


NGU Rapport 2012.003

Kommunedelplan Tromsdalen, Verdal. Oversikt
over geologiske forhold, marked og produksjon
av kalkstein.

Rapport nr.: 2012.003		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Kommunedelplan Tromsdalen, Verdal. Oversikt over geologiske forhold, marked og produksjon av kalkstein.			
Forfatter: Håvard Gautneb		Oppdragsgiver: Innherred Samkommune	
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Verdal	
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 17223 Levanger	
Forekomstens navn og koordinater: Tromsdalen kalksteinsforekomst		Sidetall: 29	Pris: 150,-
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 10.01.2012	Prosjektnr.: 343300
		Ansvarlig: R. Boyd 	
Sammendrag: <p>Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag av Innherred Samkommune, i forbindelse med utarbeidelse av en kommunedelplan for Tromsdalen. Rapporten beskriver de geologiske forhold rundt Tromsdalen kalksteinsforekomst og sammenligner Tromsdalkalken med andre norske kalksteinsforekomster. Det blir også gitt en oversikt over bruksområder, marked og produksjon av kalkstein globalt og nasjonalt.</p> <p>I Tromsdalen har kalkstein og fyllitt et overflate areal på henholdsvis ca. 7 km² og 10 km². Dagens bruddområde har et areal på 0,3 km² og det totale undersøkte og oppborede areal med kalkstein er på ca. 3 km². Tromsdalkalken har vært kjent som en stor og meget ren kalksteinsforekomst siden tidlig på 1960 tallet. Kalken har sammensetning på ca. 55% CaO, 0,6% MgO og lavt innhold av andre komponenter. Dette er en sammensetning som tilsvarer en meget ren kalkstein. Rapporten viser at kalken i gjennomsnitt er blant de reneste forekomstene som er i produksjon i Norge og kan ikke erstattes av noen andre kjente forekomster som ikke allerede er i produksjon til andre formål. Internt har kalken en ganske kompleks kvalitetsvariasjon, som gjør at dagens produsent må utføre en nøye kvalitetskartlegging og produksjonskontroll.</p> <p>For å utnytte forekomstens kvaliteter optimalt er det bergfaglig mest fornuftig at forekomsten utnyttes i sin helhet ved dagbruddsdrift.</p> <p>For et bruddområde på 1600 daa er det beregnet en tonnasje på 871 millioner tonn kalkstein, ned til kote 50 m.o.h. Ved et brudd på 6000 daa og drift ned til -200 m.o.h er forekomsten estimert til å være på 7450 millioner tonn.</p> <p>Forsøk gjort på 1970-tallet viser at kalken blandet med fyllitt (og andre nødvendige komponenter) gir råstoff for produksjon av både ordinær portland og lav alkalie sementklinker. Det har vært konkludert med at det i Tromsdalen er reserver både av kalk og fyllitt for anlegging av en moderne sement fabrikk når forekomstene ved dagens produksjonssteder nærmer seg å være utdrevet.</p> <p>Mineralstatistikk viser at Tromsdalsforekomsten er blant Norges 5 viktigste mineralforekomster med hensyn til tonnasje og produksjonsverdi.</p>			
Emneord:	Mineralproduksjon	Kalsitt	
Industrimineraler	Gruvedrift	Fagrapport	
Kalkstein	Arealplanlegging		

Innhold	Side
1. Tromsdalen, geografiske størrelser	6
2. Tromsdalskalkens geologi.....	6
3. Tidligere undersøkelser	7
4. Geologiske forhold i og rundt bruddområdet	8
4.1. Størrelse og utstrekning	8
5 Interne variasjoner, volum og tonnasje.....	12
6. Fyllitten og sementframstilling.....	15
7. Marked og anvendelser for kalkstein.....	17
7.1. Sementframstilling.....	18
7.2. CaCO ₃ -Basert fyllstoff	20
7.3. PCC (kjemisk utfelt kalsiumkarbonat)	21
8. Andre anvendelser av kalk	21
8.1. Sukkerraffinering	21
8.2. Brentkalk	21
8.3. Glassfremstilling.....	22
8.4. Fremstilling av natriumkarbonat	22
8.5. Røykgassrensing.....	22
8.6. Fremstilling av magnesium fra sjøvann.....	22
9. Marked og produksjon av kalkstein på global og nasjonal skala	23
9.2. Sementproduksjon	23
9.2. CaCO ₃ basert fyllstoff (GCC).....	23
9.3. Norsk industrimineral produksjon.....	24
9.4. Produksjon-/økonomidata fra Verdalskalk.....	27
10. Referanser.....	28
11. Forklaring av noen geologiske faguttrykk brukt i rapporten	29

FIGURER

Side

Figur 1 Geologisk kart som viser bergartene i Tromsdalen, kalk blå farge, fyllitt grønn farge og grønnstein brun farge (Utsnitt av geologisk kart 1:250.000, Trondheim (Wolff 1977:.....	6
Figur 2 Kart som viser prøvepunktene for NGU kalksteinsundersøkelser i Tromsdal på 1990 tallet.	7
Figur 3 Kart som viser utbredelse av kalkstein (brune farger), og omriss av eiendommer, utarbeidet for Norcem på 1970 (Wolff 1971).	8
Figur 4 Bruddområdet i Tromsdalen i 2010.	9
Figur 5 Lokalisering av borhull, med kjerneboring, 1971-2010. Analyser av borhullene danner grunnlag for kartlegging av kvalitetsvariasjoner, volum- og kjemisk sammensetningen av kalken.	9
Figur 6 Bilde av typisk Tromsdalskalk, grålig båndet kalkstein med spetter av lyse og mørke bånd.	10
Figur 7 Kjemiske sammensetning av norske karbonatforekomster, illustrert med sammensetning av syreløslig CaO mot MgO. De viktigste forekomstene som er i drift er plottet med eget symbol alle andre forekomster er plottet med grå farge (data fra NGUs mineralressursdatabase)	12
Figur 8 Eksempel på borhullsprofiler i bruddet, 2 skråstilte borhull er inndelt i 2 kvaliteter. A-kvalitet (best) (blå) og B-kvalitet (rød) og analyseverdier for CaO, (kalsiumoksid overside av borhull) og Fe ₂ O ₃ (jernoksid underside av borhull).. Dette viser eks eksempel på den komplekse inhomogenitet, som kalken har i industriell skala (data fra Verdalskalk AS)	13
Figur 9 Kart som viser omriss i dagen av kalkstein av A kvalitet (PCC kvalitet) (Data fra Verdalskalk.....	14
Figur 10 Veiskjæring med fyllitt sør for Ramsåsen.	15
Figur 11 Produksjon av mineralske råstoffer i Norge (Mineralressurser i Norge 2010, NGU)	19
Figur 12 Fordelingen av verdensproduksjon av GCC (2010)(Kilde www.indmin.com).....	23
Figur 13 De viktigste produsentland av GCC	24
Figur 14 Fordelingen av Europas GCC produksjon.....	24

TABELLER**Side**

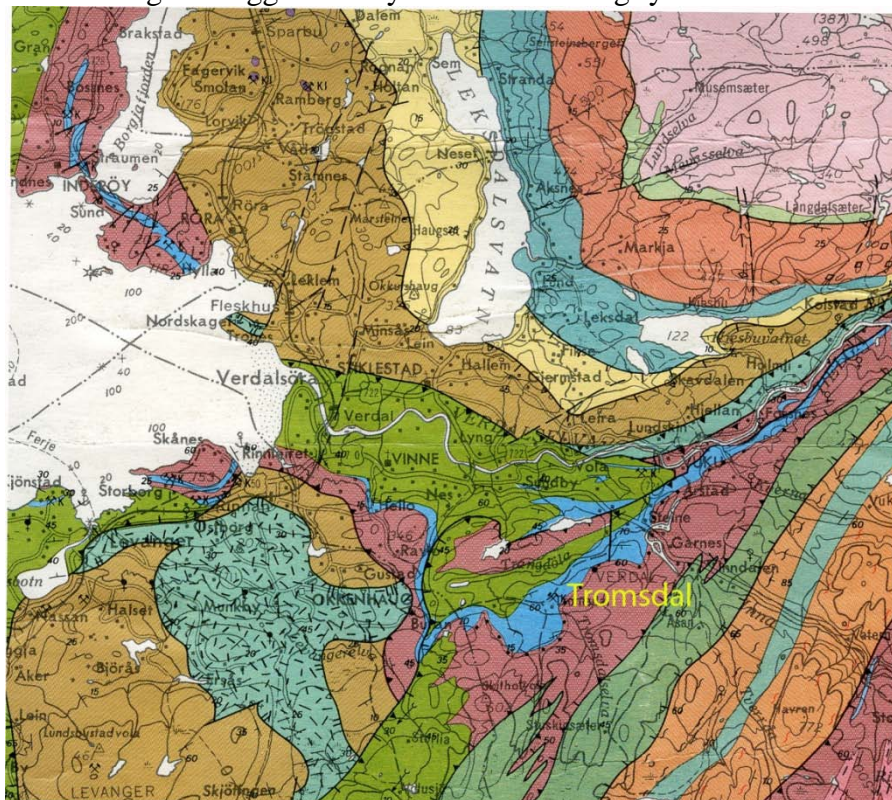
Tabell 1 De viktigste karbonatmineralene og deres kjemiske sammensetning.....	10
Tabell 2 Gjennomsnittlig sammensetning for Tromsdalskalkstein, (n=104) (Data fra Øvereng & Gautneb 1990).....	11
Tabell 3 Gjennomsnittlige analyseverdier av Tromsdalskalk (glødet materiale) slik sementindustrien normalt rapporterer (data fra Norcem).....	11
Tabell 4 Sammensetning av fyllitt prøvetatt i borkjerne, ved Tromsdalen (fra Wolff 1972), data i vekt prosent.	16
Tabell 5 Sammensetning av fyllitt fra Tromsdalen, (data i % fra Norcem).....	16
Tabell 6 Blandingsforholdet mellom Tromsdalskalk, fyllitt og en del andre komponenter ved produksjon av lav-alkalie (LA)- og ordinær portland (OPC) klinker (i %) (Data fra Norcem).	17
Tabell 7 Hovedinndeling av knust og malt kalkstein.....	20
Tabell 8 Produksjon av industrimineraler i Norge i 2010 (Fra Mineralressurser i Norge, NGU & Dir. for Mineralforvaltning 2010).....	25
Tabell 9 Salgsverdi av norske industrimineraler fordelt per fylke: For Nord-Trøndelag er dette i hovedsak produksjon av Tromsdalskalk (tall i kr, data fra Mineralressurser i Norge 2010, NGU & Direktoratet for Mineralforvaltning 2010).....	26
Tabell 10 Produksjonsvolum av industrimineraler i Norge fordelt per fylke (data fra Mineralressurser i Norge 2010, NGU & Dir. for Mineralforvaltning 2010).	27

1. Tromsdalen, geografiske størrelser

Tromsdalen ligger ca. 25 km ØSØ for Verdalsøra. Området som begrenses av riksvei 72 i NØ og gårdene Buran og Sørengen i SV er på ca. 24 km². I dette området har kalkstein et overflateareal på ca. 7 km² (29 %). Til sammenligning har fyllitt et overflateareal på ca. 10 km² og grønnstein utgjør resten. Dagens kalksteinsbrudd har en størrelse på ca. 0,6 km² (2.5%). Det totalt undersøkte og oppborede området med kalkstein er på ca. 3 km².

2. Tromsdalskalkens geologi

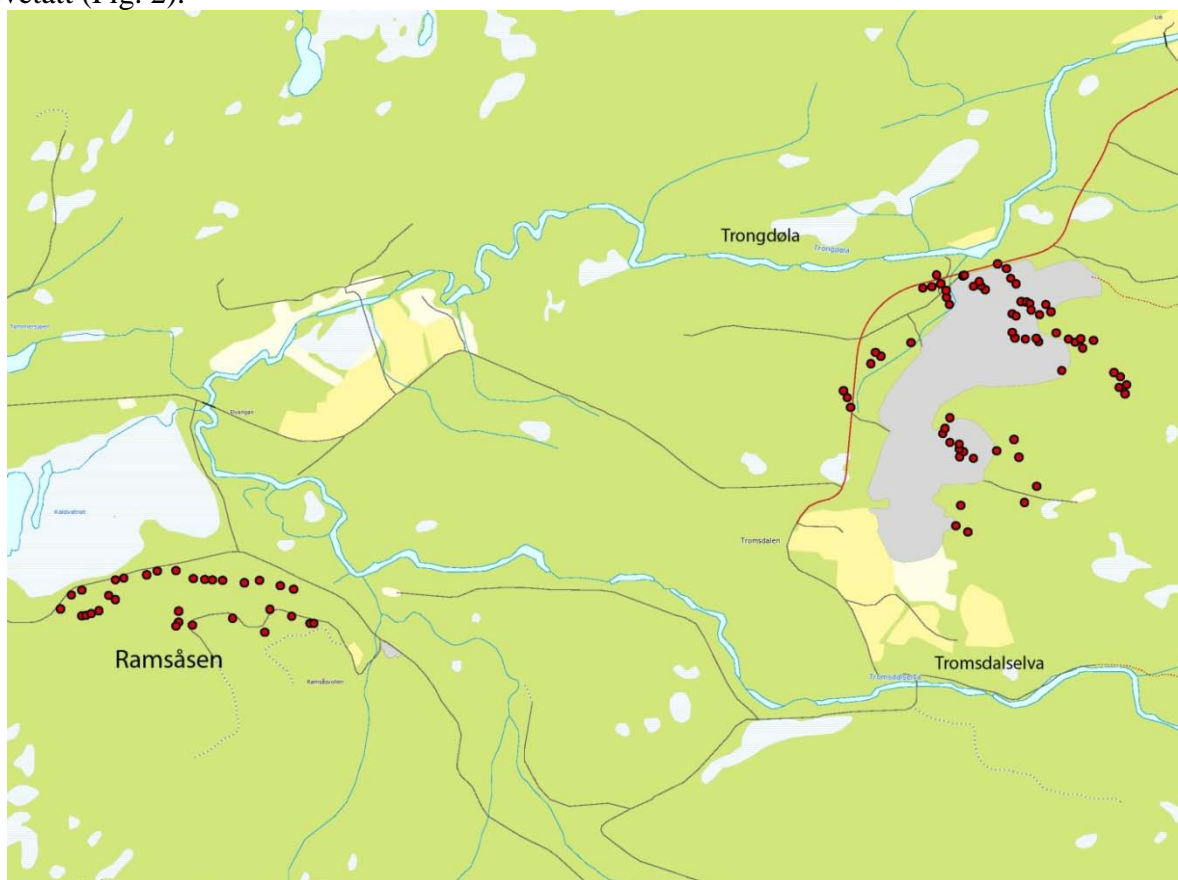
Tromsdalskalken er en del av en geologisk enhet som har ganske stor utbredelse, den opptrer i isolerte lokaliteter helt fra Hølonda i sør til Snåsaområdet i nord som en kalksteinsenhet av mellomordovicisk (ca.460 millioner år). Største sammenhengende område med kalk finner vi langs Snåsavannet. I Verdalsområdet opptrer kalken fra Levangerneset og østover mot Tromsdalen før den blir tynnere og kiler ut nordøstover mot Vuku (Fig.1). En utløper av samme kalksteinsenhet finnes fra Hylla og nordvestover over Inderøy. Et karakteristisk trekk er at kalken ofte ligger oppå vulkanske bergarter som i dag er grønnsteiner og over kalken ligger det sedimentære fyllittiske bergarter. På mange lokaliteter har folding og deformasjon snudd denne lagserien opp ned. Dette er tilfelle i selve Tromsdalen, her har kalken grønnsteinsbergarter liggende tilsynelatende over og fyllitt under.



Figur 1 Geologisk kart som viser bergartene i Tromsdalen, kalk blå farge, fyllitt grønn farge og grønnstein brun farge (Utsnitt av geologisk kart 1:250.000, Trondheim (Wolff 1977:

3. Tidligere undersøkelser

Tromsdalen kalksteinsfelt ble geologisk beskrevet første gang som en del av geologisk kartlegging i Verdal- og Stiklestadområdet på begynnelsen av 1960 tallet. Det ble tidlig klart at man her hadde en kalksteinsforekomst med stor renhet og utbredelse. Forekomsten ble kartlagt og undersøkt av NGU i flere omganger på oppdrag av forskjellige oppdragsgivere. Et stort prosjekt med boring (på oppdrag for Norcem) ble gjennomført i perioden 1969-1973 (Skjerlie & Tan 1961, Skjerlie & Gausdal 1961, Sverdrup 1966; Hultin 1968, Svindal & Vassbotn 1969, Wolf 1971 a,b, Svindal 1973). Som en del av NGUs Nord-Trøndelagsprogram (1986-1996) ble det utført noen mindre og oppfølgende undersøkelser (Øvereng & Gautneb 1990). Det ble i denne perioden også utført forsøk med bruk av Tromsdalskalk til framstilling av PCC (se kap 7.3). Forsøkene var positive, noe som fikk stor betydning for den senere utnyttelse av kalken se Øvereng & Gautneb (1990). Det ble også gjort en del prøvetaking i og utenfor det daværende driftsområdet, blant annet ble kalken ved Ramsåsen prøvetatt (Fig. 2).



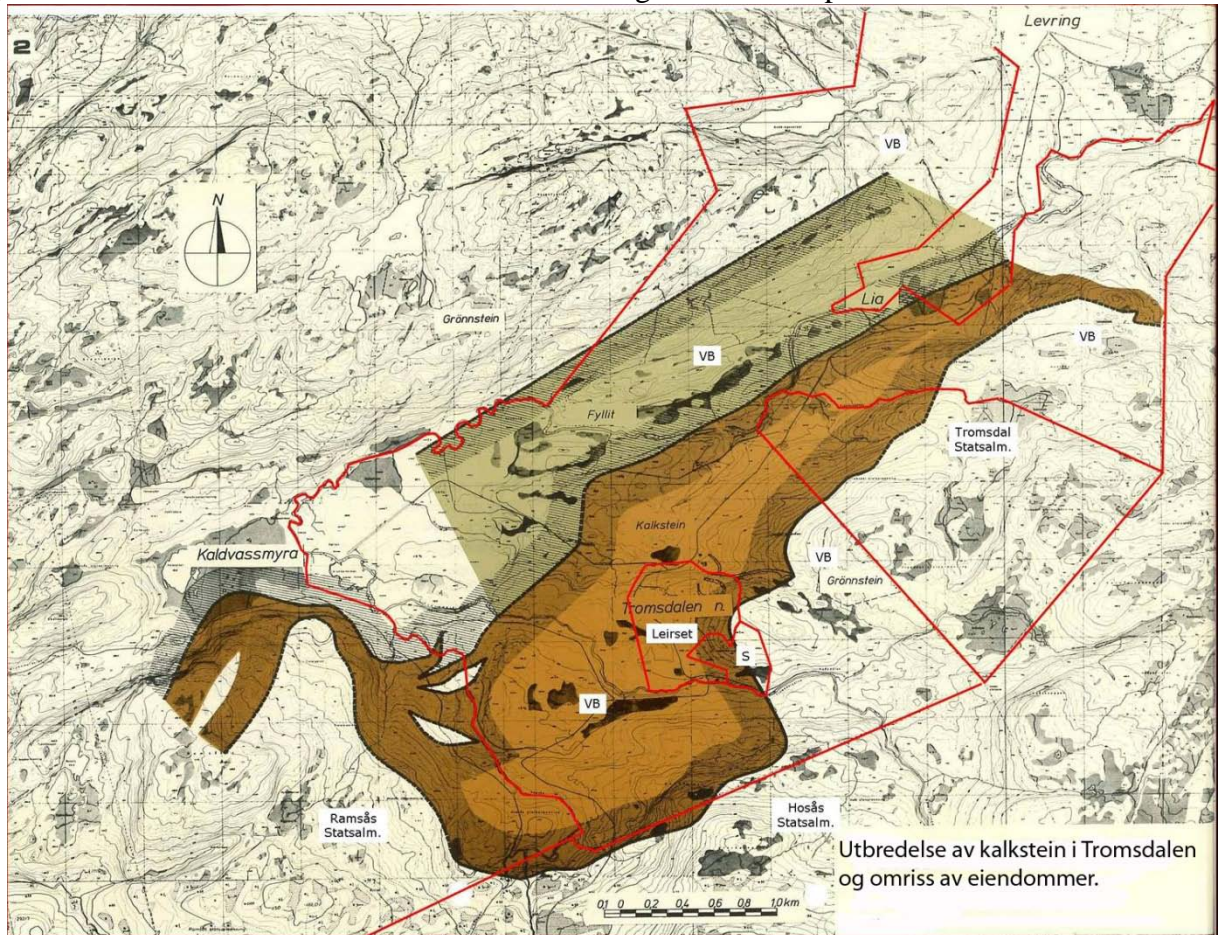
Figur 2 Kart som viser prøvepunktene for NGU kalksteinsundersøkelser i Tromsdal på 1990 tallet.

Etter at Verdalskalk AS ble etablert fikk gruva profesjonell drift og kvalitetsledelse, med kontinuerlig produkt- og kvalitetskontroll. Det ble utført større borprogrammer i 1995, 2004 og 2010. Data fra dette arbeidet er i dag en del av gruvas datagrunnlag for kartlegging av kvalitetsvariasjoner og utarbeidelse av brytningsplaner.

4. Geologiske forhold i og rundt bruddområdet

4.1. Størrelse og utstrekning

Kalkområdet i den sentrale del av Tromsdalen har en lengde på ca. 6 km og største bredde på ca. 2,2 km. Bredden varierer imidlertid mye, den er ca. 400 meter ved Lia i nordøst og 600 meter ved Ramsåsen i sørvest. Området som har vært aktuelt for drift har vært kjent lenge og Fig. 3 viser Tromsdalskalkens omriss slik som kartlagt for Norcem på 1970-tallet

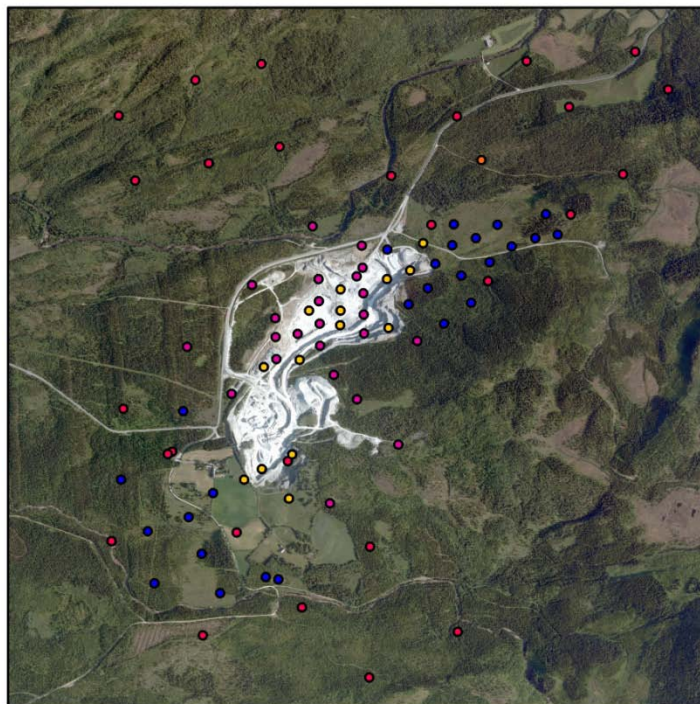


Figur 3 Kart som viser utbredelse av kalkstein (brune farger), og omriss av eiendommer, utarbeidet for Norcem på 1970 (Wolff 1971).

Kalkens overflateareal i den sentrale del av Tromsdalen er ca. 6 km². Området som i dag brukes som drift utgjør ca. 0,6 km² (10% av kalkens totale areal) (Fig. 3 og 4). I flere perioder har det vært utført omfattende boreprogrammer og siden 1971 har det blitt boret 91 hull (Fig. 5) med kjerneboring med en samlet lengde på nesten 14 000 meter.



Figur 4 Bruddområdet i Tromsdalen i 2010.



Tegnforklaring

Borhull

Årstall

- 1971
- 1972
- 1995
- 2004
- 2010

Figur 5 Lokalisering av borhull, med kjerneboring, 1971-2010. Analyser av borhullene danner grunnlag for kartlegging av kvalitetsvariasjoner, volum- og kjemisk sammensetningen av kalken.

Kalkstein kan inneholde 3 karbonatmineraler: Kalsitt (kalkspat, CaCO_3), dolomitt, ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) og magnesitt (MgCO_3) Formler og sammensetning er vist i tabell 1

Tabell 1 De viktigste karbonatmineralene og deres kjemiske sammensetning

Mineral	Formel	Molekylvekt	% CaO	%MgO	%Ca	%Mg	%CO ₂	%CaCO ₃	%MgCO ₃
Dolomitt	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	184.42	30.41	21.86	21.73	13.18	47.73	54.27	45.73
Kalsitt	CaCO_3	100.09	56.03	0	40.04	0	43.97	100	0
Magnesitt	MgCO_3	84.33	0	47.81	28.83	28.83	52.19	0	100

CaO =kalksiumoksid, MgO = Magnesiumoksid

Fra tabell 1 ser vi bl.a. at en teoretisk ren kalsitt inneholder f.eks 56,03 % CaO og 43,97% CO₂. tilsvarende verdier for en ren dolomitt er 30,41% og 47,73%

Industrien setter vanligvis en grense på 2-4 % MgO før en kalkstein ikke lenger er brukbar som ren kalkstein, men vil regnes som en dolomitt.

Siden kalksteiner er sedimentære bergarter som er avsatt i marint miljø inneholder de aldri 100 % karbonatmineraler, men alltid større eller mindre mengder av andre forurensende mineraler. Disse er ofte mineraler slik som kvarts (SiO_2), plagioklas ($(\text{CaNa})\text{AlSi}_3\text{O}_8$), muskovitt ($\text{K}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{20}(\text{OH})$) og grafitt (C).

I bruddet er Tromsdalskalken vanligvis en grålig middels til finkornet kalkstein, med spredte lyse og mørkere bånd (Fig.6). Tromsdalskalken er kjent for å ha en del meget finkrystallinsk grafitt, som frigjøres ved finknusing og som reduserer kalkens hvithet. Langs grensen mot grønnsteinen er kalken utviklet som en hvit marmor, denne er for mange anvendelser ubrukelig. Blant annet er den hvite marmoren lite egnet til brenning.



Figur 6 Bilde av typisk Tromsdalskalk, grålig båndet kalkstein med spetter av lyse og mørke bånd.

Fra NGUs prøvedatabase (Øvereng & Gautneb 1990) har vi følgende gjennomsnittlige sammensetning for Tromsdalskalk (Tabell 2).

Tabell 2 Gjennomsnittlig sammensetning for Tromsdalskalkstein, (n=104) (Data fra Øvereng & Gautneb 1990).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅
0.59	0.19	0.16	0.03	0.63	54.66	0.10	0.04	0.01	0.01

Dette er gjennomsnittsverdier for hele forekomsten. Kalksteinen i det området hvor eksisterende dagbrudd ligger, er typisk noe renere enn gjennomsnittet. CaO verdiene for det som produseres i dagbruddet ligger på drøyt 55 % i gjennomsnitt.

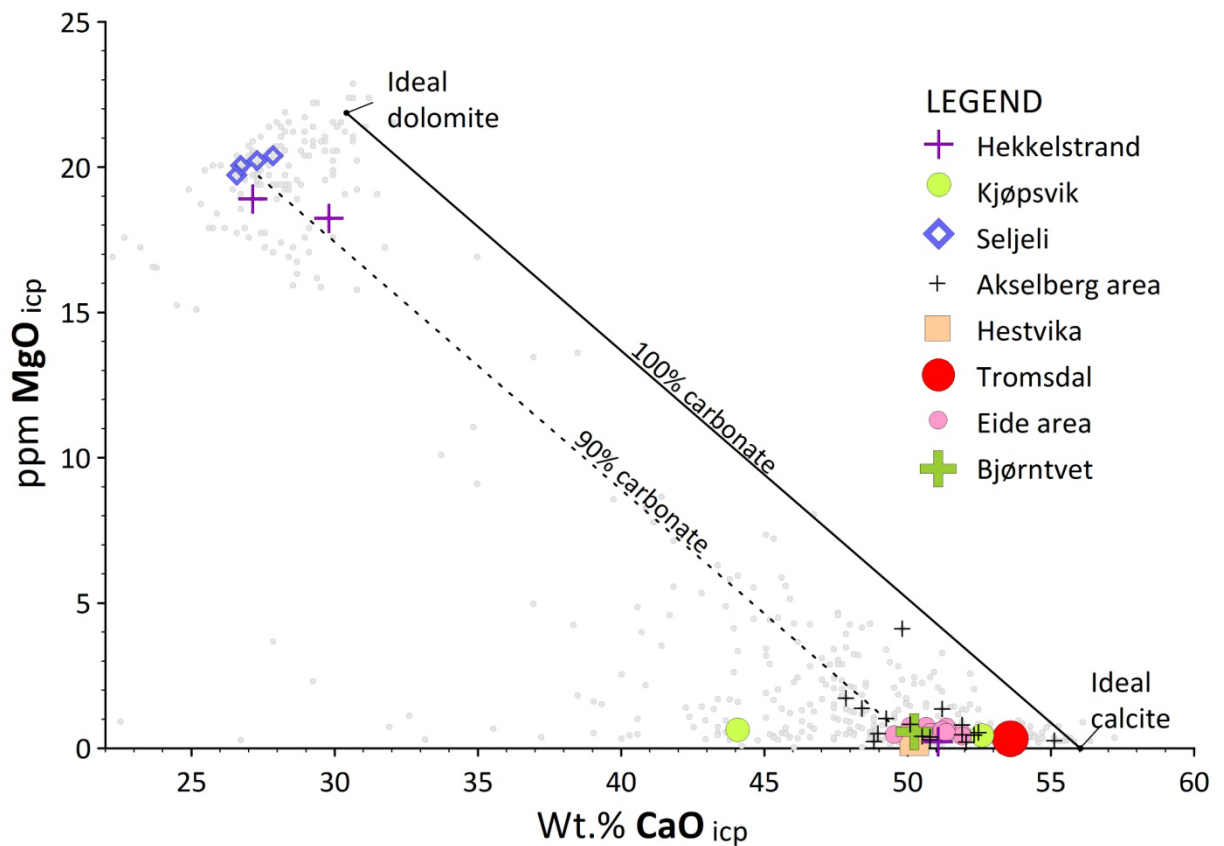
Sementindustrien oppgir kjemisk sammensetning av kalkstein basert på glødet materialet (Tabell 3).

Tabell 3 Gjennomsnittlige analyseverdier av Tromsdalskalk (glødet materiale) slik sementindustrien normalt rapporterer (data fra Norcem).

CaO	SiO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	alk	SO ₃
96.43	1.47	0.56	0.12	0.04	0.09	0.62	0.10	0.08

Dette er en sammensetning som tilsvarer en teoretisk blanding av 95,71 % kalsitt, 2,55 % dolomitt og 1,74 % med andre mineraler. Dette er en bergartssammensetning som representerer en **meget rein kalkstein**. Dette forholdet kommer også meget godt fram hvis vi sammenligner Tromsdalskalken med alle de andre analyserte Norske kalksteinsforekomstene som NGU har registrert i sin database (Fig. 7). Denne figuren viser at Tromsdalskalken er blant de reneste vi har i landet kun overgått av noen enkelt forekomster i Akselbergområdet (Velfjord). Disse forekomstene er i drift og leverer kalkstein til Hustad Marmors virksomhet i Elnesvågen. Tromsdalskalken har en kjemi om ligger tett opptil en ideell kalsitt (CaCO₃) som har 56,03 % CaO.

Med hensyn til renhet kan derfor ikke Tromsdalskalken erstattes av noen andre norske forekomster som ikke allerede er i drift til andre formål.



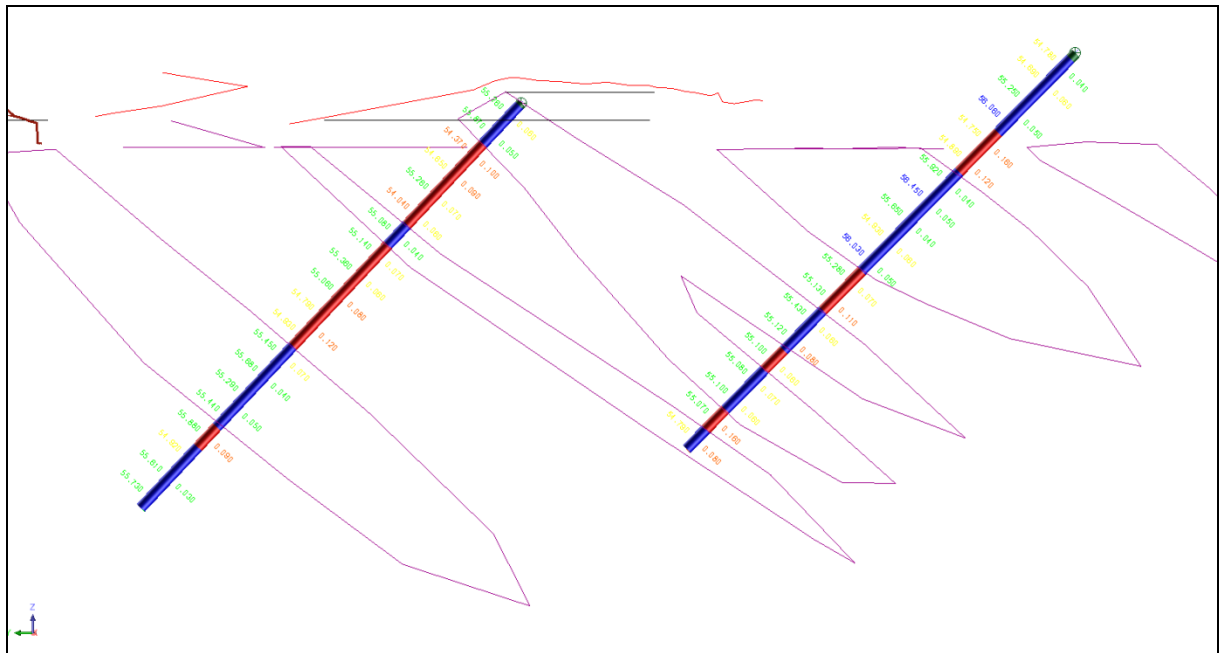
Figur 7 Kjemiske sammensetning av norske karbonatforekomster, illustrert med sammensetning av syreløslig CaO mot MgO. De viktigste forekomstene som er i drift er plottet med eget symbol alle andre forekomster er plottet med grå farge (data fra NGUs mineralressursdatabase)

5 Interne variasjoner, volum og tonnasje

Et forhold som gjelder nærmest ved all form for utnyttelse av mineralske ressurser er at kundene har sine krav til sammensetning av produktet de ønsker å kjøpe. Forekomstene har ofte sin naturlige geologiske variasjon der noe er bedre og noe er dårligere enn det markedet forlanger. Alle produsenter utfører derfor kvalitetskartlegging og produksjonskontroll og utfører ofte en selektiv produksjon der de blander gode og dårlige kvaliteter slik at man leverer noe som oppfyller kundens krav, men ikke mer. På denne måten utnyttes kvaliteter som alene har begrenset marked. Dette gjøres for å utnytte forekomsten optimalt

Kalksteinens bånding og lagning faller ca. 55° mot sydøst (Fig. 8). Verdalskalk har, som sagt, boret opp forekomsten i detalj og kartlagt de interne variasjoner. Fig. 8 viser et eksempel på et profil fra vest mot øst over bruddet. Kalken er delt inn i en A og B kvalitet. Profilet viser den komplekse inndeling av forekomsten når den studeres i detalj. En slik kompleksitet gjør at forekomsten kun kan utnyttes optimalt ved dagbruddsbrytning. Ved underjordsdrift vil en rekke forhold begrense utnyttelsen av forekomsten: Deler av forekomsten vil måtte stå igjen som pilarer, sikkerhetsmessige forhold vil medføre at kalkstein tett inntil underjordiske adkomstveier og tekniske rom ikke kan utnyttes, og tilslutt kan forekomstens komplekse kvalitetsvariasjon, kombinert med brytningsmetodens begrensninger gjøre at verdifulle kvaliteter kan bli stående igjen.

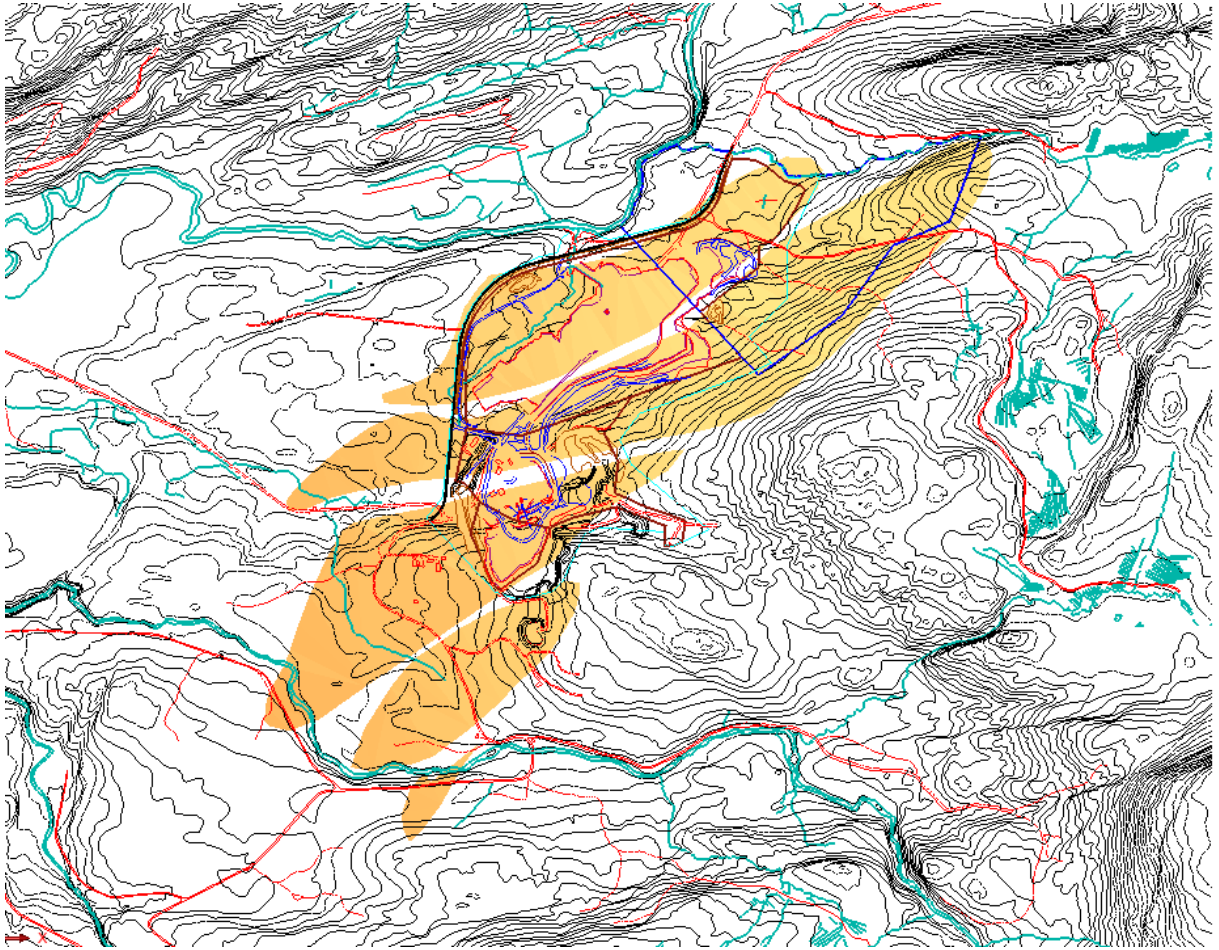
Det bergfaglige mest fornuftige er derfor å utnytte forekomsten i sin helhet ved dagbruddsdrift.



Figur 8 Eksempel på borhullsprofiler i bruddet, 2 skråtilte borhull er inndelt i 2 kvaliteter. A-kvalitet (best) (blå) og B-kvalitet (rød) og analyseverdier for CaO, (kalsiumoksid overside av borhull) og Fe₂O₃ (jernoksid underside av borhull).. Dette viser eks eksempel på den komplekse inhomogenitet, som kalken har i industriell skala (data fra Verdalskalk AS)

Borkjernene analyseres på en rekke forskjellige grunnstoffer og variasjonen av disse i det enkelte borhull danner dermed grunnlag for å kartlegge forekomstens kvalitetsvariasjon.

Lager man et kart som viser omriss i dagen av A kvalitet får man følgende kart (Fig. 9)



Figur 9 Kart som viser omriss i dagen av kalkstein av A kvalitet (PCC kvalitet) (Data fra Verdalskalk

Basert på boringene som ble gjort på 1970 tallet gjorde Norcem følgende tonnasjeberegning:

Over 0 m.o.h. (påviste reserver) 4100 millioner tonn

Fra 0 til -200 m.o.h. (sannsynlige reserver) 3350 millioner tonn

Til sammen utgjør dette kalksteinreserver på 7450 millioner tonn. Det er altså her snakk om en gigantisk forekomst med reserver for mange hundre års drift fram i tid.

I forbindelse med utarbeidelse av denne rapporten har Verdals kalk oppgitt følgende estimat over volum og tonnasje for et dagbrudd ned til kote 50 m.o.h.:

Volum: 322 688 000 m³

Tonnasje 871257600 tonn eller 871 millioner tonn med kalkstein.

Verdalskalks beregninger avviker en del fra det som Norcem gjorde. Verdalskalks tonnasjeberegninger tar ikke med kalkstein ned til like stort dyp (for Norcems vedkommende ned til 200 meter under havnnivå) og Verdalskalks beregninger er også gjort for et dagbrudd på ca 1700 daa mens Norcem la størsteparten av forekomstens ca. 6000 daa til grunn for sine beregninger.

Norcems volum og tonnasje kan derfor betraktes som et maksimumstall for det som det er mulig og utnytte. Verdalskalks estimater må betraktes som realistiske estimater ved produksjon innenfor overskuelige tidsperspektiver.

6. Fyllitten og sementframstilling

Fyllitt er en meget vanlig bergart i Trøndelag. Som bergart har den normalt liten økonomisk anvendelse og har ofte en folkelig betegnelse som ”råtafjell”.

Ved sementframstilling er det alltid en fordel at kalksteinen ikke er for rein da det tilsettes kvarts, jernmalm bauxitt osv. (se kap 7.1) til råstoffet som går til klinkerproduksjon. Er kalken urein trengs det mindre av disse tilsetningene. En rein kalkstein gjør det imidlertid enklere å kontrollere sammensetning av klinkerråstoffet.

Det ble tidlig klart at hvis Tromsdalskalken skulle brukes til sementråstoff så ville man være avhengig av å kunne bruke den underliggende fyllitt som tilslagsmaterialet. Flere borhull ble boret i fyllitten på 1970 tallet (se Fig 5) og Wolff (1972).

Fyllittiske bergarter opptrer i store områder langs kalkens vestsida. Umiddelbart vest for bruddområdet er fyllitten i stor grad overdekket, mens andre steder i Tromsdalen opptrer den som en karakteristisk skifrig og uregelmessig foldet bergart (Fig. 10). Wolff (1972) presenterer en sammenstilling av 14 analyser av fyllitten (Tab. 4)



Figur 10 Veiskjæring med fyllitt sør for Ramsåsen.

Tabell 4 Sammensetning av fyllitt prøvetatt i borkjerne, ved Tromsdalen (fra Wolff 1972), data i vekt prosent.

	Max	Min	Snitt (n =14)
SiO ₂	52.2	41	49.85
TiO ₂	0.68	0.5	0.61
Al ₂ O ₃	14	10.6	12.85
Fe ₂ O ₃	5.7	4.5	5.25
MgO	6.9	5	6.21
CaO	13.25	7.6	9.92
Na ₂ O	1.17	0.8	1
K ₂ O	2.78	1.85	2.34
CO ₂	12.8	9.1	10.72

Heidelberg cement (Norcem) gjorde i 1979 analyser og tonnasje beregninger vedrørende bruk av fyllitt som tilsatsmaterialet:

Oppborede tonnasje av fyllitt: 1500 millioner tonn

De antok følgende gjennomsnittlige sammensetning av fyllitten(Tab. 5):

Tabell 5 Sammensetning av fyllitt fra Tromsdalen, (data i % fra Norcem)

SiO ₂	51.00
Al ₂ O ₃	13.00
CaO	10.00
MgO	6.20
Fe ₂ O ₃	5.20
K ₂ O	2.40
Na ₂ O	1.00
TiO ₂	0.70
S	0.30

Basert på den geologiske utbredelse av fyllitten er det klart at reservene må være mange ganger større en det som er oppboret. Det er imidlertid viktig å ha kontroll over sammensetningsvariasjon. Ved en eventuell drift av fyllitt, vil det først skje en detaljoppboring av det aktuelle bruddområde.

Norcem viste at fyllitten er et utmerket tilsattsmateriale for klinkerproduksjon i følgende blandingsforhold (Tab. 6):

Tabell 6 Blandingsforholdet mellom Tromsdalskalk, fyllitt og en del andre komponenter ved produksjon av lav-alkalie (LA)- og ordinær portland (OPC) klinker (i %) (Data fra Norcem).

	LA – Klinker	OPC – Klinker
Kalkstein	77.70	73.20
Fyllitt	9.00	23.80
Bauxitt	2.20	0.30
Kvarts	9.50	1.30
Jernmalm	1.20	0.50
Gips	0.40	9.00

Dette viser at Tromsdalskalkstein iblandet f. eks 9 % fyllitt pluss nødvendig mengde med bauxitt, kvarts, jernmalm og gips gir råstoff for lav-alkalie sementklinker.

Tar en bare hensyn til råstoffenes sammensetning, er derfor det ingenting i veien for å bruke Tromsdalskalk og fyllitt som råstoff til sementproduksjon.

Skulle det bli aktuelt med produksjon av fyllitt som råstoff til sementframstilling er det klart at dette vil foregå i et eget brudd, der man har kontroll på sammensetning og driften kan gjøres på mest mulig effektiv og lønnsom måte.

Det var Norcems konklusjon at det i Tromsdalen er kalk- og fyllittreserver tilstrekkelige til anleggelse av en moderne sementfabrikk. Tromsdalen vil derfor representere en meget viktig ressurs for dette når reservene av kalk fra dagens produksjonssteder andre steder i landet nærmer seg utdrevet.

7. Marked og anvendelser for kalkstein

Kalkstein som industrimineral har vært utnyttet siden bibelsk tid ("reise noen store steiner å stryke kalk på dem" 5. Mos. 27,2) og er i dag blant de viktigste industrielle mineralene som brukes. Kalkstein representerer den viktigste komponenten i sement, brent kalk, svært mange bygningsmaterialer og utgjør en vesentlig prosentandel av den mengde med knust stein som produseres. Kalkstein og avledede produkter brukes i fluksmidler, glass-råmaterialer, ildfaste materialer, fyllstoffer, jordforbedringsmidler, syrenøytralisering og svoveldioksidfjerning og en rekke andre anvendelser. Kalksteiner utgjør ca. 15% av jordas overflate. Hver person i Norge forbruker gjennomsnitt ca. 12 tonn med mineralske råstoffer per år og en betydelig andel av dette er kalkstein. Norges forbruk av mineralske råstoffer er vist på Fig. 11.

Til de ulike anvendelsene stilles det forskjellige krav til kjemisk sammensetning og/eller fysiske egenskaper. Kjøpere av industrimineraler har ofte sine egne (og ofte fortrolige) kvalitetskrav som er tilpasset egne produksjonsprosesser. Svært ofte er det også slik at der kalkstein eller andre industrimineraler brukes, er de råmaterialer eller halvfabrikata sammen med andre produkter og ofte representerer da industrimineralene en billig komponent.

7.1. Sementframstilling

Sement lages ved kalsinering (brenning) av en blanding av ca. 75 % kalkstein og 25 % med bauxitt, jernmalm, kvarts og gips for å danne kalsiumsilikat klinker.

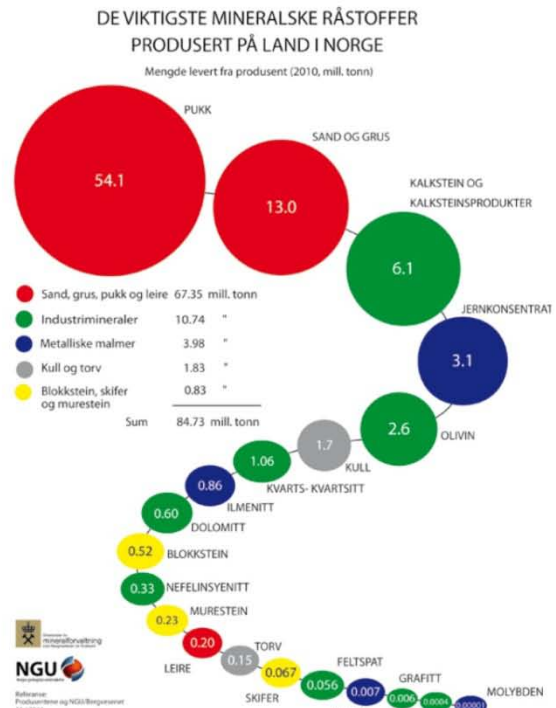
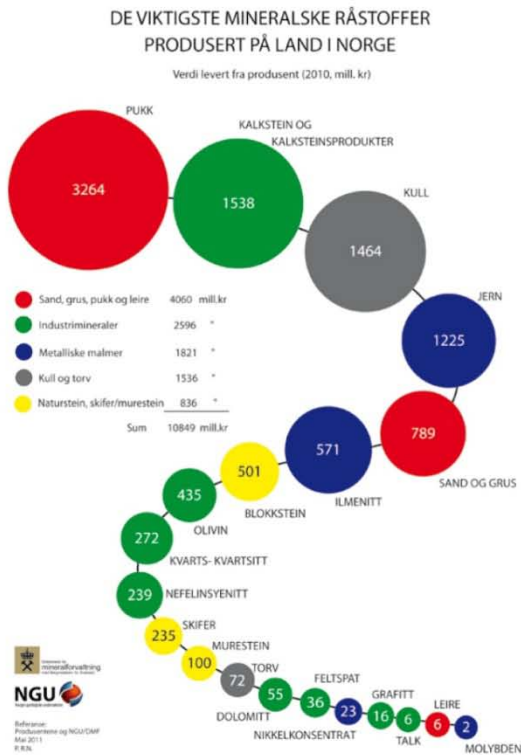
Generelt bør en kalkstein til sementframstilling ikke være for rein. Krav til kalkstein for en standard portland sement er minst 65 % CaCO_3 og maksimum 4 % MgO ; ved anvendelse av for rent kalkråstoff må det tilsettes aluminium, jern og kvarts.

Krav til sement til bruk i oljeindustrien (sulfatresistent sement):

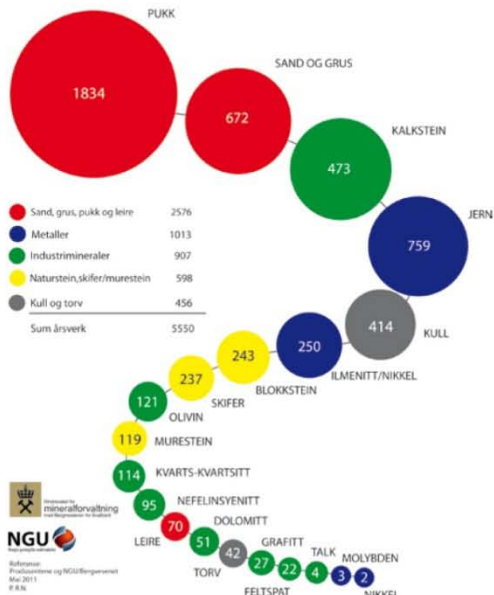
$\text{SO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 < 1 \%$ og $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 0.6 \%$

Krav til hvit sement: $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0.01 \%$

7.

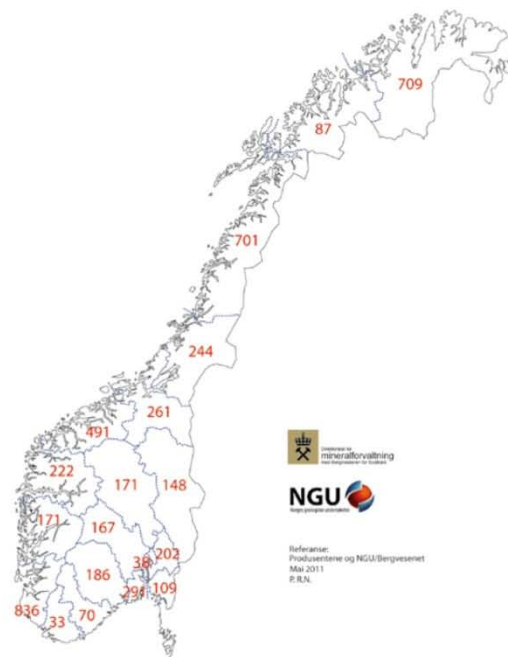


ÅRSVERK I MINERALNÆRINGEN FORDELT PÅ RÅSTOFFTYPER 2010



ÅRSVERK I MINERALNÆRINGEN FORDELT PÅ FYLKER

2010: 5551 årsverk,
inklusive Svalbard 414



Figur 11 Produksjon av mineralske råstoffer i Norge (Mineralressurser i Norge 2010, NGU)

7.2. CaCO₃-Basert fyllstoff

Fyllstoff (filler) er en betegnelse som brukes om mineraler og bergarter når de har som hovedoppgave å blandes med andre stoffer, dette gjøres av 2 grunner:

- For å spare på andre og dyrere komponenter
- For å gi spesielle egenskaper til sluttprodukt (funksjonell filler)

Ofte brukes filleren for både å spare på andre komponenter og for å gi spesielle egenskaper til slutt produktet.

Knust og malt kalksteinsfyllstoff klassifiseres vanligvis etter kornstørrelsen (Tabell 7).

Tabell 7 Hovedinndeling av knust og malt kalkstein

Hovedkategori	Kornstørrelse	Anvendelse
Grov filler (vanligvis lav verdi)	> 0.075 mm	Jordforbedringsmiddel, i dyrefor, fyllstoff i asfalt o.a.
Medium filler (middels verdi)	< 0.05 mm	Brukes på baksiden av tepper og linoleum, i forskjellige typer tetningsstoff, i lim og sparkel
Fin filler (vanligvis middels verdi).	< 0.05 mm	Brukes som papirfiller, i gummi, plastikk og billig maling
Pigment og meget fint filler (vanligvis høy verdi)	< 0.01 mm (50 % < 0.002 mm)	Brukes i papir coating (betrykning), maling, gummi og plastikk

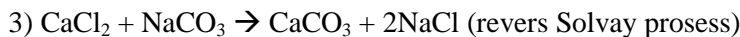
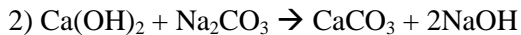
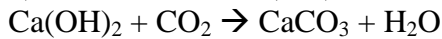
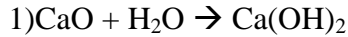
De viktigste parametrene som blir vurdert når en skal utnytte kalsiumkarbonat som filler er følgende:

- Kjemisk renhet
- Hvithet og høy refleksivitet
- Partikkelstørrelse og partikkelstørrelses fordeling.
- Partikkelform og overflateareal
- Plastisk og rheologisk karakteristikk
- Adsorpsjonskarakteristikk mht olje, blekk og pigment
- Kjemisk reaktivitet
- Spesifikk vekt og bulkegenvekt

Kalkstein kan også brukes som selvstendig produkt, blant annet til kalking av forsurede vassdrag eller når kalkstein brukes til å rense drikkevann.

7.3. PCC (kjemisk utfelt kalsiumkarbonat)

PCC (precipitated calcium carbonate) er syntetisk fremstilt CaCO_3 der sluttproduktet har spesiell høy renhet og hvithet og spesielt skreddersydd kornstørrelse og krystallform. PCC har sin hovedanvendelse som fyllstoff og bestrykning i papir. PCC fremstilles ved en av de tre følgende reaksjoner:



PCC framstilles fra Tromsdalskalk etter reaksjonene i 1. Det vil si at kalken brennes først. Dette reduserer vekten med 44 %. Av den brente kalken lages det hydratkalk (lesket kalk). I en oppløsning av hydratkalk bobles det gjennom CO_2 som medfører utfelling av kalsitt (kalkspat) med kontrollert kornstørrelse og krystallform.

Kravene til kalkstein som skal brennes og senere gå til produksjon av hydrat kalk for PCC er meget høye, generelt stilles følgende krav: $\text{CaO} > 55 \%$, $\text{SiO}_2 < 0,5$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,06$, $\text{MnO} < 0,005$, $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0,2$, $\text{S} < 0,02$.

Den mengde CO_2 som blir frigjort ved brenning av kalken i Verdal er nøyaktig lik den mengde CO_2 som blir innfanget ved utfelling av PCC. Netto utslipp av CO_2 er det som kommer fra energikilden (spillolje) som brukes til brenning. Siden spillolje i alminnelighet destrueres ved brenning i en eller annen form, kan man si at framstilling av brent kalk og PCC ikke bidrar til noe økt CO_2 utslipp (da spilloljen allikevel ville blitt brent et annet sted). PCC fremstilles alltid nær sluttbruker (papirfabrikker), dette fordi det er gunstig vekt og volummessig å transportere brent kalk. CaO er 44 % lettere enn kalsitt CaCO_3 .

8. Andre anvendelser av kalk

8.1. Sukkerraffinering

Kalkstein og brentkalk brukes i sukkerindustrien som en del av renseprosessen. Kalk og karbondioksid (fremstilt ved kalsinering av kalkstein) brukes til justering av pH og som assistent i fellingen av urenheter. Enkelte produksjonslinjer bruker opp til 200 kg. med kalk per tonn raffinert sukker.

8.2. Brentkalk

Brentkalk er råstoff for en rekke kjemiske prosesser som krever nøytralisering, koagulering, dehydrering og absorpsjon. Blant bruksområdene i Norge er stabilisering av kvikkleire, rensing av drikkevann, hygienisering av kloakkslam, rensing av avgangsvann fra industri med mer.

Brentkalk er som beskrevet over, også utgangspunkt for framstilling av lesket kalk Ca(OH)_2 . Et viktig forhold ved brenning av kalk er hvorledes kalken oppfører seg i ovnen. Det er viktig at kalken ikke desintegrerer på feil tidspunkt under brenningsprosessen. Dette er forhold som er teknisk sett dårlig forstått og kartlegges bare ved å gjennomføre brennforsøk.

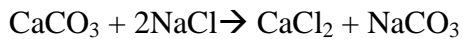
Tromsdalskalken fungerer generelt godt i vertikale sjaktovner som i all hovedsak brukes til å fremstille den brentkalken som Tromsdalskalken er råstoff til. Mer grovkrySTALLINE marmor er lik de man finner på Møre og i Nordland vil desintegre i slike ovner og egner seg derfor ikke for denne type produksjon.

8.3. Glassfremstilling

Glass fremstilles ved å smelte en blanding av kvartssand, natriumkarbonat, kalkstein, dolomitt og andre råstoffer. Kalksteinen virker som fluks noe som tillater blandingen å smelte ved relativt lav temperatur. Tilsetning av små mengder magnesium til glasset vil motvirke devitrifiseringsprosesser. Kritiske elementer i glassråstoff, da disse fører til misfarging av glasset, er: Cr, Co, Mn, Fe, og ildfaste partikler (zirkon, kromitt, korund).

8.4. Fremstilling av natriumkarbonat

Kalkstein eller kalsiumkarbonat er et råstoff i Solvay prosessen som fremstiller NaCO₃ (natriumkarbonat)



Her må CaCO₃ være > 98.5 %. Natriumkarbonat er et viktig råstoff for glassframstilling og råvare for fremstilling av mange kjemiske produkter

8.5. Røykgassrensing

Kalkstein brukes til å redusere SO₂- innholdet i avgassene fra kull/oljekraftverkene. Avgassene sirkulerer gjennom en slurry av vann og kalkstein. SO₂ løses og reagerer med kalkstein og danner kalsiumsulfitt som igjen oksiderer til gips (CaSO₄)xH₂O.

8.6. Fremstilling av magnesium fra sjøvann

Hydratkalk (lesket kalk) brukes til felling av magnesium fra sjøvann da som Mg(OH)₂ som igjen kalsineres til MgO som brukes i fremstilling av basisk ildfastmateriale. Det produseres en rekke forskjellige produktkvaliteter. Til de beste kvalitetene stilles det meget strenge kvalitetskrav til råstoffet.

9. Marked og produksjon av kalkstein på global og nasjonal skala

9.2. Sementproduksjon

Sement er blant de viktigste produktene moderne samfunn produserer. Det vil gå for langt i denne utredningen å gjøre rede for marked og produksjon av sement i detalj.

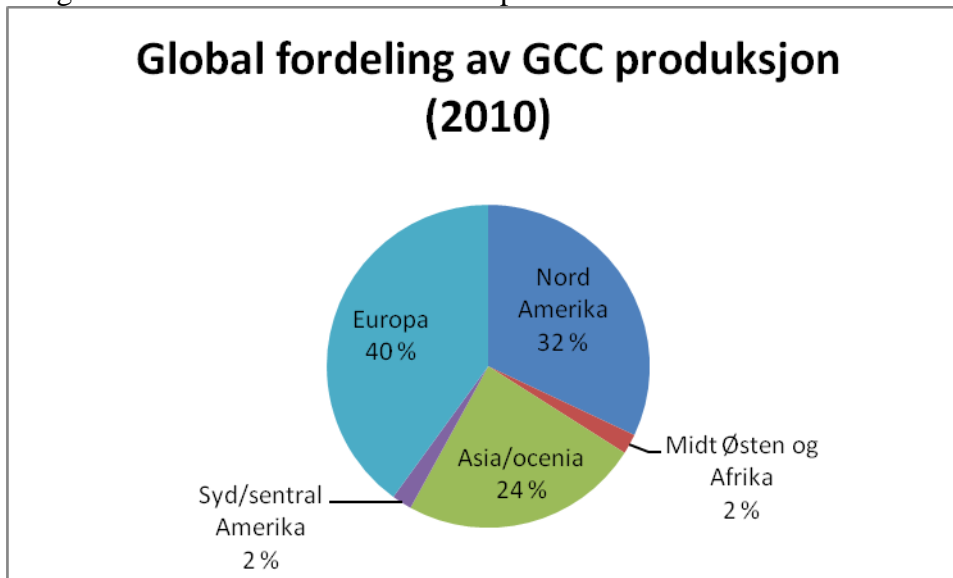
I følge USGS (www.usgs.gov) produseres det på verdensbasis ca 3300 millioner tonn med sement per år. Av dette produseres det ca. 500 millioner tonn i Europa. I Norge ligger årlig sementproduksjon på ca. 2.5 millioner tonn per år. Det går med ca. 1.5 tonn kalkstein per tonn klinker og 1 tonn klinker gir ca. 1,1 tonn ferdig sement. Produksjon av sement varierer i takt med økonomisk utvikling.

9.2. CaCO₃ basert fyllstoff (GCC)

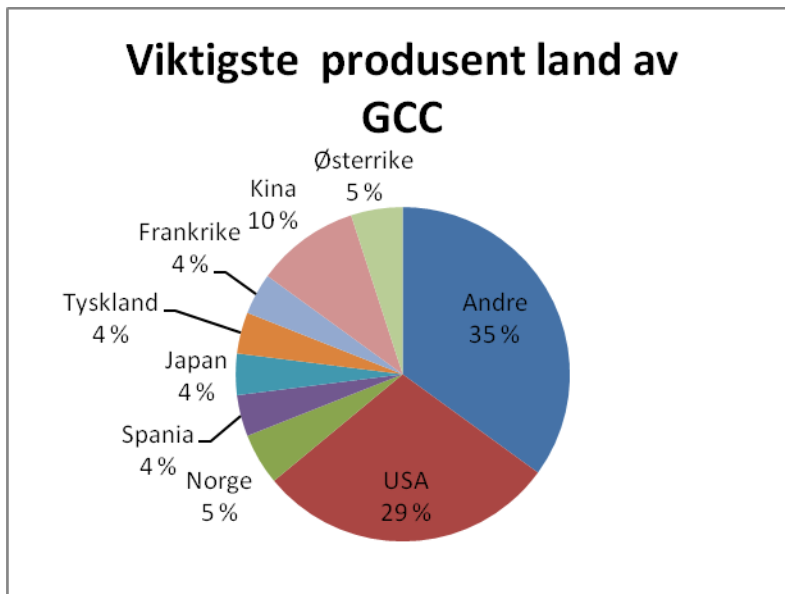
GCC (ground calcium carbonate) er den industrielle betegnelsen for nedmalt kalsiumkarbonat. Vanligvis brukes betegnelsen om finknust (mikronisert) kalksteinsfyllstoff og ikke grovere sand og grus produkter. GCC er en av verdens viktigste industrielle mineraler. Verdens produksjon antas å ligge rundt 70 millioner tonn i 2011 og øker i takt med generell økonomisk (2-4 %) vekst per år. Fig. 12 viser fordelingen av det globale markedet for GCC. Forbruket er forventet å stige til ca 114 millioner tonn i 2017 (www.indmin.com).

8 land står for ca. 65 % av verdens produksjon (Fig. 13) og i Europa er Norge det ledende enkeltland og produserer 14% av Europas produksjon.

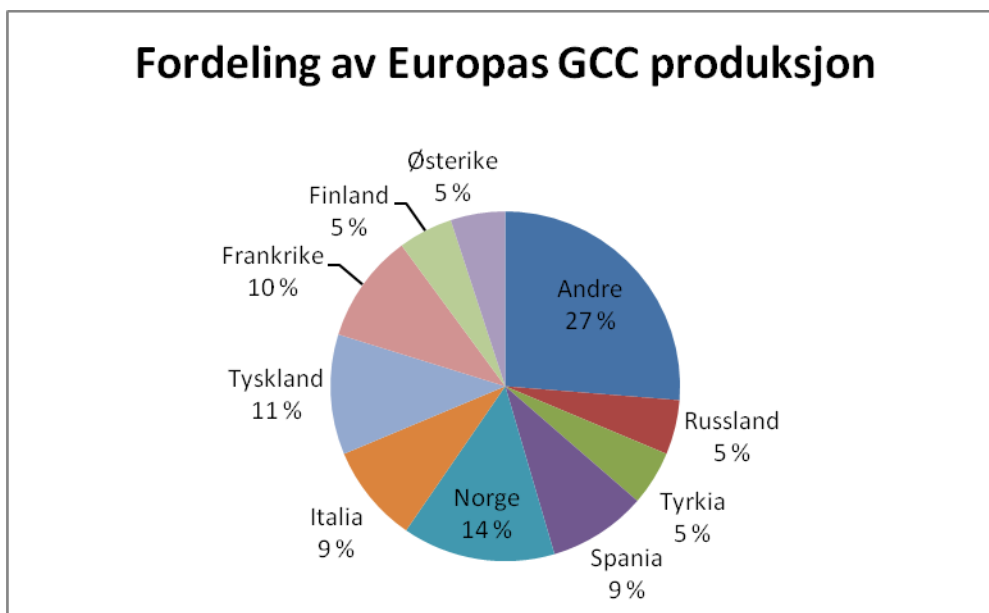
Produksjonen av GCC domineres av noen få store multinasjonale selskaper, Omya (36%) Imerys (13%), Reverte (2%) og Provencale(1%) er de største produsenter i verden. I Europa dominerer det Sveitsisk baserte Omya AG markedet med 70% fulgt av det franske Imerys med 8% , dette gir 22% av markedet til alle andre produsenter



Figur 12 Fordelingen av verdensproduksjon av GCC (2010)(Kilde www.indmin.com).



Figur 13 De viktigste produsentland av GCC



Figur 14 Fordelingen av Europas GCC produksjon.

9.3. Norsk industrimineral produksjon

Ser vi på produksjonen innenlands (Fig. 11) så produseres det totalt ca. 6.5 millioner tonn med kalkstein i Norge hvert år. Kalkstein er det nest viktigste mineralske råstoff produsert på fastlandet i Norge, etter produksjonsverdi og det tredje viktigste etter produsert mengde. (Tabell 8, Figur 11) Sammenligninger vi total produksjon i Norge med produksjonen i Nord-Trøndelag (der Verdalskalk er den dominerende produsent (Tabell 9) så kommer ca. 13 % av Norges totale kalksteinsproduksjon fra Tromsdalen. Blant industrimineralene er kalkstein det viktigste både når det gjelder produsert volum, salgsverdi, eksportverdi og antall sysselsatte.

Tabell 8 Produksjon av industrimineraler i Norge i 2010 (Fra Mineralressurser i Norge, NGU & Dir. for Mineralforvaltning 2010)

	Antall produsenter	Uttak tonn			Solgt/levert(tonn)			Salgsverdi (NOK)			Årsverk
		Produsert	Avgang	Sum	Innenlands	Eksport	Sum	Innenlands	Eksport	Sum	totalt
Dolomitt	4	603 640	10 293	613 933	247 419	356 624	604 043	23 856 500	30 742 200	54 598 700	51
Feltspatt	1	93 434	36 842	130 276	0	56 000	56 000	0	36 000 000	36 000 000	22
Grafitt	1	25 236	19 338	44 574	82	6 188	6 270	492 000	15 828 570	16 320 570	27
Kalkstein	17	6 468 697	3 473 220	9 941 917	5 850 715	278 014	6 128 729	226 581 617	1 311 506 829	1 538 088 446	473
Kvarts-kvartsitt	7	1 089 048	1 013 458	2 102 506	809 077	246 036	1 055 113	106 526 403	164 988 630	271 515 033	114
Nefelinsyenitt	1	550 000	50 000	600 000	0	327 000	327 000	0	239 000 000	239 000 000	95
Olivin	3	2 350 000	188 000	2 538 000	51 000	2 509 000	2 560 000	8 000 000	426 700 000	434 700 000	121
Talk	1	0	5 498	5 498	5 947	445	6 392	5 040 000	877 308	5 917 308	4
Sum	35	11 180 055	4 796 649	15 976 704	6 964 240	3 779 307	10 743 547	370 496 520	2 225 643 537	2 596 140 057	907

Ser vi på de samme dataene fordelt per fylke (Tabell 9) ser vi at Nord-Trøndelag blir det fjerde viktigste fylket i landet med hensyn til produksjonsverdi av industrimineraler. Det alt overveiende av industrimineralproduksjonen i Nord-Trøndelag skjer fra Tromsdals kalksteinsbrudd.

Tabell 9 Salgsverdi av norske industrimineraler fordelt per fylke: For Nord-Trøndelag er dette i hovedsak produksjon av Tromsdalskalk (tall i kr, data fra Mineralressurser i Norge 2010, NGU & Direktoratet for Mineralforvaltning 2010)

FYLKE	Industrimineraler (kr)
01 Østfold	-
02 Akershus	-
03 Oslo	-
04 Hedmark	5 796 019
05 Oppland	14 717 308
06 Buskerud	50 000
07 Vestfold	
08 Telemark	101 933 550
09 Aust-Agder	56 000 000
10 Vest-Agder	
11 Rogaland	
12 Hordaland	
14 Sogn og Fjordane	4 700 000
15 Møre og Romsdal	1 779 978 440
16 Sør-Trøndelag	
17 Nord-Trøndelag (*)	330 000 000
18 Nordland	230 093 040
19 Troms	16 320 570
20 Finnmark	327 931 143
21 Svalbard	-
Sum	2 596 140 057

(*) Beløpet er oppgitt av Håkon Mork, Verdalskalk.

Ser vi på produsert volum av industrimineraler er Nord-Trøndelag nr. 3 i landet (Tabell 10). Produksjonsvolum av industrimineraler i 2010 fordelt per fylke (data fra Mineralressurser i Norge 2010, NGU & Dir. for Mineralforvaltning 2010 Mineralressurser i Norge 2010, NGU & Direktoratet for Mineralforvaltning 2010)

Tabell 10 Produksjonvolum av industrimineraler i Norge fordelt per fylke (data fra Mineralressurser i Norge 2010, NGU & Dir. for Mineralforvaltning 2010).

FYLKE	Industrimineraler (i 1000 tonn)
01 Østfold	-
02 Akershus	-
03 Oslo	-
04 Hedmark	37 704
05 Oppland	40 392
06 Buskerud	3 500
07 Vestfold	
08 Telemark	1 652 720
09 Aust-Agder	76 000
10 Vest-Agder	
11 Rogaland	
12 Hordaland	
14 Sogn og Fjordane	31 000
15 Møre og Romsdal	3 438 336
16 Sør-Trøndelag	
17 Nord-Trøndelag	824 142
18 Nordland	3 564 820
19 Troms	6 270
20 Finnmark	1 068 663
21 Svalbard	
Sum	10 743 547

9.4. Produksjon-/økonomidata fra Verdalskalk

Franzefoss minerals oppgir i sin brosjyre over kalksvirksomheten i Verdal bl. a. følgende nøkkeltall:

Total produksjon: ca. 1 mill. tonn per år, av dette går ca. 0,5 mill tonn til papirproduksjon, av dette igjen blir ca. 0.4 mill, tonn brent lokalt på Hylla eller av Norfrakalk.

Bedriften har 75 ansatte som i all hovedsak er bosatt lokalt.

70% av bedriftens kostander er lokale og siden 1991 har Verdalskalk tilført 630 mill kr. lokalt. I 2010 ble dettt tilført lokalt 57 mill. kroner av dette var ca. 30 mill. kr. lønn, havneavgifter og tonnavgift til grunneiere.

Norsk bergverksstatistikk viser klart at produksjonen av kalkstein fra Tromsdalen utgjør en meget viktig nasjonal ressurs når det gjelder produsert volum, salgsverdi og eksportverdi. Produksjonen av industrimineraler, til forskjell fra pukk, sand og grus domineres i Norge som ellers i verden av noen få hjørnesteinsbedrifter som står får nesten all produksjon. For kalksteins vedkommende domineres produksjonen av: Hustad marmor (og underselskaper) og deres produksjon Elnesvågen, Eide og Brønnøysund, Visnes kalk & marmor i Eide, Norcems (Heidelberg cement) produsksjon i Brevik og Kjølpsvik og Verdalskalk i Verdal.

10. Referanser

Hultin I. 1968: Diamantboringer i Tromsdalen kalkfelt Verdal Nord-Trøndelag. NGU rapport 804.

Mineralressurser i Norge 2010, NGU og Dir. for Mineralforvaltning

Skjerlie F.J., Tan T.T. 1961: Geologiske undersøkelser Tromsdalen kalksteinsforekomst NGU rapport 300b

Skjerlie F.J. Gausdal O. 1961: Diamantboringer Tromsdalen kalksteinsforekomst NGU rapport 300B.

Sverdrup T.L. 1966: Geologiske undersøkelser av Tromsdalen, Nord-Trøndelag fylke NGU rapport 725.

Svinndal S. 1973: Diamantboring, geologiske beskrivelse av borer, uttak og analysing av borkjerner fra Tromsdalen kalkfelt, Verdal Nord-Trøndelag NGU rapport 1124.

Svinndal S., Vassbotn S. 1969: Teknisk rapport over diamantboringer ved Tromsdalen Kalkfelt Verdal. NGU rapport 804A

Wolff F. Chr. 1971b: Kjerneboring og kjemisk analyse av fyllitt ved kalksteinsfelt, Tromsdalen NGU rapport 1076B

Wolff, F. Chr. 1971a: Geologisk kartlegging av Tromsdalens kalksteinsfelt, Verda, Nord-Trøndelag NGU rapport 1076.

Wolff F. 1977: Geologisk kart Trondheim 1:250.000, Norges geologiske undersøkelser

Øvereng O., Gautneb H. 1990: Tromsdalen kalksteinsfelt, Råstoffutnyttelse. NGU rapport 90.090.

11. Forklaring av noen geologiske faguttrykk brukt i rapporten

Fyllitt: Bergart som opprinnelige ble avsatt som leire og sandige avsetninger i vann, som senere ved omvandling har blitt en skifrig bergart.

GCC: Ground calcium carbonat, nedmalt kalsium karbonat, den industrielle felles betegnelsen for alle former for knust og nedmalt kalkstein. Vanligvis brukes GCC som betegnelse på finknuste kalksteinsprodukter som fyllstoff til papir og andre formål

Grønnstein: Vulkansk bergart som har blitt utsatt for omvandling, og fått en typisk mørk grønnlig farge.

Kjerneboring: Geologisk prøvetakingsmetode der det bores ut en kontinuerlig steinkjerne, som senere analyseres kontinuerlig langs sin lengde.

Kvarts: mineral som består av 100% SiO_2

Muskovitt: glimmer mineral med formel $\text{K}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{20}(\text{OH})$

Ordovicium: Geologisk tidsepoke fra 495 til 430 millioner år siden

PCC: Perciptated calcium carbonate, kjemisk utfelt kalsitt. Fremstilles med utgangspunkt i brennt kalk.

Plagioklas: Felspat mineral med formel $\text{CaNa)AlSi}_3\text{O}_8$

Sementklinker: Ved produksjon av sement er klinker mellomproduktet som lages ved brenning av kalkstein, sammen med noen andre tilsetningstoffer. Dette gjøres i spesialbygde sementovner.