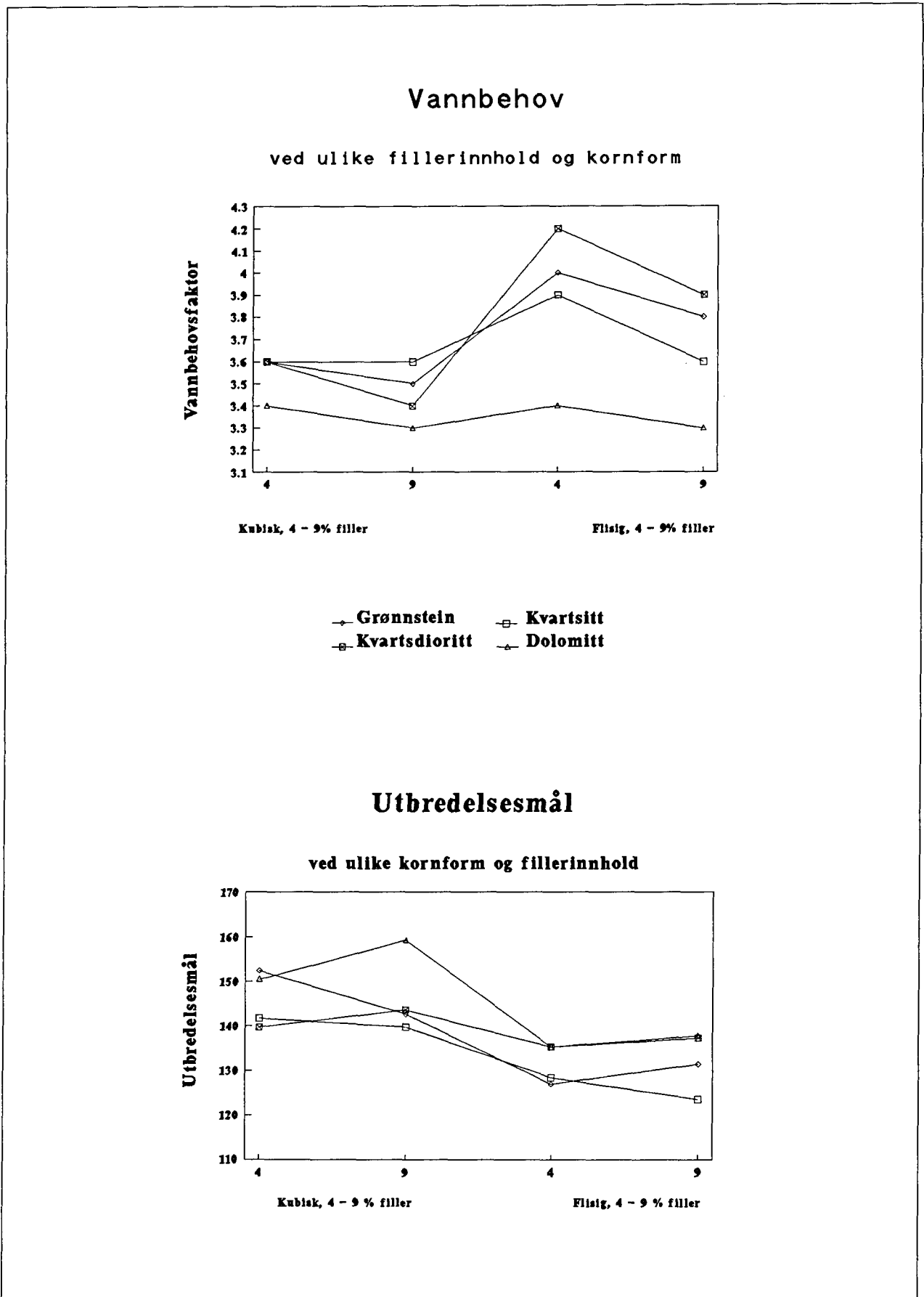


 mm 0.075 0.125 0.25 0.50 1.00 2.00 4.00

Rest på sikt

II	100	96	92	83	70	47	0
I	100	91	87	79	66	45	0

Figur 4.



5.2. Sammendrag av NGU's undersøkelser i 1985.

5.2.1. Prøvestøping i mørtel

Både knust dolomitt og tilslag fra forekomsten ved Kjelgrunnen er tidligere prøvestøpt i mørtel. Prøvestøpingen ble dengang utført ved Noteby a/s (tab. 3). For oversiktens skyld har en tatt med ett resultat fra NTNF-prosjektet, knust tilslag - mørtelblandinger. I tabellen er denne analysen merket med FCB/87.

Tilslagene ble i dette tilfellet prøvestøpt med den naturlige (in situ) graderingen (fig. 5). NGU har hele tiden benyttet dette prinsippet for kvalitetsvurdering av betongtilslag. Dette fordi graderingen er den faktor som enkeltvis har størst innflytelse på mørtelen. Derimot blir det vanskeligere å vurdere mineralogiens og overflateegenskapenes innflytelse på mørtelen.

Trykkfastheten for knust dolomitt ligger på et middels bra nivå. Tilslaget gir høyere trykkfasthet enn et rent tilslag med natursand fra Kjelgrunnen og et kombinert tilslag mellom disse to (fig.6). Mørtelfastheten bestemt ved FCB's laboratorium ligger imidlertid omlag 10 % høyere enn ved Noteby A/S. Dette kan være en reell forskjell, men det kan like gjerne skyldes en tilfeldig variasjon i sementkvaliteten. Variasjon i kornform og i fillerinnhold har tidligere vist seg å ha liten innflytelse på trykkfastheten hos dolomitt.

Vannbehovet for knust dolomitt viser seg å være lavere enn for både den rene natursanden og det kombinerte tilslaget (fig. 6). Ved Noteby a/s ble vannbehovsindeksen bestemt til 3.3 mot 3.4 ved FCB. Dette bare bekrefter at knust dolomitt ikke bare har et meget lavt vannbehov i forhold til annet knust materiale, men også i forhold til natursand.

I Noteby's laboratorium ble det mikroskopert på saget flate av herdet mørtel. Det var ingen tegn på uheldige kjemiske reaksjoner mellom dolomittkorn og sementpasta. Dette var da heller ikke ventet. Det er bare et helt spesielt mineralselskap med dolomitt, kalkstein, og pellitiske kalksteiner som er kjemisk ustabile. Dette er en type bergarter som ikke er funnet i Norge. Fra utlandet er det imidlertid beskrevet alkali-reaktive

dolomitter (Dolar-Mantuani 1983). Derfor vil NGU anbefale at tilslaget prøves med hensyn på dette.

5.2.2. Prøvestøping i betong

Fra NGU's side ble det utarbeidet et prøvestøpingsprogram. Prøvestøpingen ble utført hos Noteby a/s (tab. 4). Følgende tilslag ble prøvd i betong:

- Knust dolomitt (0-16mm). P 1/5.
- Kombinert tilslag: Knust dolomitt (0-8mm) og natursingel fra Kjelgrunnen (8-32mm). P 2/6.
- Kombinert tilslag: Knust dolomitt(8-16mm) og natursand fra Kjelgrunnen (0-8mm). P 3/7.

Det ble prøvestøpt med et gitt vann/semmentforhold på 0.55 og en semmentmengde på 350 kg/m³. Dette svarer til fasthetsklasse C25. Det ble tilsiktet en slump på minst 10 cm.

Noteby har skjønsmessig satt sammen og tilpasset graderingen for de ulike blandingene (fig. 5). Det ble også tilsatt et plastiserende stoff til alle prøveblandingene.

Tilslaget med **knust dolomitt (0-16mm)** (P 1/5) ga en trykkfasthet på ca. 40 MPA (1 MPA = 10⁶ N/m²). Dette er tilfredsstillende i forhold til fasthetskravet (fig. 6). Betongen ble imidlertid noe stiv med en slump på bare 5 cm. Dette skyldes trolig at graderingen ble for grov og at fillerinnholdet ble noe lavt. All erfaring med knust tilslag viser at det bør benyttes graderinger med en sikterest på 45 - 50 % på 4 mm og en sikterest på 10 - 20 % på 150 mikron. Bearbeidbarheten kan også bedres ved å sette til mer semment og vann (ved et gitt v/c forhold). Eventuelt kan også mengden av plastiserende tilsatsmiddel økes noe.

De to kombinerte tilslagene **natursingel/dolomitt** (P 2/6) ga tilnærmelesvis samme trykkfasthet som det rene dolomitttilslaget (fig. 6). Bearbeidbarheten ble imidlertid bedre nå enn med et rent tilslag med knust dolomitt (tab. 3). **Kombinasjonen natursand (0-4) / knust dolomitt (8-16)** (P 3/7) var i så henseende aller best og ga 12 cm slump. Dette kan muligens skyldes at tilslaget er spranggradert.

Natursingelen (8 - 32 mm) inneholder mindre enn 5 % skifrige og svake sedimentære bergartskorn. I betongsanda (0 - 4 mm) er innholdet av glimmer- og skiferkorn så lavt at det ikke vil ha noen negativ innflytelse tilslaget vannbehov.

Tabell 3.

PROVING I MORTEL. NGU'S UNDERSOKELSER I 1985.

Laboratorium/år	Noteby/85	Noteby/86	Noteby/86	FCB/87
NGU-rapport	86.077	86.077	86.077	
Proveblanding	0/0	1/1	2/2	
Tilslag				
Knust dolomitt (i %)	100	0	0	100
Natursand (i %)	0	100	75	0
Knust overstein (i %)	0	0	25	0
Gradering				
Finhetsmodul	3.24	1.95	2.09	3.22
D _{max} (i mm)	4	4	4	4
Füllerinnhold (% < 0.125 mm)	9	5	9	9
Kornkurve vist på	fig. 1	fig. 1	fig. 1	fig. 1
Kommentar	tett gradering	sand- pukkel	noe sandpukkel	tett gradering
Betongteknologiske egenskaper				
Vannbehovsindeks	3.3	4.3	4	3.4
Mortelromvekt	2.4	2.23	2.26	2.38
Tilslagetets tetthet	2.78	2.67	2.66	2.85
Tetthet fast stoff		2.78	2.78	2.91
Lagringstetthet		0.8	0.81	0.82
Vann/semest(vektbasis)	0.45	0.45	0.45	0.45
Tilslag/sem.(volumbasis)	3	3	3	3
Fastheter				
7 dogn	42.2	42.6	42.4	45.5
28 dogn	50.6	47.9	48.9	54.3
90 dogn	61		42.4	60.9

Tabell 4.

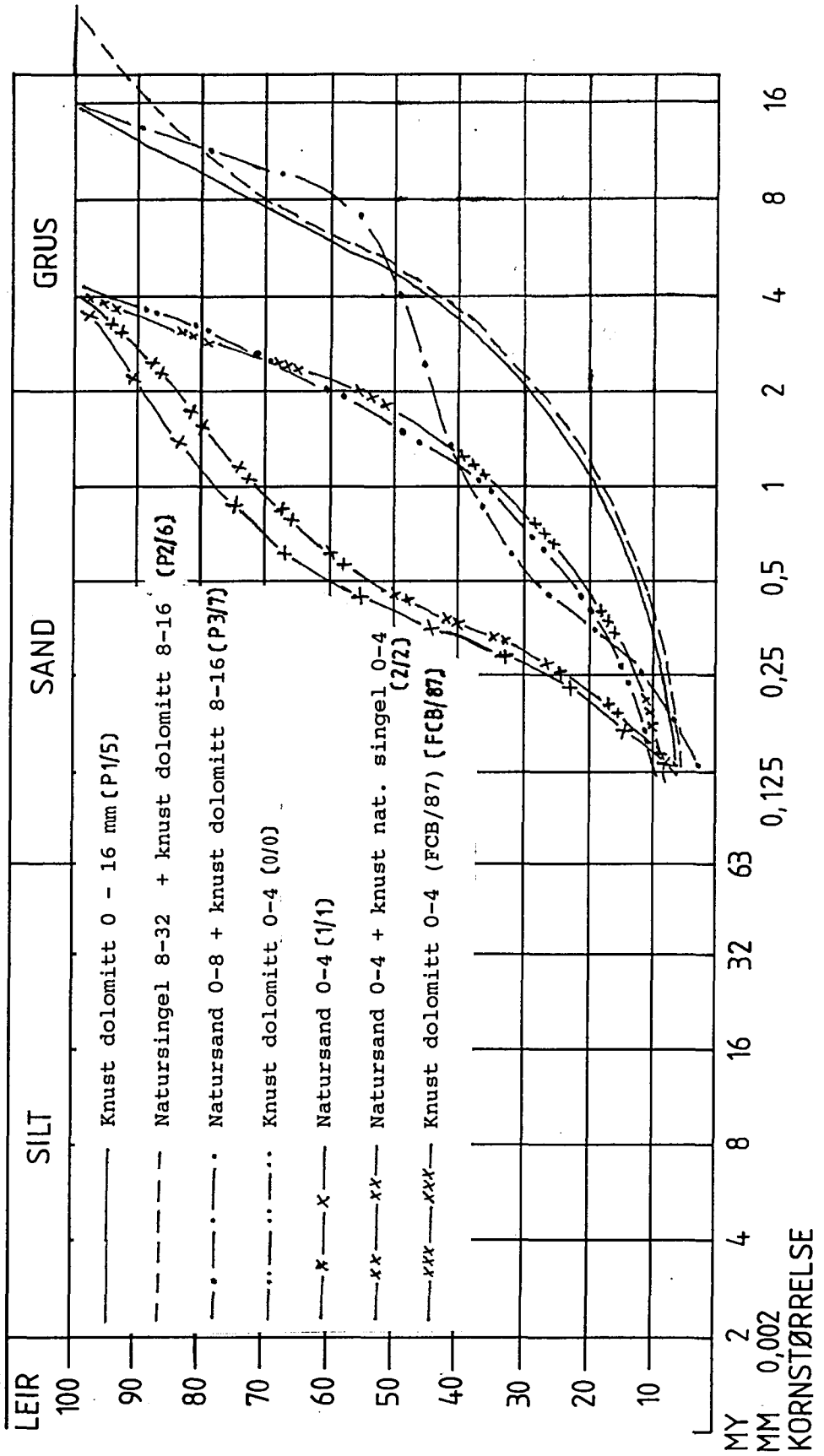
PROVESTOPING I BETONG. NGU'S UNDERSOKELSER I 1985.

Laboratorium/år	Noteby/86	Noteby/86	Noteby/86
NGU-rapport	86.077	86.077	86.077
Proveblanding	P 1/5	P 2/6	P 3/7
Tilslag			
Knust dolomitt > 4.75 mm (kg/m ³)	477	480	0
Knust dolomitt 8-16mm (kg/m ³)	572	0	864
Natursingel 8 - 32 mm (kg/m ³)	0	540	0
Betongsand 0-8mm (kg/m ³)	0	0	993
Knust dolomitt <4.75 mm (kg/m ³)	858	864	0
Sement			
MP30 (kg)	350	350	350
Tilsetningsstoff			
Rescon P (l/m ³)	2	2	2
Vann (l/m ³)	190.5	190.5	190.5
Betongteknologiske egenskaper			
Slump (cm)	5	7	12
Porevolum (%)	2.4	2.4	2.1
Romvekt (g/cm ³)	2.49	2.49	2.44
Bearbeidbarhet	+	+	++
Seperasjon	ingen	ingen	ingen
Vann/semestforhold(vektbasis)	0.54	0.54	0.54
Fastheter			
7 dogn	33.4	33.1	33
28 dogn	40.5	39.5	39.6

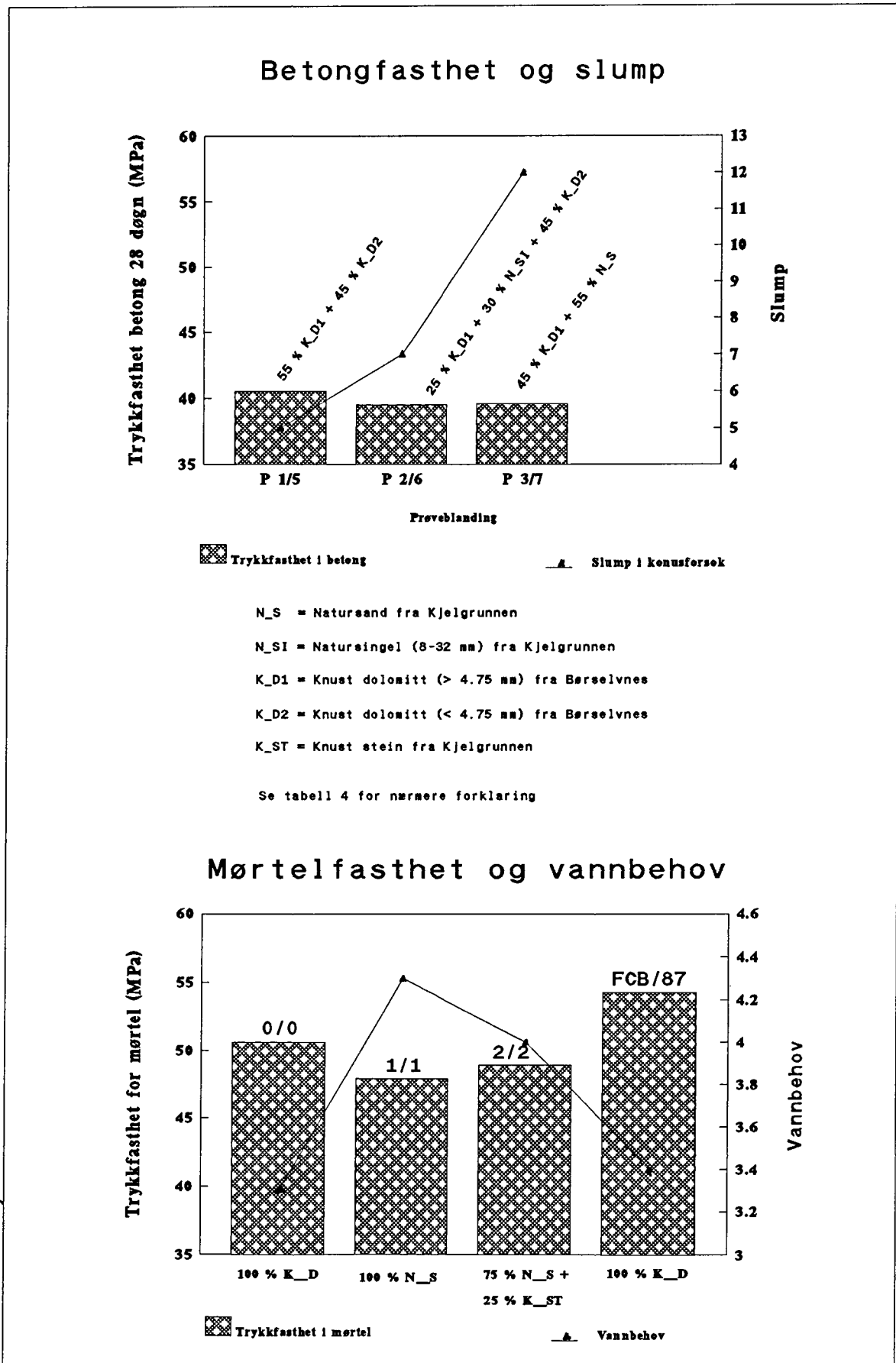
Graderingskurver er vist på figur 5.

Figur 5.

GRADERINGSKURVER FOR MØRTEL- OG BETONGTILSLAGENE



Figur 6.



6. LITTERATUR

- Bakkejord, K.J. 1984: *Porsangerdolomitt - Anvendelse som tilslag til betong og/eller vegmateriale*. Internt notat ved NGU.
- Bakkejord, K.J. & Stokke, J.A. 1986: *Byggeråstoffundersøkelser ved Kjelgrunnen og knust dolomitt fra Børselv*. NGU-rapport 86.077.
- Danielsen, S.W. 1977: *Betongtilslag/mineraloverflater. Powers vannbehovsindeks, målemetode og noen materialtyper*. Noteby-rapport 13861, prosjektrapport nr. 2.
- Danielsen, S.W. 1978: *Betongtilslag/mineraloverflater. Mørtelprøving med mono-mineralske/petrografiske tilslag*. Noteby-rapport 13861, prosjektrapport nr. 3.
- Danielsen, S.W. og Neeb, P.R. 1988: *Tilslagsmaterialer for betongformål*. Norsk betongforening. Publikasjon nr. 18.
- Danielsen, S.W., Kristiansen, K.E., Hammer, T.A. og Stokke, J.A. 1988: *Betongtilslag/praktisk anvendelse knust tilslag, mørtelblandinger*. Laborierapport. Noteby rapport - 21004 nr. 5.
- Selmer Olsen, R. 1949: *Prøving av steinmaterialer til vegdekker*. Meddelelser fra vegdirektøren 1949.
- Stokke, J.A. 1987: *Bruk av knust tilslag i betong. Et eksempel med dolomitt fra Børselv*. NGU-rapport 87.112.
- Dolar-Mantuani, L. 1983: *Handbook of concrete aggregates. A petrographic and technological evaluation*. National research council of Canada.

LABORATORIEMESSIG FRAMSTILLING AV MASKINSAND.**KUBISK OG FLISIG PARTIKKELFORM**

Materialet ble først knust på laboratorieknuseren på NGU. Denne knuseren hadde liten kapasitet og arbeidet ble følgelig ganske tidkrevende. For å oppnå forskjellig kornform er bergartene knust etter kjente prinsipper for produksjon og framstilling av knust bergartsmateriale (Selmer Olsen 1949).

Den største andelen med kubisk materiale fås i fraksjoner like under spaltdiameteren for knuseren. I dette fraksjonsområdet vil en også få de største mengdene med knust bergartsmateriale. Dessuten vil materialet bli mer kubisk ved flere gangers knusing på samme spalte. Stor mating vil gi en større andel interpartikulær knusing og bedre kornform. Den største andelen med flisig materiale fås i fraksjoner langt under spaltdiameteren. Liten mating vil som tidligere forklart også gi dårligere kornform. Dette betyr blant annet at det kreves større mengder materiale for å fremstille et flisig knuseprodukt.

Selve knuseprosedyren var som følger:

Kubisk materiale

- 1) Knusing 2 ganger på spalte 20 mm, god mating. (Dette punktet og neste ville gå ut dersom materialet hadde foreligget i mindre fraksjoner.
- 2) Sikting på siktene 8-4-2-Bunn. Materiale > 4 mm benyttes under neste punkt.
- 3) Knusing 2 ganger på spalte 6 mm, god mating.
- 4) Sikting på siktene 8-4-2-1-.5-.25-.125-bunn. Materialet emballeres fraksjonsvist.
- 5) Dersom mulig å innstille mindre spalte knuses materialet to ganger på denne diameter forøvrig som beskrevet ovenfor.

Flisig materiale

- 1) Knusing 1 gang på spalte 20 mm, liten mating. (Dette punktet og neste ville gå ut dersom materialet hadde foreligget i mindre fraksjoner.

- 2) Sikting på siktene 16-8-4-2-Bunn. Materiale > 8 mm benyttes under neste punkt. Materiale < 8 mm pakkes fraksjonsvist og slås sammen med materiale fra punkt 4.
- 3) Knusing 1 gang på spalte 10 mm, liten mating.
- 4) Sikting på siktene 16-8-4-2-1-.5-.25-.125-bunn. Materialet emballeres fraksjonsvist. Overskuddsmaterialet fra punkt 2 slås sammen med dette materialet.

Sikting

Sluttsiktingen av materialet under punkt 4 ble utført på 1 x 1 m store kvadratsikt på FCB. Sikteapparatet hadde dessverre ikke vertikal slagbevegelse. Flisig og skarpkantet bergartsmateriale kan derfor bli vanskelig å drive gjennom små sikteåpninger. Til tross for at materialet ble siktet i 15 - 20 kan man ikke være helt sikker på å unngå understørrelser på nedre siktesatsene.

STANDARDVEDLEGG

1. KVALITETSVURDERING OG KVALITETSKRAV FOR BYGGERÅSTOFF TIL VEG- OG BETONGFORMÅL.	II
1.1. Tilslag til betongformål	II
1.2. Materiale til vegformål	V
2. LABORATORIEUNDERSØKELSER	VI
2.1. Kornfordelingsanalyse	VI
2.2. Sprøhet (Fallprøven)	VII
2.3. Flisighet	VII
2.4. Sprøhet og flisighet	VII
2.5. Bergarts- og mineralkorntelling	VIII
2.6. Humus- og slambestemmelse	VIII
2.7. Prøvestøping	IX

1. KVALITETSVURDERING OG KVALITETSKRAV FOR BYGGERÅSTOFF TIL VEG- OG BETONGFORMÅL.

1.1. Tilslag til betongformål

Tilslagets egenskaper og karakteristika har betydning for betongen såvel i fersk som i herdet tilstand. Selv om det foreligger en rekke metoder for vurdering av tilslagets egenskaper og karakteristika, finnes det meget få akseptkriterier. Derfor kreves det som regel direkte funksjonsorientert testing av tilslaget i mørtel eller betong. Prøvestøping og etterkontroll av konstruksjoner der det aktuelle tilslaget inngår, kan i mange tilfeller være enkelt og sikkert i forhold til omfattende undersøkelser og tolkning av tilslagets ulike egenskaper. Metodene for kvalitetsvurdering av betongtilslag kan deles inn slik:

- Korntellemetoder (bergarts-/mineralkorntellinger, kornform, rundingsgrad, ruhet etc.)
- Mekanisk testing av tilslaget (teknologiske tester): Sprøhet- og flisighet samt abrasjonstest, humustest, Los-Angelestest etc.
- Prøving av tilslaget i betong (indirekte teknologiske tester):

I fersk betong:

Vannbehov, Slump(konsistens, bearbeidbarhet)

I herdet betong:

Fasthetsegenskaper, bestandighet(frost-, miljø, temperaturpåkjenninger etc.)

Denne listen må i hvert enkelt tilfelle tilpasses til det aktuelle kontroll- og dokumentasjonsbehovet. Det finnes ingen enkel oppskrift på å sette sammen en betong med de ønskede egenskaper. For å oppnå foreskrevet kvalitet og tilpasse resepten må det støpes flere prøveblandinger.

Enkle kvalitative vurderinger basert på korntelling har likevel stor og uvurderlig betydning når en vil foreta en grov sammenligning og rangering av ulike forekomster som tidligere er lite undersøkt. På denne måten er det samtidig enkelt å påvise regionale forskjeller i tilslagskvalitet.

Korngradering

Tilslagets korngradering er den parameter som enkeltstående har størst innflytelse på betongens bruksegenskaper. Først og fremst influeres den ferske betongens bearbeidbarhet og stabilitet. Bearbeidbarheten av fersk betong er først og fremst avhengig av mengdeforholdet mellom sand og stein. Økes sandinnholdet vil bearbeidbarheten også øke. Sandpartiklene gir kulelagereffekt i den ferske betongen. Når middelkornstørrelsen (D50) minskes vil også vannbehovet øke. Dette skyldes først og fremst økningen i spesifikk overflate for tilslaget. Det vil nå kreves mer vann for å fukte mineraloverflatene. Skal v/c forholdet opprettholdes må det nå tilsettes mer sement. Med tanke på både materialkostnad og fasthet er det gunstig å benytte en stor maksimal kornstørrelse (D-max). D-max utover et gitt nivå kan

imidlertid gi indre bleeding og separasjon og redusere betongfastheten. Hensynet til betongens bearbeidbarhet, stabilitet og armeringsnettets tetthet vil også begrense betongprodusentens handlefrihet.

Fillerinnholdet, materiale mindre enn 75 mikron, har betydning for betongens stabilitet. Et høyt fillerinnhold motvirker betongens tendens til bleeding og vannutskillelse. På den annen side vil et høyt fillerinnhold gi et høyere vannbehov. Normalt bør finsandinnholdet (materiale mindre enn 0.125 mm) være omlag 4 - 8 vektprosent for sand i fraksjonsområdet 0 - 4 mm. I mange forekomster er det ofte nødvendig å sette til ekstra filler.

I praksis må det velges tilslag som gir rimelig bearbeidbarhet, lavt vannbehov og minimal separasjonsfare. I naturen har sand ofte et høyt innhold av partikler i fraksjonsområdet 1 - 4 mm. En slik partikkelinterferens gir kurven en karakteristisk "sandpukkel". Dette gir stor hullromsprosent og blandingen må tilsettes mere vann for å oppnå samme bearbeidbarhet. Dette fører i sin tur til et høyere v/c forhold og lavere fasthet. Kreves på den annen side samme fasthet og bearbeidbarhet må sementmengden økes.

For å ha bedre kontroll med graderingen er det vanlig å benytte separate lagre med ferdig fraksjonert materiale i sand- og steinfraksjonen når betongen settes sammen. Med flere sorteringer kan sand/stein- og fillerinnholdet justeres og tilpasses etter behov. Benyttes sand med lav middelkornstørrelse må steininnholdet økes og motsatt.

Det må imidlertid presiseres at den ideelle gradering ikke eksisterer når andre relevante tilslagsparametre kan variere fritt. En kan i beste fall angi soner med veiledende kurve for betongsand.

Kornform og overflateforhold

Flisig og kantet materiale vil generelt gi større vannbehov og dermed høyere sementforbruk (om v/c og dermed fastheten skal opprettholdes). Dårlig kornform kan bare delvis kompenseres for ved tilsats av plastiserende stoff, derimot kan knusing av tilslagets grovere fraksjoner virke gunstig.

Tilslagets mineralogi

Det viser seg at tilslagets mineralogiske sammensetning har en viss betydning for vannbehovet. Mineralinnholdet synes å være viktigere enn formfaktoren i sandens finfraksjon. Innhold av fri glimmer, skiferkorn og fysisk svake korn i tilslaget vil både øke den ferske betongs vannbehov og indirekte virke ugunstig inn på fasthetsutviklingen. Dette kan bare i en viss grad kompenseres for ved bruk av plastiserende tilsetningsstoffer.

Det grove tilslagets mekaniske styrke

Betongens styrke og bestandighet er avhengig av at tilslaget inneholder sterke korn og at innholdet av porøse, forvitrede og smuldrende korn er lavest mulig.

I vanlig konstruksjonsbetong (fasthetsområdet C25 - C70) vil imidlertid styrken på pastaen (herdet fase sand, sement og vann) være avgjørende for betongens styrke. Det grove tilslagets mekaniske synes ikke å ha noen vesentlig betydning. Dersom det siktes mot høyfast betong (C70 - C100) må pastastyrken økes. Etter hvert vil steinen bli det svake leddet i betongen. Brudd gjennom stein og mellomliggende pasta er nå typisk under trykkprøving. Steinens styrke er nå mobilisert fullt ut og vil sette et "tak" på betongfastheten. I høyfast vegbetong vil steinmaterialets mekaniske egenskaper ha avgjørende betydning, ofte være dimensjonerende.

Kjemisk reaktive mineraler

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

Innhold av magnetkis og svovelkis kan redusere fastheten i herdet betong ved at sulfider fra kis i kontakt med sementlimet reagerer kjemisk. Markasitt er mest ustabil, mens pyritt er mest reaktivt dersom det opptrer sammen med pyrotitt eller arsenopyritt. Dette vil primært være et problem der en anvender tilslag med knust steinmateriale, da kis i naturgrus over grunnvannstanden som regel er vitret bort. Denne type uheldige reaksjoner kan imidlertid motvirkes ved bruk av sulfatbestandig sement.

I de seinere år er det påvist skadelige alkali-kisel reaksjoner i vannkraftverk, på kraftverksdammer og vegbroer i Sør-Norge. Deformerte kvartskrystaller og spesielle kvartsvarianter reagerer med sementlimet og danner volumekspansiv gel som bryter ned herdet betong. Den kjemiske reaksjonen er svært langsom og aktiveres bare under ugunstige betingelser med høy fuktighet og temperaturpåkjenninger etc. Skader oppdages gjerne ikke før etter 20 til 30 år. Både rhyolitt, fyllitt samt lavmetamorfe og diagenetiske omvandlede bergarter langs den Kaledonske fjellkjeden har vist seg reaktive. Til høyverdige og krevende betongkonstruksjoner bør det foretas en særskilt vurdering med hensyn på tilslagets alkalireaktivitet. Tidligere erfaring med tilslaget i tilsvarende konstruksjoner og under liknende eksponeringsbetingelser er svært nyttig og kan være dokumentasjon god nok. Tilslaget kan også prøves i betong under aksellererte prøvebetingelser. Faren for skadelige alkali-kisel reaksjoner kan reduseres ved å benytte lav-alkali sement.

Termiske egenskaper

Volumet av fast stoff i både tilslaget og sementpastaen vil lovmessig endres i takt med temperaturen. Moderate temperaturpåkjenninger fra miljøet og ikke minst herdeprosessen fører vanligvis ikke til

dannelse av riss og sprekker i betong. Når det foreskrives betong for ekstreme temperaturpåkjenninger må det blant annet tas hensyn til at kvarts undergår en krystallografisk faseomvandling ved 573 grader C. Under denne omvandlingen ekspanderer kvartsens volum 0.83 %, noe som vil ha ødeleggende virkning på betong.

Forurensninger

Humus er en felles betegnelse på dekomponert organisk materiale og humussyrer. Et høyt humusinnhold kan forsinke og i verste fall forhindre herdeforløpet i betongen. I norske grusforekomster er humusforurensning først og fremst knyttet til selve jordsmonnet eller de øverste 2 - 4 m av løsmasseprofilen. Den nedre del av denne sonen får gjerne en karakteristisk brunfarge på grunn av oksyderte jernhumusforbindelser.

Salter og klorider kan skape korrosjonsproblemer på innstøpt stål, danne belegg på betongoverflater og øke faren for alkali-kiselreaksjoner. Her til lands kjenner vi problemet i forbindelse med utnyttelse av submarine forekomster. Salt sjøvann som fukt i tilslaget vil vanligvis ikke ha noen innflytelse på vanlig konstruksjonsbetong. Når det prosjekteres spennbetong eller betong som skal være bestandig i spesielle omgivelser (marint miljø, brodekker etc. må det imidlertid tas hensyn til kloridinnholdet. I flomålet (strandsonen) kan salt anrikes i særlig grad. I Norsk Standard (NS 3474) skal det totale kloridinnholdet ikke overstige 1 % av sementvekten. I utenlandske standarder er 0.1 % nevnt som grense når det siktes mot spennbetongkvaliteter. Det beste mottiltaket vil være å vaske tilslaget.

Belegg (beising) av finstoff (leir evt. siltfraksjonen) kan redusere heftfastheten pasta/tilslagskorn og redusere den generelle betongfastheten. Silt og leirbelegg kan forekomme i områder med høyereliggende silt-leiravsetninger. Foruten selve belegget kan det også forekomme klumper og linser med silt/leir.

Innhold av humus, salter, klorider og overflatebelegg kan effektivt motvirkes ved en vaskeprosess.

1.2. Materiale til vegformål

Som byggeråstoff til overbygningen i veger benyttes det både pukk og naturgrus.

Fordelen med naturgrus ligger vesentlig på anleggssiden. Grus er lett å legge ut og lett å avrette.

Ulempene ved grus er at massene lett separerer og de glatte overflatene ikke gir tilstrekkelig stabilitet i bærelaget. Grus med en viss andel knust materiale gir noe bedre stabilitet.

Fordelen med pukk er at den har en høy lastfordelende evne, høy stabilitet og er lite vannømfintlig.

Bedre knuseteknologi, flere mobile knuseverk og lavere pris på knust fjell har ført til at det stadig benyttes en større andel med knust fjell i vegoverbygninger her til lands.

Mekaniske egenskaper og kornform

Det stilles krav til både mekaniske egenskaper og kornform. Ut fra fallprøven (sprøhets- og flisighetsanalyse) klassifiseres vegggrus i 4 kvalitetsklasser fra klasse 2 til 5 (5 er dårligste kvalitet). Kravet vil avhenge av hvor i overbygningen materialet skal benyttes. Til flisigheten stilles det følgende krav:

Steinklasse	Flisighet mindre enn
2 og 3	1,45
4	1,50
4	1,50

Korngradering

Korngraderingen har avgjørende innflytelse på materialets bæredyktighet og vannømfintlighet. Det stilles ulike graderingskrav i forsterkningslag, bærelag og i dekker. I bærelag og dekker er toleransegrensene særlig små for avvik fra spesifikasjonene. Bærelagsmaterialer skal inneholde en del fillermateriale (korndiameter < 75 mikron).

Bergartsinnhold

Bergartstelling er et viktig element i vurdering av egnethet til vegformål. Dette ikke minst for å kunne identifisere og kvantifisere innhold av uønskede bergarter og mineraler evt. andre forurensninger. Et høyt innhold av mekaniske svake bergarter kan føre til intergranulær nedknusing, økende finstoffinnhold og fare for dannelse av en telefarlig overbygning. Dette gjelder for eksempel fyllitt, glimmerskifer, glimmergneis, kalkstein etc. Videre bør kisinnholdet være lavt for å unngå reaksjon med bindemiddelet i bærelag eller topplag. Dette gjelder særlig dersom andelen med knust materiale er høy. Det foreligger her ikke akseptkriterier, men generelt bør glimmerandelen i bergartsmaterialet ikke overstige 10 - 15 % og kisinnholdet spesielt magnetkis ikke overstige 2 %.

2. LABORATORIEUNDERSØKELSER

2.1. Kornfordelingsanalyse

Kornfordelingsanalysen viser kornstørrelsesfordelingen i prøvene. Metoden blir utført i.h.t. Vegdirektoratets analyseforskrifter og Norsk Standard 427A del 2. En avpasset mengde skaptørket materiale tørrsiktes i en ferdig oppsatt siktesats med kvadratiske lysåpninger av definerte dimensjoner. Det

benyttes ved NGU ordinært en siktesats med følgende lysåpninger: (64) -(32) -16 -8 -4 -2 -1 -0.5 -0.25 -0.125 og 0.063 mm. Toppsiktet er vanligvis på 16 mm , men når det er viktig å bestemme korngraderingen for grovere fraksjoner benytter en alternativt toppsikt på 32 eventuelt helt opp til 64 mm. I de sistnevnte tilfelle kreves det at den innsamlede prøvemengden er atskillig større. Etter sikting veies materialet på hvert sikt og vektprosent av totalt materiale i analysen bestemmes. På grunn av materialtekniske egenskaper til finkornig materiale, må kornstørrelsesfordelingen for materiale mindre enn sand (0.063mm) bestemmes ved slemmeanalyse.

Gjennomgangsprosenten for et sikt er summen av vektprosentene på alle mindre sikt. Resultatene presenteres vanligvis i et kornfordelingsskjema, der gjennomgangsprosent plottes mot den tilhørende lysåpning. Ut fra kornfordelingsanalysen kan en bestemme flere parametre som karakteriserer materialets kurveforløp:

middelkornstørrelsen	50 % gjennomgang
sorteringstallet	mål for spredning i kornstørrelse

2.2. Sprøhet (Fallprøven)

Steinmaterialers motstandsdyktighet mot mekaniske påkjenninger kan bestemmes med fallprøven og uttrykkes ved sprøhetstallet. En bestemt fraksjon av grus eller puk, oftest 8,0 - 11,2 mm, knuses i en morter av et 14 kg's lodd som faller en høyde på 25 cm 20 ganger. Den prosentvise andelen av prøvematerialet som ved sikting etter knusingen har en kornstørrelse mindre enn prøvefraksjonens nedre korn grense, i dette tilfellet 8,0 mm, kalles steinmaterialets sprøhetstall. Denne tallverdien uttrykker ingen eksakt fysisk egenskap, men er avhengig av framgangsmåte, apparatutforming og kornenes gjennomsnittlige form (se Flisighet). Sammen med flisighet og abrasjon(bare for knust fjell) er disse størrelsene grunnlaget for bedømmelse av steinmaterialets egnethet til veiformål.

2.3. Flisighet

Steinmaterialers gjennomsnittlige kornform kan beskrives med flisighetstallet. Dette defineres som forholdet mellom kornenes midlere bredde og tykkelse. Flisigheten bestemmes samtidig med sprøhetstallet og på samme kornfraksjon (8,0 - 11.2 mm). Bredden bestemmes ved sikting på kvadratsikt og tykkelsen på sikt med rektangulære(stavformede) åpninger.

2.4. Sprøhet og flisighet

Sprøhetstallet er i stor grad avhengig av materialets kornform. Kornformen hos puk er først og fremst bestemt av selve knuseprosessen, men også til en viss grad av bergartens struktur og materialtekniske egenskaper. Økende flisighetstall gir økende sprøhetstall. For å sammenligne sprøhetstall bør disse regnes om til en bestemt flisighetsverdi. På grunnlag av erfaringsdata er det utledet en omregnings-

formel. Figur 2 i standardvedlegg B viser en skisse av fallapparatet og en oversiktdiagrammet som benyttes ved fallprøven.

2.5. Bergarts- og mineralkorntelling

Korntellinger er viktige for å klarlegge materialets bergarts-/ mineralkornsammensetning, fysiske tilstand, overflateegenskaper samt kornform og rundingsgrad. For å vurdere kvaliteten til høyverdige formål må det utføres korntellinger. Resultatene kan også gi viktig informasjon om geologiske forhold.

Materiale til tellingene splittes ut fra ulike prøver eller samles inn spesielt til dette formålet. Telling utføres på utvalgte fraksjoner. Omlag 100 korn splittes ut og klassifiseres visuelt ett for ett i mikroskop eller for øyet.

Bergartskorn (blandkorn) deles inn etter sammensetningen og ytre karakteristika. Bergarter med en uheldig sammensetning, ugunstig kornform, overflateforhold etc., som vil forringe materialets bruksegenskaper, skilles ut så sant de med sikkerhet lar seg identifisere. Bløte, mekanisk svake og forvitrede bergartskorn som fyllitt, porøs kalkstein, glimmerskifer etc. er alle eksempler på uønskede bergarter.

Mineralkorn (frikorn) deles vanligvis inn på denne måten:

1. Lyse korn: for det meste feltspat og kvarts, men i en del tilfelle kalkspat, zeolitter etc.
2. Mørke korn: vanlige er hornblende, feltspat, pyroksen, granat, ertskorn etc.
3. Glimmerkorn: for det meste frikorn av muskovitt og biotitt. Det viser seg at et høyt glimmerinnhold i sandfraksjonen reduserer materialets egnethet som betongtilslag. Overflatebelegg på mineralkorn kan gi dårlig heft både i betong og i bituminøse vegdekker.

Her er det på samme måten viktig å skille ut mineraler med en uheldig innflytelse i tilslaget. Glimmerinnhold er i særlig grad uønsket da dette øker vannbehovet i betong.

2.6. Humus- og slambestemmelse

Humusinnholdet bestemmes ved natronlutmetoden i.h.t. Norsk Standard 427A, del 2. En viss mengde prøvemateriale mindre enn 4 mm rystes i en natronoppløsning med bestemt konsentrasjon. Etter en tids henstand registreres humusinnholdet som en eventuell misfarging av væskesøylen over det bunnfelte materialet og vurderes visuelt etter en oppsatt skala. Slamhøyden registreres også. Metoden må kun betraktes som orienterende. Prøvestøping må til om man med sikkerhet skal avgjøre om eventuelle humussyrer er skadelige for betong. Testen viser kun at prøvene inneholder humussyrer, men sier ikke noe om den skadelige innflytelsen på betong.

2.7. Prøvestøping

Prøvestøping er nødvendig når det forlanges en sikker kvalitetsvurdering av tilslagsmaterialer til betongformål. Prøvestøping og etterkontroll av konstruksjoner der det aktuelle tilslaget inngår kan i mange tilfeller både være enkelt og sikkert i forhold til omfattende undersøkelser og tolkning av tilslagets materialtekniske egenskaper.

Mørtelprøving

Betongsand i fraksjonen (0 - 4 mm) har avgjørende innflytelse på betongens bruksegenskaper i fersk tilstand og indirekte på egenskaper i herdet tilstand. Prøving i mørtel er godt egnet for kvalitetsvurdering av betongsand og har særlig stor verdi for rangering og valg mellom flere aktuelle tilslag. Det kreves små prøvemengder og analysen er relativt billig. Metoden er todelt. I fersk mørtel bestemmes vannbehov og i herdet mørtel bestemmes romvekt og trykkfasthet.

Betongsand (800 g) støpes ut i en standard mørtelblanding (volumforhold sement:tilslag på 1:5). Det tilsettes vann for å oppnå en bestemt konsistens (2 cm synkmål med liten konus). Vannbehovet beregnes ut fra tilsatt vannmengde og gir uttrykk for tilslagets innvirkning på egenskapene til den ferske mørtel. Størst betydning har tilslagets korngradering, men mineralogi, kornform, overflate-ruhet og eventuelle belegg øver også en viss innflytelse. Benyttes det en standard gradering kan korngraderingens innflytelse elimineres.

For å kunne vurdere tilslagets innflytelse på egenskapene i herdet mørtel må kvaliteten på sementlimet (sementpastaen) holdes fast. Derfor holdes forholdet mellom vekten på vann og sement (v/c- forholdet) på 0.5. Den ferske blandingen fra vannbehovsundersøkelsen benyttes videre. Det tilsettes sement, vann og sand til $v/c = 0.5$ og volumforholdet sement/tilslag er 1:3. Det støpes ut terninger som trykkprøves etter 7 og 28 døgn. Trykkfastheten oppgis i MegaPascal (10^6 N/m^2). Romvekten på herdet mørtel bestemmes også. Dette gir grunnlag for å beregne relativ lagringstetthet og vurdere komprimerbarheten.

Betongprøving

Tilslaget må prøvestøpes i betong både når det settes store krav til dokumentasjon av kvalitet, eller når det kreves målrettet tilpassing av blanderesepter. Det viser seg at de ulike delmaterialer i en betong ikke fullt ut kan verdsettes uavhengig av hverandre. Riktig sammensetning og proporsjonering av forholdet mellom fint og grovt tilslag kan utjevne forskjeller i mørtelkvalitet. Et eksempel på dette er "spranggradert" materiale som først kommer til sin rett under betongprøving. Mørtelfastheter alene må derfor ikke tillegges for stor vekt når betong skal vurderes. Betongprøving krever større prøvemengder og bedre laboratorieutrustning. Vanligvis prøves sanden (0 - 8 mm) i ordinær konstruksjonsbetong (fasthetsklasse C 25) sammen med et standard grovt tilslag (8 - 25 mm). Når det tilsiktes høy-fast betong

(C80 - C100) vil tilslaget også få større betydning for fastheten. I slike tilfelle må både den grove og den fine delen av tilslaget prøvestøpes. Betong prøvestøpes vanligvis med et gitt v/c-forhold og en gitt sementmengde avhengig av tilsiktet betongkvalitet. I den ferske blandingen bestemmes bearbeidbarhet/støpelighet. Deretter støpes det ut terninger som trykkprøves etter 7 og 28 døgn. Betongens romdensitet og luftporeinnhold bestemmes også. I betong øver en rekke faktorer innflytelse på betongegenskapene. Derfor kan det være vanskelig å vurdere enkeltresultater.