



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2020-003	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Miljøvariabel Kalkinnhold i Berggrunn: metode for å etablere nasjonale datasett			
Forfatter: Tom Heldal, Espen Torgersen		Oppdragsgiver: Artsdatabanken	
Fylke:		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 38	Pris: 160
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 20.01.2020	Prosjektnr.: 365800	Ansvarlig: Tom Heldal
Sammendrag: <p>Kalkinnhold i berggrunn er en viktig miljøvariabel som det er sterkt ønske om å utvikle som eget karttema i Det Økologiske Grunnkartet. Det er ingen tvil om at berggrunnens sammensetning har betydning for det biologiske mangfoldet, og at Norges geologi, med sin betydelige diversitet, gir opphav til komplekse og store variasjoner over korte avstander. I NiN 2.0. beskrives kalkinnhold (KA) som variasjon i kjemisk sammensetning og forvitringsegenskaper langs en berggrunnsgeologisk gradient fra silikat- til karbonatbergarter. NGU har levert en første versjon av landsdekkende kart over kalkinnhold. I denne rapporten beskriver vi metoden for å etablere dette datasettet, samt hvordan det kan forbedres etter hvert som vi får flere analyser og bedre harmonisering av geologiske kart.</p> <p>Vi tar utgangspunkt i empiriske data (observasjoner av arter på ulike berggrunn), analyser av delvis syreløst bergart (tilgjengelig kalsium) og omsetning til hovedbergarter slik det skal beskrives i ny sosi-standard for berggrunn. Dataene gir oss en gradering av hovedbergarter som samsvarer relativt godt med empiriske data. Etter hvert som vi de nærmeste årene får fullført landsdekkende analyser, vil vi gradvis kunne forbedre og detaljere dette datasettet.</p>			
Emneord:	Kalkinnhold	Berggrunn	
Økologisk grunnkart	Artsdatabanken		

INNHold

Innhold

1. Innledning	5
2. Forutsetninger og metode	8
3. Datasett og analyser	10
4. Analyser av bergartsprøver	11
4.1 Plutonske bergarter	13
4.2 Kalkstein og marmor	18
4.3 Skifertyper	19
4.4 Andre metamorfe bergarter	21
4.5 Gneis	22
4.6 Noen sedimentære bergarter	24
4.7 Kvartsitt	26
4.8 Noen spesielle vulkanske bergarter	26
4.9 Andre bergarter uten tilstrekkelig analysegrunnlag	27
5. Kalkgradient versjon 1.0	28
6. Kobling til grunntyper av bergarter	29
7. Om statistisk variasjon	32
8. Om komplekse bergartsenheter	33
9. Om samvariasjoner med andre elementer	34
10. Konklusjon og perspektiver for Kalkinnhold i berggrunn versjon 2.0	34
11. Vedlegg	35

FIGURER

Figur 1. Kart over kalkinnhold i berggrunn, fem kategorier, Sør-Trøndelag (Solli 2015). Bør kategoriene forklares? Sør-Trøndelag	5
Figur 2. Gjennomsnittsanalyser ICP-AES av Ca for ulike bergartsgrupper.	12
Figur 3. Streckeisen-diagram for plutonske bergarter	13
Figur 4. Ca-innhold i anortositt (ppm). N=29	14
Figur 5. Analyser for dioritt (ppm). N=54	15
Figur 6. Analyser for gabbro (ppm). N=57.	15
Figur 7. Analyser for kvartsdioritt ((ppm). N=33	15
Figur 8. Analyser for larvikitt (en type monzonitt) (ppm). N=13	16
Figur 9, Analyser for monzonitt (utenom larvikitt) (ppm). N=24.....	16
Figur 10. Analyser for mangeritt (en type monzonitt) (ppm). N=30	16
Figur 11. Analyser for syenitt (ppm). N=12.....	17
Figur 12. Analyser for granodioritt (ppm). N=126	17

Figur 13. Analyser for tonalitt/trondhemitt (ppm). N=27	17
Figur 14. Analyser for granitt (ppm). N=337	18
Figur 15. Analyser av kalkstein og marmor (ppm). N=49	18
Figur 16. Analyser av kalkskifer (ppm). N=27	19
Figur 17. Analyser av grønnstein og grønnskifer (ppm). N=65	20
Figur 18. Analyser av fyllitt (ppm). N=88	20
Figur 19. Analyser av glimmerskifer og glimmergneis (ppm). N=271	20
Figur 20. Analyser av biotittskifer (ppm). N=79	21
Figur 21. Analyser av kvartsskifer/metasandstein (ppm). N=37	21
Figur 22. Analyser av amfibolitt (ppm). N=141	22
Figur 23. Analyser av eklogitt (ppm). N=8	22
Figur 24. Analyser av gneis (ppm). N=49	23
Figur 25. Analyser av migmatitt (ppm). N=47	23
Figur 26. Analyser av sandstein (ppm). N=34	24
Figur 27. Analyser av konglomerat (ppm) N=21	25
Figur 28. Analyser av gråvakke (ppm). N=14	25
Figur 29. Analyser av kvartsitt (ppm). N=19	26
Figur 30. Analyser av rombeporfyr (ppm). N=14	26
Figur 31. Analyser av ryolitt (ppm). N=15	27
Figur 32. Variasjoner i kalkinnhold, ICP-AES-analyser, for noen grupper av bergarter.	33
Figur 33. XRF data for CaO og MgO for ulike bergarter. Tall i prosent.	34

TABELLER

Tabell 1. Kalkgradient slik den er beskrevet i NiN (URL: Artsdatabanken)	6
Tabell 2. Bergarter og antatt plassering på KA-gradienten (Etter Halvorsen og Blom 2009). Tallene i kolonnen til høyre viser trinn i kalkinnhold-skalaen (2 lavest, 6 høyest).	7
Tabell 3. Noen kalsiumførende mineraler, deres egenskaper og eksempler på bergarter.	9
Tabell 4. Ny liste for sosi-standard for bergartstyper - Hovedbergarter.	10
Tabell 5. Gjennomsnittsanalyser og rangering av bergartsgrupper etter kalkinnhold, samt en mulig grensdragning av trinn i gradienten.	28
Tabell 6. 112 grunntyper av bergarter og kobling til kalkgradient.	29
Tabell 7. Matrise som beskriver tilskudd fra dominerende hovedbergart i kombinasjon med underordnete/sekundære.	33

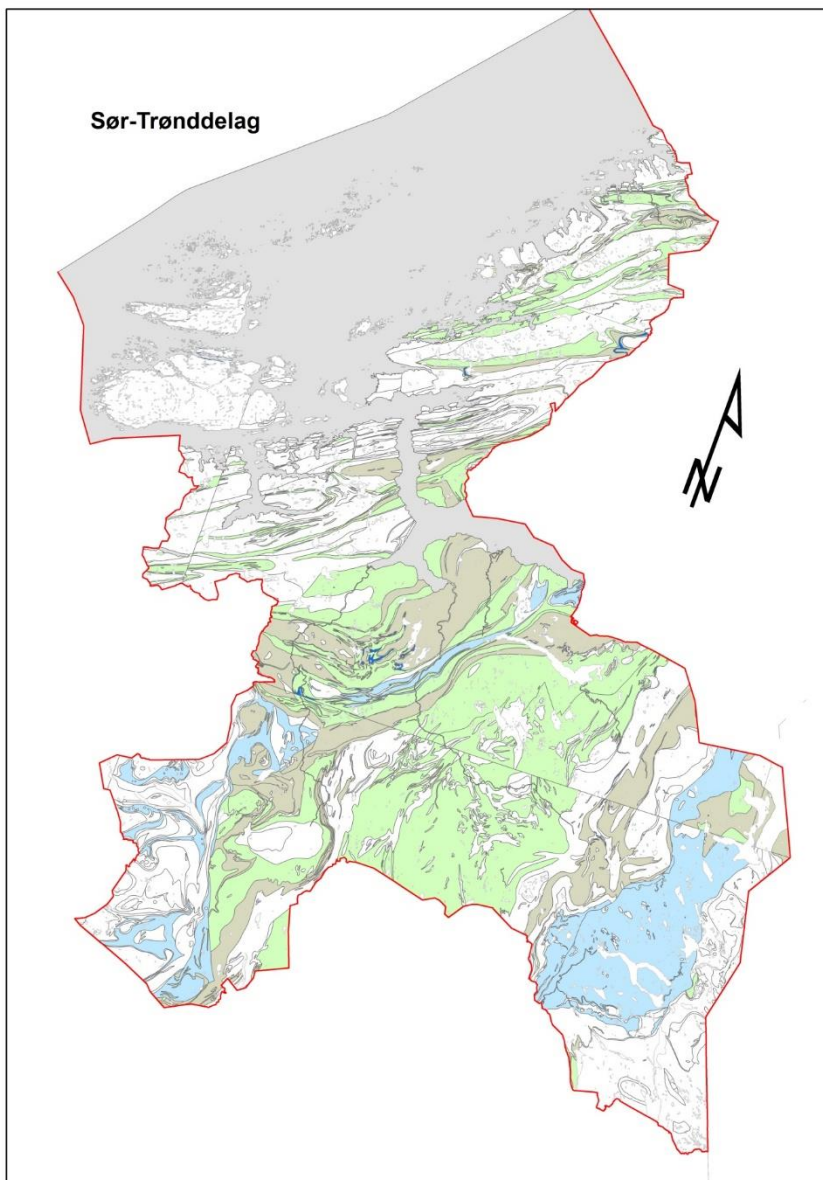
VEDLEGG

Vedlegg 1. Fordeling av LITO-prøver brukt i rapporten.	35
Vedlegg 2. Eksempel: bimodal fordeling av anortositt, der enkelte provinser trekker opp.	36
Vedlegg 3. Gneis; de fleste er svært lave i Ca, men noen trekker opp gjennomsnittet.	37
Vedlegg 4. Konglomerat; kalkholdige formasjoner i Trondheimsfeltet og Rogaland trekker opp snittet.	38

1. Innledning

Kalkinnhold i berggrunn er en viktig miljøvariabel som det er sterkt ønske om å utvikle som eget karttema i Det Økologiske Grunnkartet. Det er ingen tvil om at berggrunnens sammensetning har betydning for det biologiske mangfoldet, og at Norges geologi, med sin betydelige diversitet, gir opphav til komplekse og store variasjoner over korte avstander.

Med utgangspunkt i slike inndelinger, laget NGU flere fylkeskart som Miljødirektoratet tok i bruk i kartlegging i 2015, Figur 1 viser eksempel fra Sør-Trøndelag.



Figur 1. Kart over kalkinnhold i berggrunn, fem kategorier, Sør-Trøndelag (Solli 2015). Bør kategoriene forklares? Sør-Trøndelag

Det er åpenbare kontraster mellom kalksteinsgrunn og kvartsitt, på hver sin ende av skalaen. Noe mindre klart er det hvordan grenser settes mellom bergarter som har intermediære konsentrasjoner av kalk. Miljøvariabelen "kalkinnhold i berggrunn" er kompleks og beskriver ikke nødvendigvis andel kalkmineraler i bergartene.

I NiN2.0. står det om kalkinnhold:

Grunnlaget for variasjon langs kalkinnhold (KA) i naturen er variasjon i kjemisk sammensetning og forvitringsegenskaper langs en berggrunnsgeologisk gradient fra silikat- til karbonatbergarter.

Men samtidig er gradienten basert på observasjoner av arter og grupper av arter, og det kan derfor være mer komplekse samvariasjoner mellom ulike næringsstoffer fra berggrunnen (eks. N, K, Mg, P) enn kalkinnhold alene. Fra et geologisk synspunkt er det interessant, men på dette stadiet vanskelig å teste; vi tror det er for lite empirisk forskningsmateriale tilgjengelig der økosystemer og biologisk mangfold i detalj har blitt satt i sammenheng med finskala geologisk, kompleks variasjon. Dette gjelder for eksempel bergarter som både er kalkrik og fosforrik. Følgelig har vi valgt å bruke kalsium som indikator på gradienten.

Tabell 1 viser NiN-beskrivelsen av [ulike trinn](#) i kalkinnholdgradienten, fem hovedtrinn. Disse er koblet mot grupper av bergarter. Vi har brukt tall 1-5 for enkelhets skyld.

Tabell 1. Kalkgradient slik den er beskrevet i NiN (URL: Artsdatabanken)

Hovedtrinn/undertrinn	Beskrivelse	Typiske bergarter
1 Svært kalkfattig	I skogsmark karakterisert ved liten artspool med vanlige, nøysomme og vidt utbredte arter og forekomst av typiske podsolprofiler	Kvartsitt, sparagmitt, gneis, granitt, anortositt i Rogaland
2 Temmelig/litt kalkfattig	I skogsmark karakterisert ved forekomst av typiske podsolprofiler	Gneis og granitt (grunnfjell)
3 Svak intermediær	I skogsmark karakterisert ved forekomst av podsol-liknende jordprofiler	Fattig skifer, amfibolitt og sandstein
4 Litt kalkrik	I skogsmark karakterisert ved forekomst av ekte brunjordsprofiler	Glimmerskifer og fyllitt
5 Svært kalkrik	Karakterisert ved forekomst svært stor artspool med mange mindre vanlige arter; jord typisk dannet av reine karbonatbergarter; ekstremtrinnet omfatter steder med direkte innflytelse fra karbonatbergarter, f.eks. nakent kalkberg.	Dolomitt og marmor

Trinnene bygger i stor grad på Halvorsen og Blom (2009)¹ og Elvebakk og Halvorsen (2009)². Fra førstnevnte har vi sakset en tentativ liste med ulike bergarter og antatt plassering på gradienten (KA)(Tabell 2). Merk at de begynner skalaen på 2, slik at det mest kalkrike av trinnene er 6. 1-5 i Tabell 1 tilsvarer altså 2-6 i Tabell 2.

Tabell 2. Bergarter og antatt plassering på KA-gradienten (Etter Halvorsen og Blom 2009). Tallene i kolonnen til høyre viser trinn i kalkinnhold-skalaen (2 lavest, 6 høyest).

Bergart	KA
Dolomitt	6
Kalkstein	(5-)6
Marmor	5-6
Leirstein/skifer	(5-)6
Alunskifer	(5-)6
Fyllitt	5-6
Basalt	4-5
Grønnstein/skifer	5
Diabas	4-5?
Gabbro	(4-)5
Hornfels	4-5
Pegmatitt	4-5?
Glimmerskifer	5?
Amfibolitt	4
Nefelinsyenitt	4?
Dioritt	4?
Peridotitt	3-4(-5)
Rombeporfyr	4
Eklogitt	(3-)4?
Trakytt	3-4?
Monzonitt	3-4?
Syenitt	(3-)4?
Tonalitt	(3-)4?
Sandstein	(2-)3-4(-5)?
Granodioritt	3-4
Serpentinitt	3(-4)?
Gneis	2-3(-4)
Granitt	2-3
Anortositt	2-3?
Ryolitt	2-3
Sparagmitt	2(-3)
Kvartsitt	2(-3)

I denne rapporten ønsker vi å se nærmere på denne erfaringsmessige inndelingen, og særlig vurdere hvordan dette kan knyttes eller ikke knyttes til geokjemiske

¹ Halvorsen, R. & Blom, H. 2009. Det geologiske kunnskapsgrunnlaget for økoklinene kalkinnhold (KA) og tungmetallinnhold (TU). Naturtyper i Norge versjon 1.0 Artikkel 19: 1-10.

² Elvebakk, A. & Halvorsen, R. 2009. Sammenhenger mellom økokliner relatert til mineralnæring. Naturtyper i Norge versjon 1.0 Artikkel 27: 1-6.

analyser av bergarter innsamlet under [NGUs LITO-program](#). Programmet har samlet inn totalt ca 3500 prøver fra hele fastlandet. I arbeidet med denne rapporten og kart for kalkinnhold i berggrunn har vi benyttet et begrenset antall ferdige analyser fra dette programmet. Selv om disse data er noe mangelfulle for en del bergartstyper, mener vi at de gir et godt metodisk underlag.

Parallelt med utvikling av kalkinnhold i berggrunn, har NGU arbeidet med en ny sosisstandard for berggrunnsgeologi samt harmonisering av et nytt landsdekkende 1:250 000 datasett. Det arbeidet er nå ferdig, og NGU har startet med å gjøre det samme for 1:50 000 data.

2. Forutsetninger og metode

Vi har oppfattet mandat og bakgrunn for metodikken slik at vi tar utgangspunkt i de nasjonale datasett som eksisterer og som kan gi en rimelig god geografisk treffsikkerhet, altså berggrunnsgeologiske kart i skala 1:250 000 og 1:50 000.

Vi har videre valgt å benytte tilgjengelig (løsbar) kalsium som en tilnærming til kalkinnhold i bergarter.

Når vi ser på kalsium som grunnstoff i bergartene, er dette normalt knyttet til enkelte vanlige, bergartsdannende mineralgrupper; karbonatmineraler (kalkspat, dolomitt, magnesitt), feltspatmineraler (plagioklas), pyroksen og amfibol. Men siden vi er interessert i den kalsium som er tilgjengelig for jordsmonndannelse, må vi ta disse mineralenes løselighet i betraktning sammen med andre faktorer som påvirker bergartenes nedbrytning gjennom forvittringsprosesser, som for eksempel skiffrighet.

Karbonatmineralene er meget løselige, kalkspat mer enn dolomitt og magnesitt, men i det store og det hele er kalsium fra slike mineraler tilgjengelig for jordsmonnet. Feltspatmineralet plagioklas er annerledes. Det er egentlig en gruppe mineraler som varierer fra ren natrium-plagioklas (albitt) til ren kalsium-plagioklas (anortitt). Innimellom finnes forskjellige typer avhengig av kalsium-natriumforholdet. Disse er anortitt (90-100% Ca versus Na), bytownitt (70-90%), labradoritt (50-70%), andesin (30-50%), oligoklas (10-30%) og albitt (0-10%). Av stor betydning er det at løselighet til plagioklas varierer med sammensetning: De kalsiumrike plagioklasene er vesentlig mer løselig enn de kalsiumfattige.

Dette gir en del implikasjoner. Granodioritter og tonalitter inneholder temmelig mye plagioklas, men det er av en type med lav løselighet (natrium dominerer over kalsium). Anortositt er en bergart som inneholder nesten kun plagioklas, men det er kun noen typer anortositt som fører lett-løselig plagioklas med høyt kalsiuminnhold. Følgelig kan tilgjengeligheten av kalsium i anortositt variere mye.

Innenfor pyroksen gruppen er det de såkalte klinopyroksener som fører kalsium. De er noe mindre løselig enn ortopyroksener, men kan likevel bidra til jordsmonnet. Det samme gjelder amfibolmineralene (monokline). En del monokline amfiboler er dannet ved lave temperaturer, slik som aktinolitt-tremolitt. Disse er mer motstandsdyktig mot forvitring enn f.eks. hornblende.

Tabell 3 oppsummerer noen grunnleggende egenskaper for kalsium-førende, bergartsdannende mineraler.

Tabell 3. Noen kalsiumførende mineraler, deres egenskaper og eksempler på bergarter.

Mineral	Bidrag	Prosess	Vanlige bergarter
Kalkspat	Høyt	Løselighet	Kalkstein, marmor
Dolomitt	Høyt	Løselighet	Dolomitt
Høy Ca-Plagioklas	Moderat	Løselighet, hydrolyse	Anortositt, gabbro, grønnstein/skifer, basalt, (dioritt)
Lav Ca-plagioklas	Lite	Hydrolyse	Granitt, sandstein, granodioritt, tonalitt, monzonitt, dioritt, gabbro, basalt, grønnstein/skifer
Ca-pyrosken	Moderat-lite	Oksidasjon, hydrolyse	Gabbro, basalt, kalksilikatgneis
Ca-amfibol	Moderat-lite	Oksidasjon, hydrolyse	Gabbro, grønnstein/skifer, amfibolitt, amfibolgneis, amfibolskifer

Geokjemiske analyser av bergarter kan utføres med forskjellige metoder og utstyr. I hovedsak analyseres pulver fra knust stein. Dette pulveret kan limes sammen til tabletter, smeltes til å forme glasstabletter (begge for XRF-analyser) eller løses i syre. Ved bruk av sistnevnte metode analyseres det oppløste materialet i en [ICP-AES](#) ("Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy"). Med mindre det brukes syre som oppløser hele bergarten, vil det være uløselige rester. Med andre ord, det som analyseres er det som løses opp. Derfor brukes metoden i økende grad for å analysere næringsstoffer i landbruksjord. Vi har valgt å benytte ICP-AES for å studere kalkinnhold, siden vi mener det gir et mer realistisk bilde av næringsstoffer i bergartene som er/blir tilgjengelig for planter enn analyser av hele bergarten. For prospektering og miljøundersøkelser basert på faste prøver benytter NGU-Lab rutinemessig autoklav-ekstraksjon etter Norsk Standard NS-4770. Det er slike analyser fra LITO-prosjektet vi har benyttet i denne rapporten.

Det finnes svakheter med å benytte denne metoden alene, i hovedsak:

- Som nevnt i innledningen kan det finnes samvariasjoner mellom flere elementer som totalt gir grobunn for såkalt kalkrike arter, for eksempel Mg (Halvorsen og Blom 2009). Vi har på dette tidspunktet valgt å ikke gå mye nærmere inn på denne problemstillingen, men kjørt en liten test på sistnevnte seinere i rapporten.
- Kjemisk forvitring av bergarter og jordsmonndannelse er ikke bestemt av bergartsgruppens egenskaper alene. Noen bergarter innen en gruppe forvitrer lettere enn andre, fordi de er mer skifrig og oppsprukket, for eksempel. En gråvakke forvitrer som regel langsommere enn en fyllitt med omtrent samme mineralogi og kjemisk sammensetning, fordi skifriheten til sistnevnte fører til en raskere tilgjengeliggjøring av næringsstoffer gjennom hurtigere mekanisk forvitring.
- Tid er også en vesentlig faktor. I Norge er forvitring og jordsmonndannelse over store arealer ungt i geologisk forstand, det vil si etter siste istid. Men innimellom finnes jordsmonn som har overlevd alle istidene og til og med kan spores tilbake mer enn 100 millioner år til tropiske forhold. Slike soner kan

avvike mye fra det vi kan betegne som normalen i Norge, og bør behandles som avvikende i denne sammenheng.

- Tilsvarende kan vi si at både kort- og langtransporterte løsmasser i Norge i en del tilfeller vil gi en annen signatur på kalkinnhold enn berggrunnen under. Mest ekstremt er tilfeller med skjellsand avsatt på kalkfattige bergarter. Slike aspekter bør behandles i en senere fase som integrerer ulike geologiske data.

3. Datasett og analyser

En ny sosi-standard for berggrunnsdata etablerer en ny og forlenget liste over grunntyper av bergarter (hovedbergarter, Tabell 4). Alle flater i digitale datasett som NGU publiserer om berggrunn skal inneholde hovedbergartsnavn. Hittil er denne transformasjonen utført i skala 1:250 000. Det vil ta lengre tid med 1:50 000 skala, blant annet siden det finnes omtrent 8000 unike tegnforklaringer som må oversettes.

I tilfeller der en geologisk enhet inneholder flere hovedbergarter, vil inntil tre kolonner i datasettet være sekundære (underordnede bergarter). Det vil gi et større rom for en mer detaljert analyse av slike blandingssoner. I tillegg kan flater sorteres også på alder, metamorf grad og ulike enheter av skyvedekker. Det vil gi et stort rom for mer detaljert undersortering av datasettene.

I denne rapporten har vi kun benyttet dominerende hovedbergart og sett på variasjon nasjonalt.

Tabell 4. Ny liste for sosi-standard for bergartstyper - Hovedbergarter. De tre siste i tabellen (blå tekst) er vanskelig å relatere til kjemisk sammensetting, men også svært uvanlige bergarter i Norge.

Plutonsk (dyp?bergart)	Hornblenditt	Vulkansk breksje	Glimmerskifer	Kvartsdiorittisk gneis
Alkalifeltspatgranitt	Charnockitt	Lapillituff	Granatglimmerskifer	Monzonittisk gneis
Granitt	Mangeritt	Tuff	Kalkfyllitt	Diorittisk gneis
Granodioritt	Enderbitt	Sedimentær bergart	Kalkglimmerskifer	Ortopyroxengneis
Tonalitt	Anortositt	Leirstein	Skarn	Migmatitt
Trondhemitt	Karbonatitt	Slamstein	Aluminiumsilikatskifer	Øyegneis
Alkalifeltspatsyenitt	Mafisk gang (Diabas, Doleritt)	Siltstein	Amfibolskifer	Båndgneis
Syenitt	Lamprofyr	Sandstein	Grafittskifer	Grønnskifer
Monzonitt	Pegmatitt/aplitt	Gråvakke	Klorittskifer	Grønnstein
Monzodioritt	Vulkansk bergart	Arkose	Marmor	Amfibolitt
Larvikitt	Felsisk vulkansk bergart	Konglomerat	Dolomittmarmor	Granatamfibolitt
Kvartsdioritt	Ryolitt	Kvartsarenitt	Metasandstein	Metagabbro
Dioritt	Ryodacitt	Sedimentær breksje	Metagråvakke	Eklogitt
Gabbro	Dacitt	Tillitt	Meta-arkose	Serpentinitt
Noritt	Intermediær vulkansk bergart	Diamiktitt	Kvartsitt	Kleberstein
Kvartsmonzonitt	Trakytt	Mergelstein	Kvartsskifer	Albititt/Skapolititt

Nefelinførende bergart	Rombeporfyr	Kalkstein	Metakiselstein	Hydrotermalkvarts
Peridotitt	Latitt	Dolomittstein	Glimmergneis	Mylonitt
Dunitt	Andesitt	Kiselstein	Kalksilikatbergart	Kataklasitt
Harzburgitt	Mafisk vulkansk bergart	Tuffitt	Aluminiumsilikatgneis	Tektonisk breksje
Wehrlitt	Basalt	Båndet jernmalm	Amfibolgneis	Nedslagsbreksje
Lherzolitt	Mg-rik lava (Komatiitt, Boninitt)	Metamorf bergart	Granittisk gneis	
Websteritt	Nefelinførende lava	Leirskifer	Granodiorittisk gneis	
Pyroksenitt	Pyroklastisk bergart	Fyllitt	Tonalittisk gneis	

Vi har brukt de geokjemiske analyser (ICP-AES) som hittil har vært tilgjengelig fra LITO-prosjektet. Totalt 1973 analyser ble benyttet i utgangspunktet. Noen ble forkastet fordi bergartstype/gruppe er dårlig definert eller vanskelig å oversette til hovedbergarter, noen fordi de ga ekstreme verdier og noen fordi XRF-analysene viste avvikende verdier i forhold til klassifiseringen som er gitt (feil bergartsklassifisering under logging av LITO-kjerner).

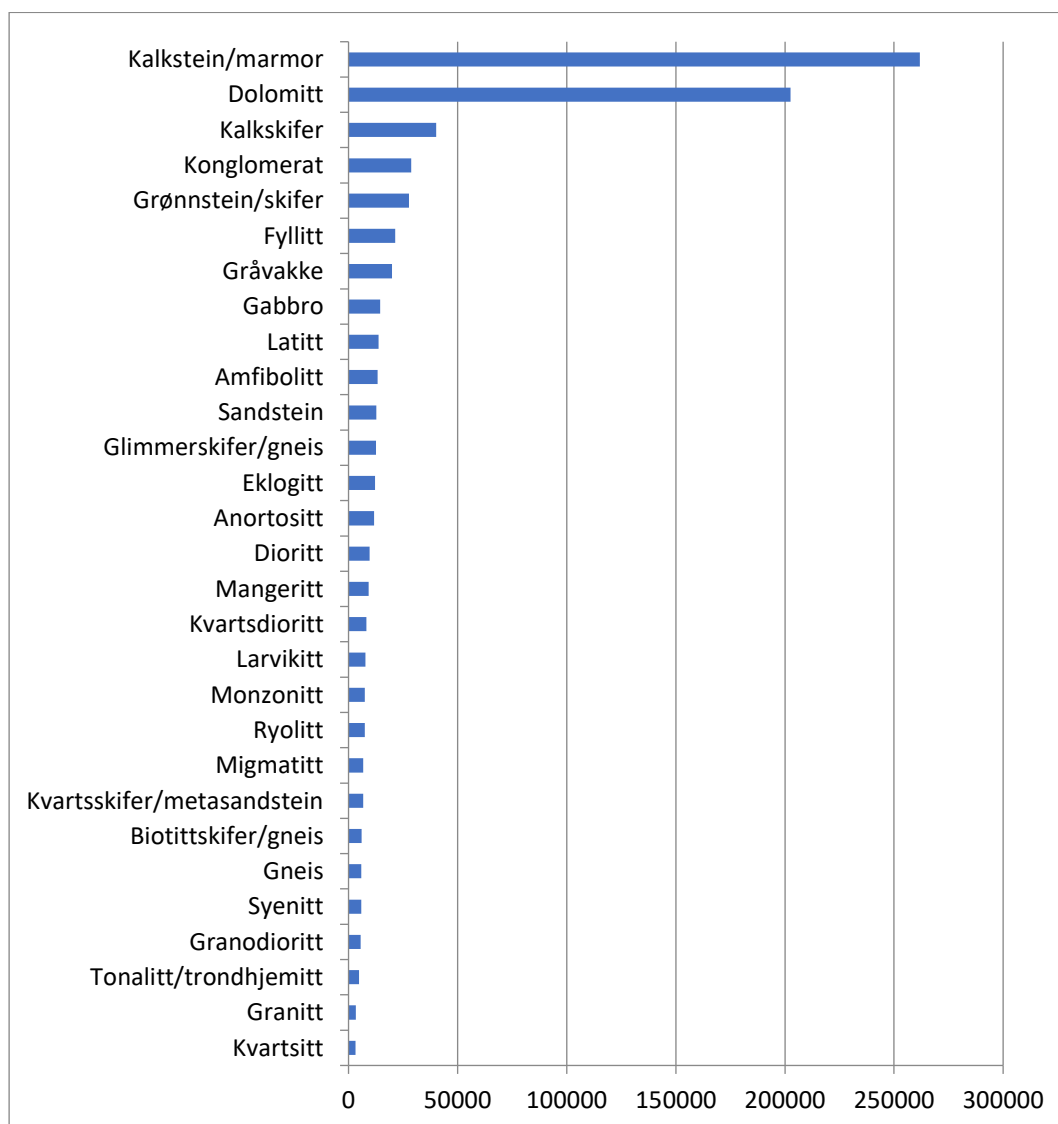
4. Analyser av bergartsprøver

I Figur 2 er gjennomsnittsanalyser av Ca for en del grupper av bergarter angitt i ppm. (er dette foretrukket enhet – hvorfor ikke vekt%??) Merk at analysene kun viser en relativ sammenheng mellom bergarter og ikke et absolutt innhold. Sammenligning med

Bergart	KA
Dolomitt	6
Kalkstein	(5-)6
Marmor	5-6
Leirstein/skifer	(5-)6
Alunskifer	(5-)6
Fyllitt	5-6
Basalt	4-5
Grønnstein/skifer	5
Diabas	4-5?
Gabbro	(4-)5
Hornfels	4-5
Pegmatitt	4-5?
Glimmerskifer	5?
Amfibolitt	4
Nefelinsyenitt	4?
Dioritt	4?
Peridotitt	3-4(-5)
Rombeporfyr	4
Eklogitt	(3-)4?
Trakytt	3-4?

Monzonitt	3-4?
Syenitt	(3-)4?
Tonalitt	(3-)4?
Sandstein	(2-)3-4(-5)?
Granodioritt	3-4
Serpentinitt	3(-4)?
Gneis	2-3(-4)
Granitt	2-3
Anortositt	2-3?
Ryolitt	2-3
Sparagmitt	2(-3)
Kvartsitt	2(-3)

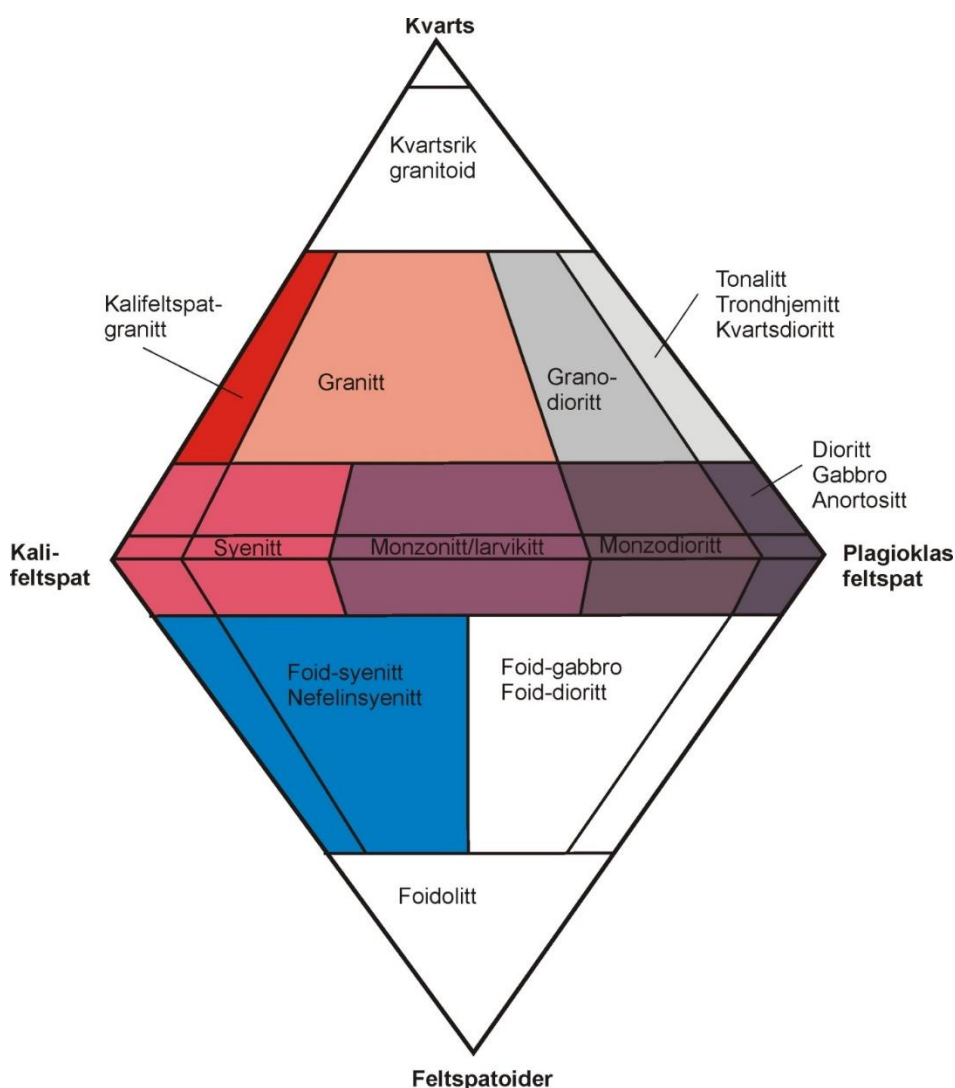
viser at med få unntak, er det ganske stort samsvar mellom rekkefølgen på kalkinnhold i bergartene. Det tilsier at ICP-AES synes å være en god metode til å studere tilgjengelig kalsium i bergarter. I det følgende tar vi for oss gruppe for gruppe av bergarter, før vi mot slutten ser på implikasjoner for geologiske kart.



Figur 2. Gjennomsnittsanalyser ICP-AES av Ca for ulike bergartsgrupper.

4.1 Plutonske bergarter

Plutonske bergarter (også kalt dypbergarter) har størknet fra magma dypt under jordoverflaten. De varierer kjemisk og mineralogisk, fra "mafiske" (høyt jern og magnesium og mørke mineraler) til "felsiske" (høy silisium-aluminium og lyse mineraler (kvarts-feltspat)). Det er i første rekke mafiske og intermediære bergarter som fører kalsiummineraler og samtidig kan ha lav motstand mot kjemisk forvitring. Det vil si gabbro, dioritt, anortositt og monzonitt. Et Streckeisen-diagram (Figur 3) gir en god oversikt over hvordan plutonske bergarter varierer i forhold til innhold av kvarts, plagioklastype og såkalte foider (for eks. nefelin).



Figur 3. Streckeisen-diagram for plutonske bergarter.

Anortositt er en plutonsk bergart som vesentlig inneholder plagioklas-feltspat. Ortopyrokseen er et annet vanlig mineral i enkelte anortositter. Plagioklasen i anortositter varierer fra andesin til bytownitt. Andesin og labradoritt er mest vanlig, men vi finner bytownitt i enkelte områder, slik som mellom Mjølfjell og Gudvangen i Hordaland.

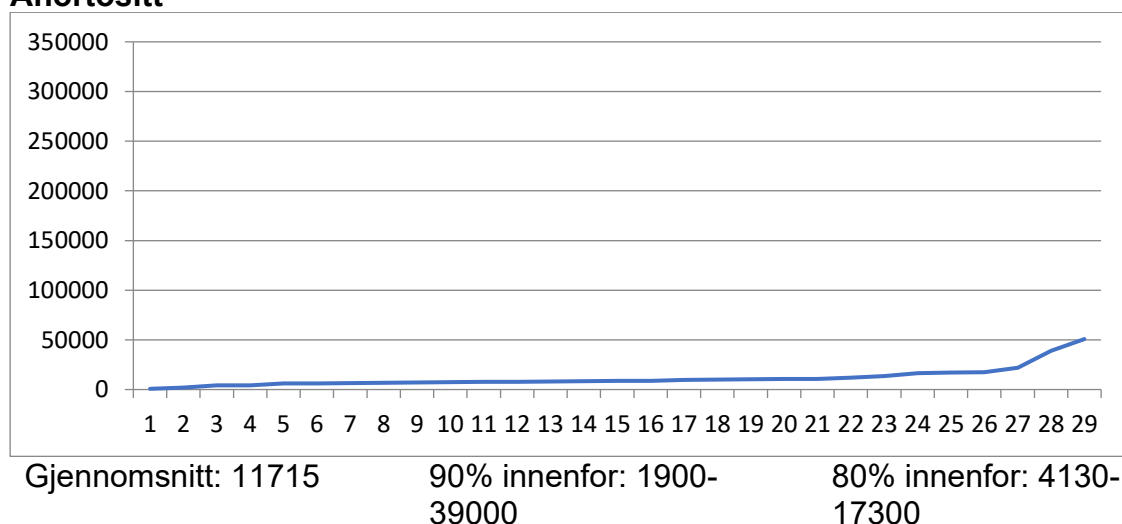
I Figur 4 er analyser av anortositter. Gjennomsnitt er ganske høyt i forhold til f.eks. granitt, selv om flere anortosittfelt i Norge er kjent for usedvanlig skrinnet vegetasjon (kalkfattig). Det er flere årsaker til dette: De mest kalsiumrike anortosittene drar opp snittet noe. Dette skyldes at disse er mye mer løselig enn majoriteten. I tillegg er anortositt ofte meget motstandsdyktig mot mekanisk forvitring, slik at det er færre angrepspunkter for kjemisk forvitring. Anortositt er en bergartsgruppe som krever litt mer innsats mht fininndeling av typer i forskjellige deler av Norges berggrunn.

Dioritt inneholder plagioklas i tillegg til amfibol og/eller pyroksen. Plagioklasen er kalsiumfattig og lite løselig (andesin) og følgelig vil vi forvente at bergarten plasserer seg et sted mellom granitt og gabbro mht kalkinnhold, og sammen med de minst løselige anortosittene; det stemmer godt med analysene i Figur 5.

Gabbro kan mht mineralinnhold minne om dioritt (Figur 6), men feltspaten er mer kalsiumrik og vi ser normalt også mer ortopyroksen i gabbro. Analysene grupperer seg som forventet; gabbro er erfaringsmessig intermediær vedr. kalkinnhold. Imidlertid ser vi noen avvik i bunn og topp; dette kan skyldes særlige forhold i noen gabbroprovinser, slik som kornstørrelse, eller at bergarten ikke er rett klassifisert. Likevel scorer gabbro høyest i gjennomsnitt av de plutonske bergartene.

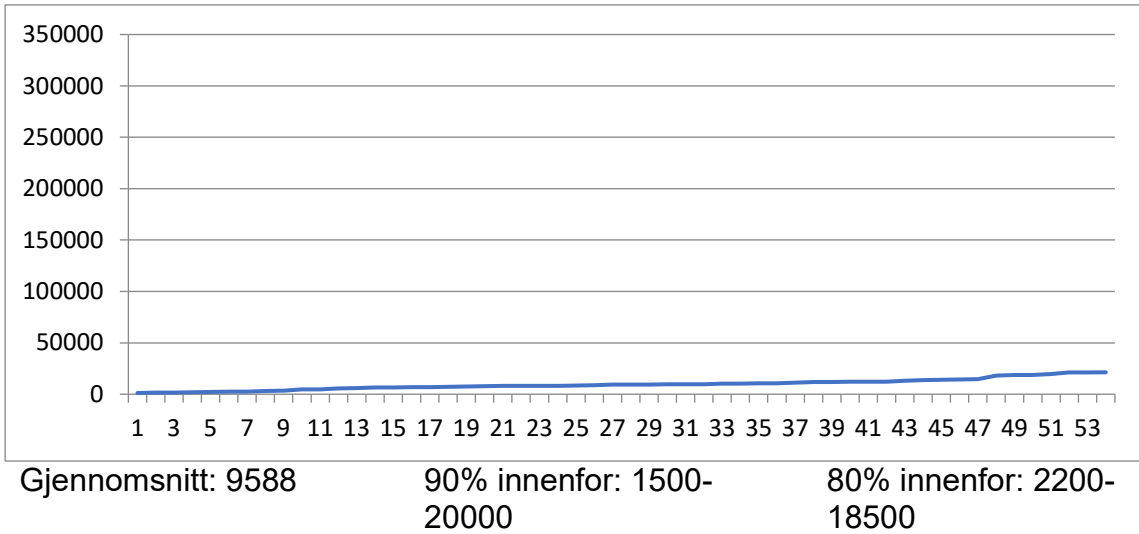
De intermediære plutonske bergartene (kvartsdioritt (Figur 7), larvikitt (Figur 8), monzonitt (Figur 9), mangeritt (Figur 10) og syenitt (Figur 11) grupperer seg stort sett sammen, med unntak av syenitt, som har en signatur i det lave sjiktet (kalkfattig) mer lik granitoider (granodioritt (Figur 12), tonalitt/trondhemitt (Figur 13) og granitt (Figur 14)).

Anortositt



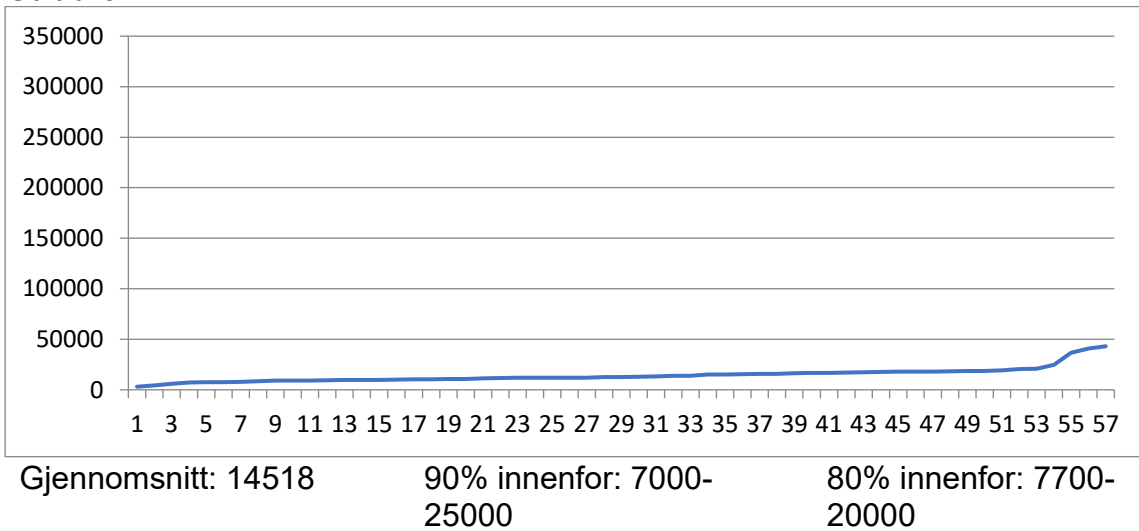
Figur 4. Ca-innhold i anortositt (ppm). N=29

Dioritt



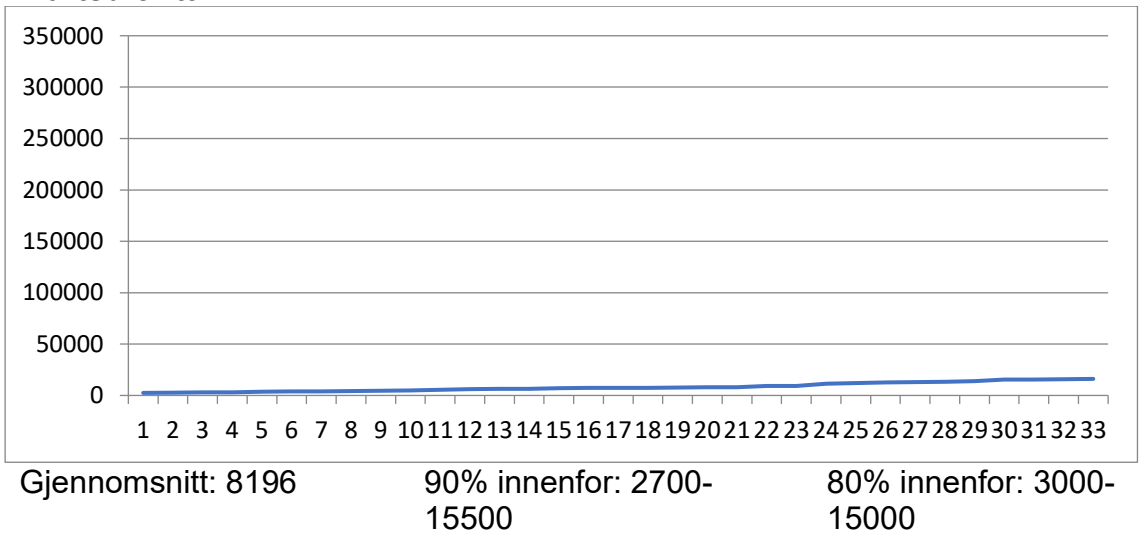
Figur 5. Analyser for dioritt (ppm). N=54

Gabbro



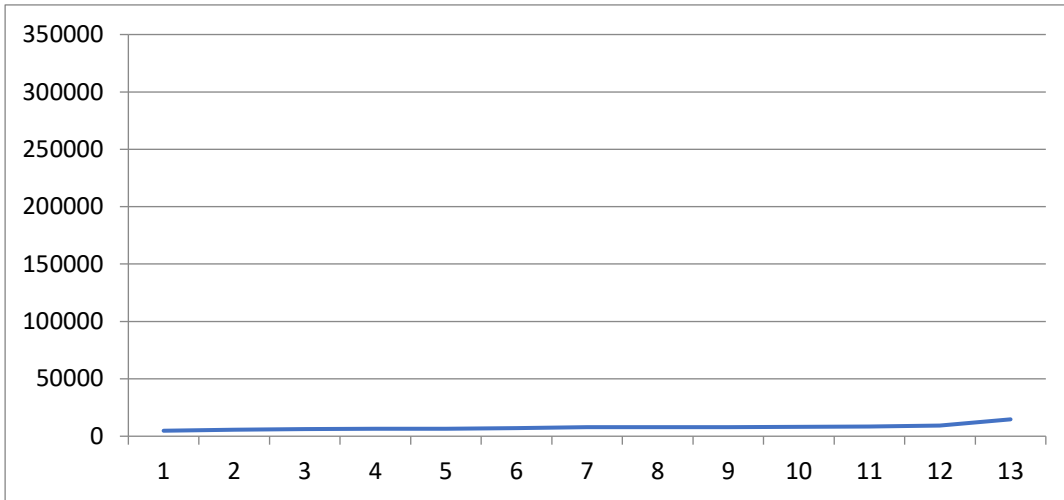
Figur 6. Analyser for gabbro (ppm). N=57.

Kvartsdioritt



Figur 7. Analyser for kvartsdioritt (ppm). N=33

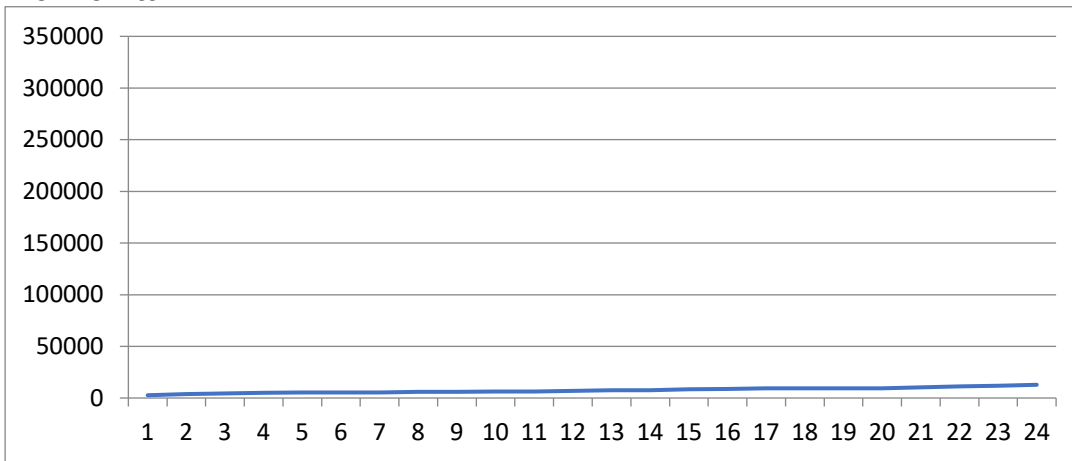
Larvikitt



Gjennomsnitt: 7746 90% innenfor: 80% innenfor:

Figur 8. Analyser for larvikitt (en type monzonitt) (ppm). N=13

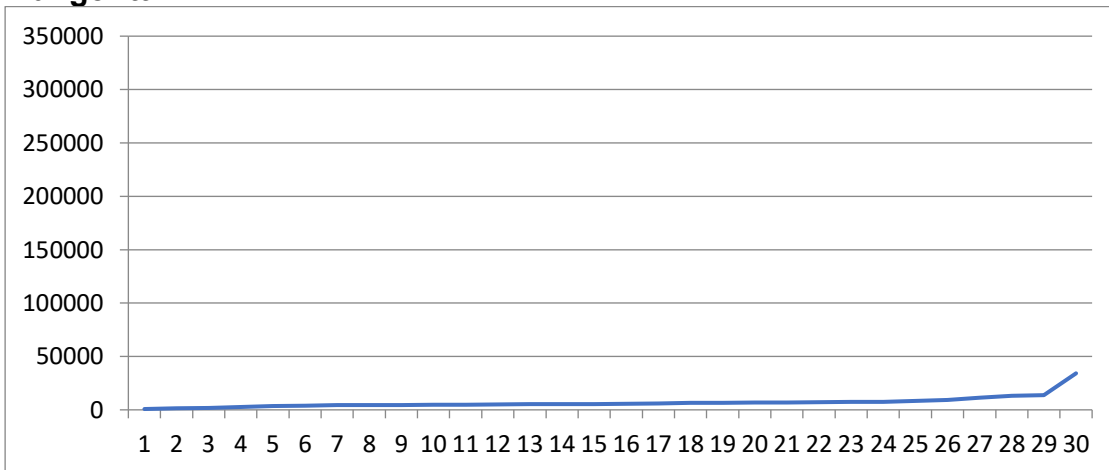
Monzonitt



Gjennomsnitt: 7481 90% innenfor: 80% innenfor:

Figur 9. Analyser for monzonitt (utenom larvikitt) (ppm). N=24

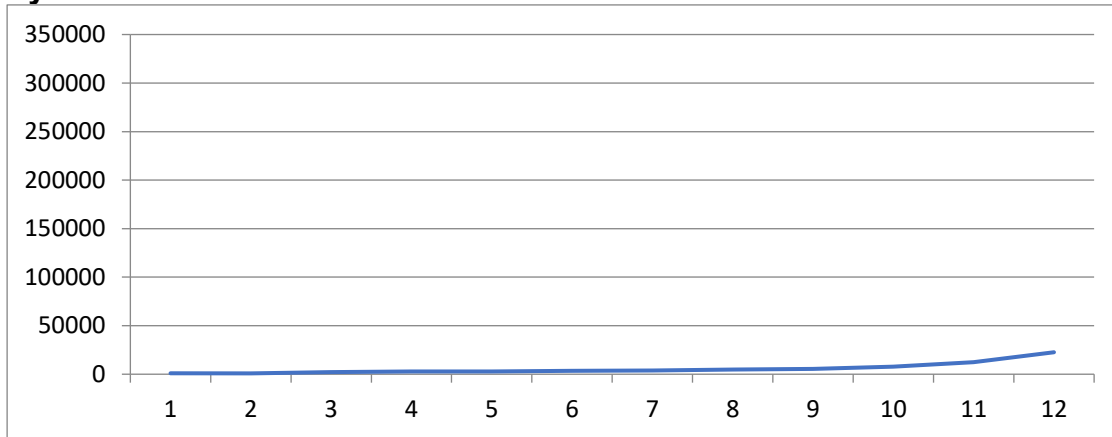
Mangeritt



Gjennomsnitt: 6962 90% innenfor: 1300-15000 80% innenfor: 2500-12000

Figur 10. Analyser for mangeritt (en type monzonitt) (ppm). N=30

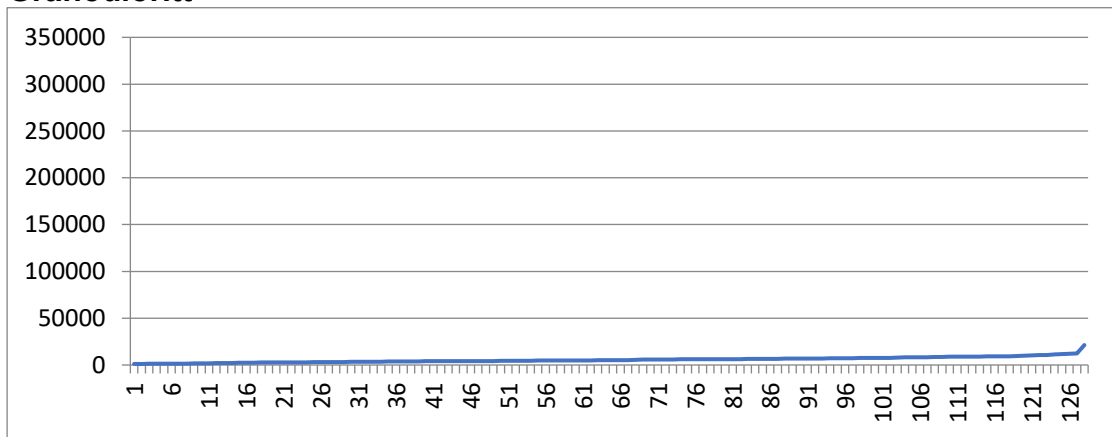
Syenitt



Gjennomsnitt: 5788 90% innenfor: 80% innenfor:

Figur 11. Analyser for syenitt (ppm). N=12

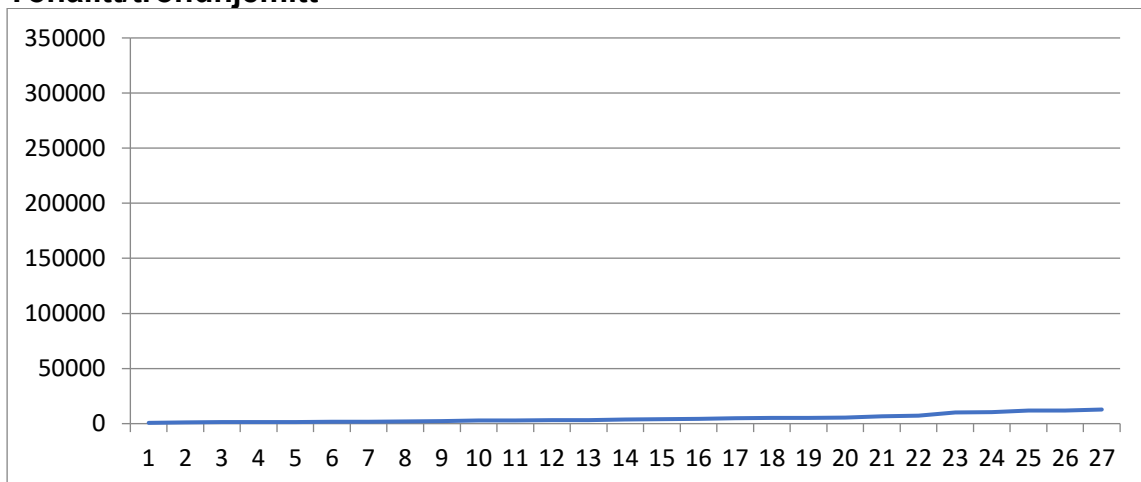
Granodioritt



Gjennomsnitt: 5594 90% innenfor: 1650-10500 80% innenfor: 2000-9200

Figur 12. Analyser for granodioritt (ppm). N=126

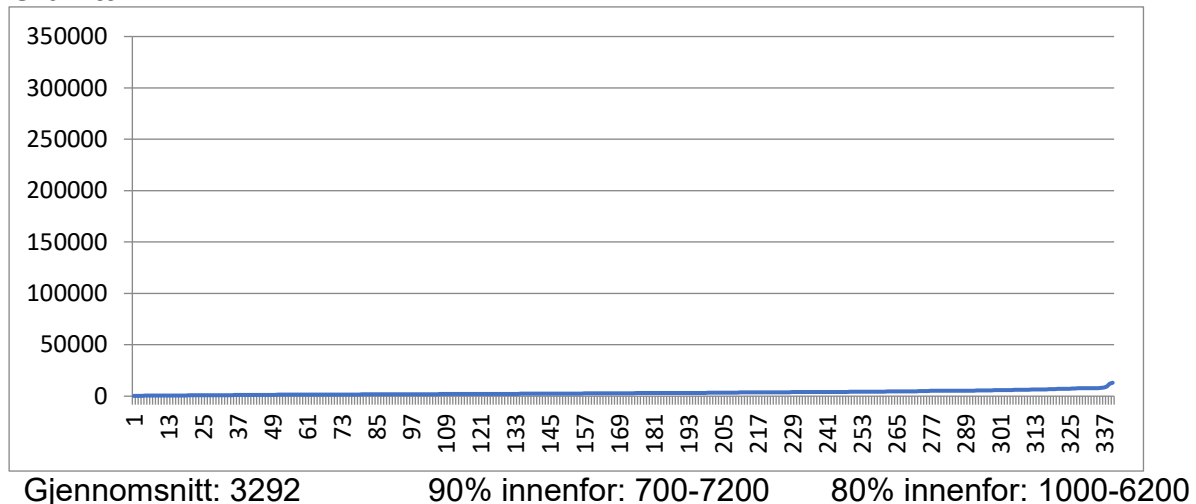
Tonalitt/trondhemitt



Gjennomsnitt: 4813 90% innenfor: 80% innenfor:

Figur 13. Analyser for tonalitt/trondhemitt (ppm). N=27

Granitt

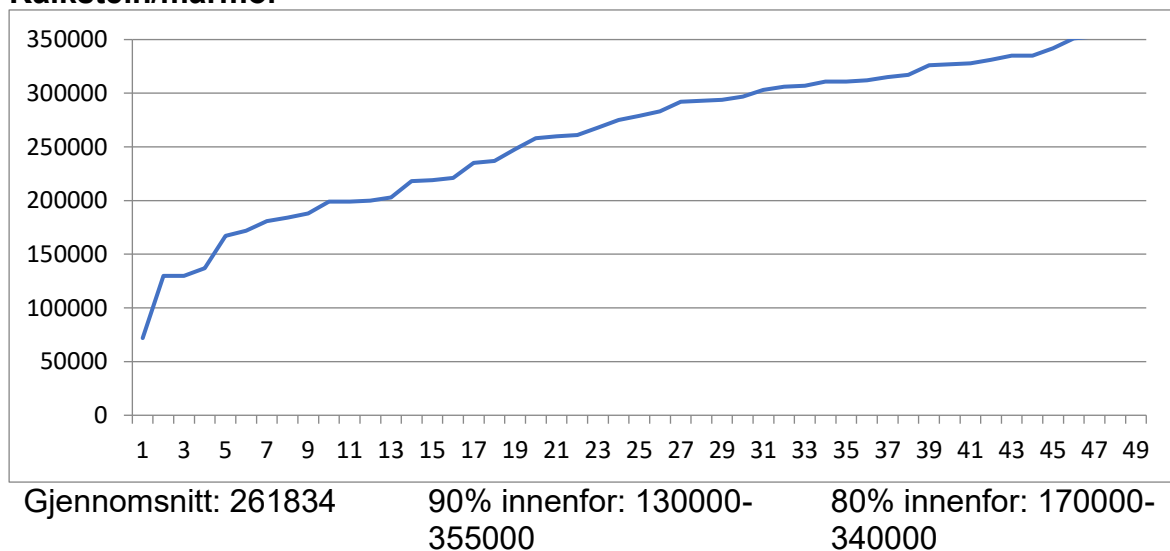


Figur 14. Analyser for granitt (ppm). N=337

4.2 Kalkstein og marmor

Det meste av kalkstein i Norge er omdannet til marmor. Unntakene finner vi på deler av Østlandet. Mineralogisk er de imidlertid like, der kalkspat er det viktigste mineralet. Kalkspat er lett løselig og gir et hurtig bidrag til jordsmonn. Som forventet gir disse bergartene høye Ca-verdier (Figur 15). Dolomitt er et karbonatmineral med jern og magnesium innblandet med kaliumkarbonat. Dolomitt har noe lavere løselighet enn kalkspat. Vi har kun to analyser av dolomitt, begge rundt 200 000 ppm Ca. Dette er som ventet litt lavere enn kalkstein og marmor. Som vi ser, ligger begge skyhøyt over andre bergarter, og definerer ekstremt kalkrikt- eller kalkgrunn.

Kalkstein/marmor



Figur 15. Analyser av kalkstein og marmor (ppm). N=49

4.3 Skifertyper

Skifer av ulike slag er en svært vanlig bergart i Norge, men kan ha meget varierende geokjemi og motstandsdyktighet mot kjemisk og mekanisk forvitring. Skillelinjene går mellom hva skiferen er dannet fra (leire, sand, lava) og hvilken omdanning (metamorfose) den har gjennomgått. Både leirskifer, fyllitt, glimmerskifer og glimmergneis kan alle være dannet fra leirrike sedimenter, men graden av metamorfose (trykk-temperaturpåvirkning) bestemmer klassifiseringen.

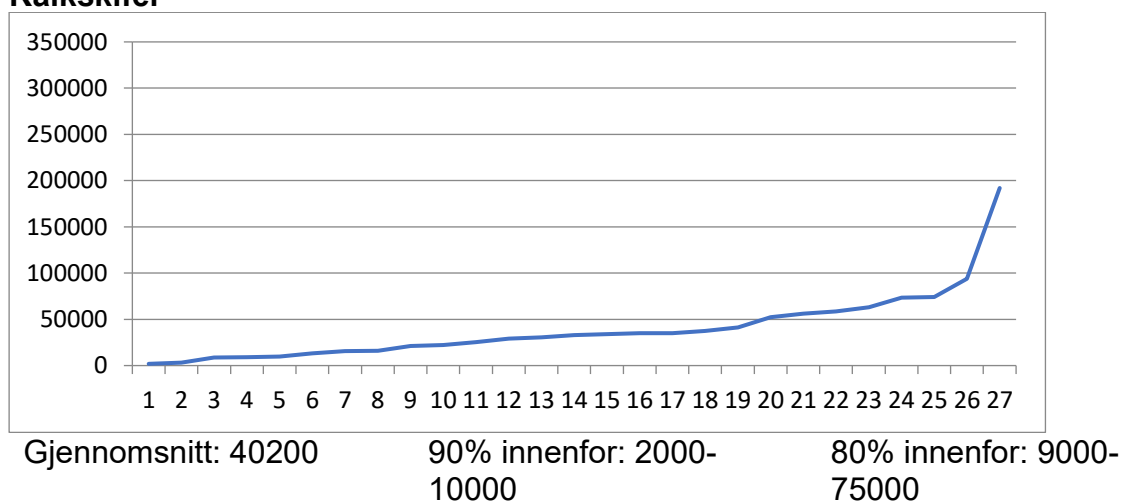
Ved økende metamorfose forandres en del egenskaper; bergartene blir mer motstandsdyktig mot forvitring, og evt. fri kalk går over i andre mineraler. Glimmerskifer og glimmergneis gir erfaringsmessig således mindre bidrag av kalk til jordsmonn enn leirskifer og fyllitt. Kalkskifer forekommer på NGUs kart og dreier seg som regel om skifer der det er observert frie kalkmineraler. Slik skifer skal altså gi mer Ca-bidrag enn for eksempel gjennomsnittet av fyllitt og leirskifer.

I motsatt ende av skalaen har vi kvartsskifer (noen ganger kalt meta-arkose), som er forskifret sandstein, normalt med hovedmineralene kvarts, feltspat og lys glimmer (muskovitt). Rent mineralogisk er slik skifer ofte lik en granitt, bortsett fra at en del feltspat har gjennom knusning og rekryllisasjon delvis blitt omdannet til glimmer. Biotittskifer er en variant som inneholder mye sort glimmer (biotitt) enten i stedet for eller, som regel, i tillegg til lys glimmer.

Grønnstein og grønnskifer er også meget vanlig i norsk geologi. Dette er mafiske vulkanske bergarter (basalt, tuff) som er omdannet gjennom metamorfose i lav til middels grad. Kalk er vanlig i grønnskifer, noe som reflekteres i analysene. I diagrammene under er det gitt analyser for følgende bergarter (med synkende kalkinnhold): Kalkskifer (Figur 16), grønnskifer/stein (Figur 17), fyllitt (Figur 18), glimmerskifer/gneis (Figur 19), biotittskifer/gneis (Figur 20) og kvartsskifer/metasandstein (Figur 21).

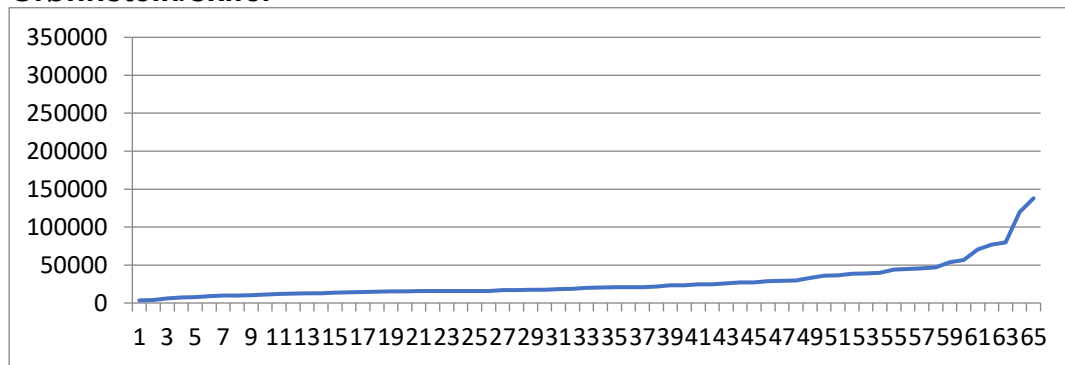
Merk at det er ganske store variasjoner innenfor gruppene. Det har nok en betydelig komponent av regional variasjon; noen enheter av glimmerskifer har for eksempel høyere kalkinnhold enn andre. Det er likevel en ganske klar tredeling i gruppa: 1) kalkskifer, 2) grønnstein/grønnskifer og fyllitt/leirskifer, og 3) biotittskifer og kvartsskifer. Glimmerskifer og -gneis ligger og vipper mellom 2) og 3).

Kalkskifer



Figur 16. Analyser av kalkskifer (ppm). N=27

Grønnstein/skifer



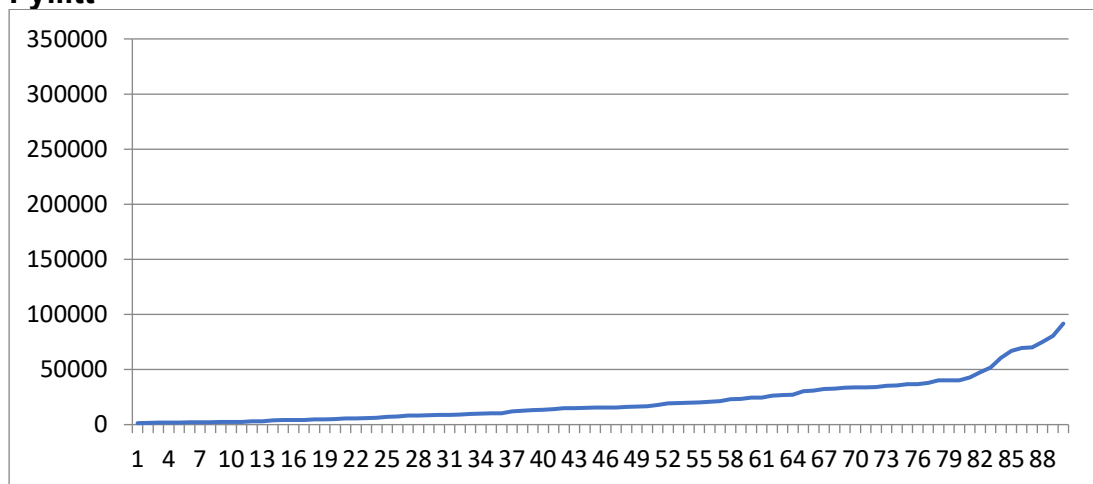
Gjennomsnitt: 27760

90% innenfor: 7000-75000

80% innenfor: 10000-65000

Figur 17. Analyser av grønnstein og grønnskifer (ppm). N=65

Fyllitt



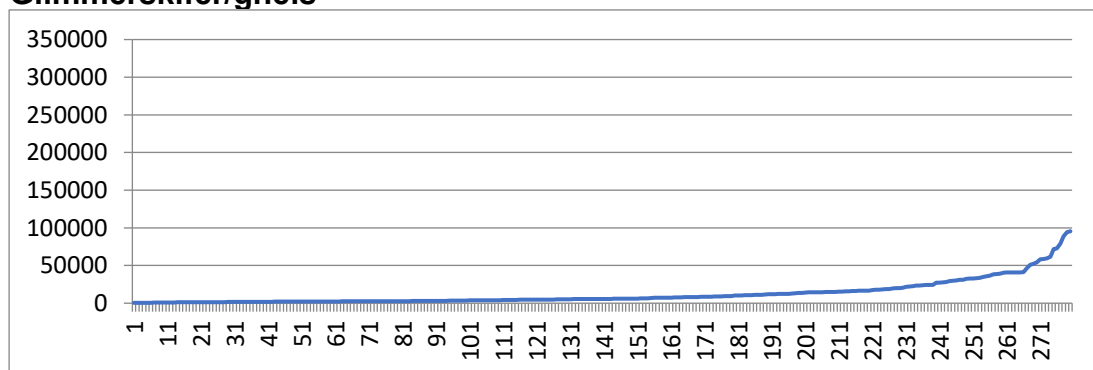
Gjennomsnitt: 21417

90% innenfor: 1900-70000

80% innenfor: 2400-45000

Figur 18. Analyser av fyllitt (ppm). N=88

Glimmerskifer/gneis



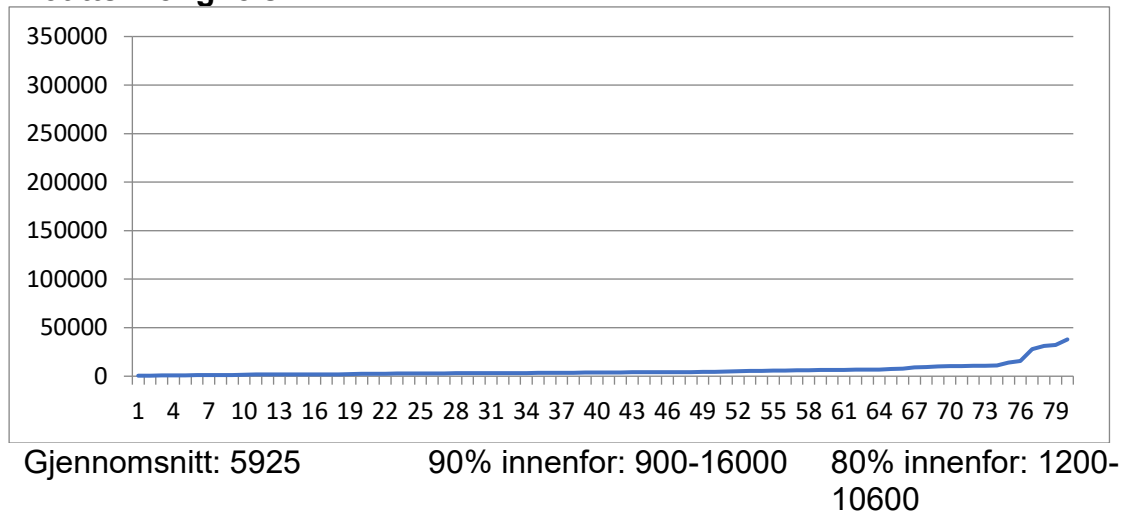
Gjennomsnitt: 12547

90% innenfor: 1100-41000

80% innenfor: 1500-33500

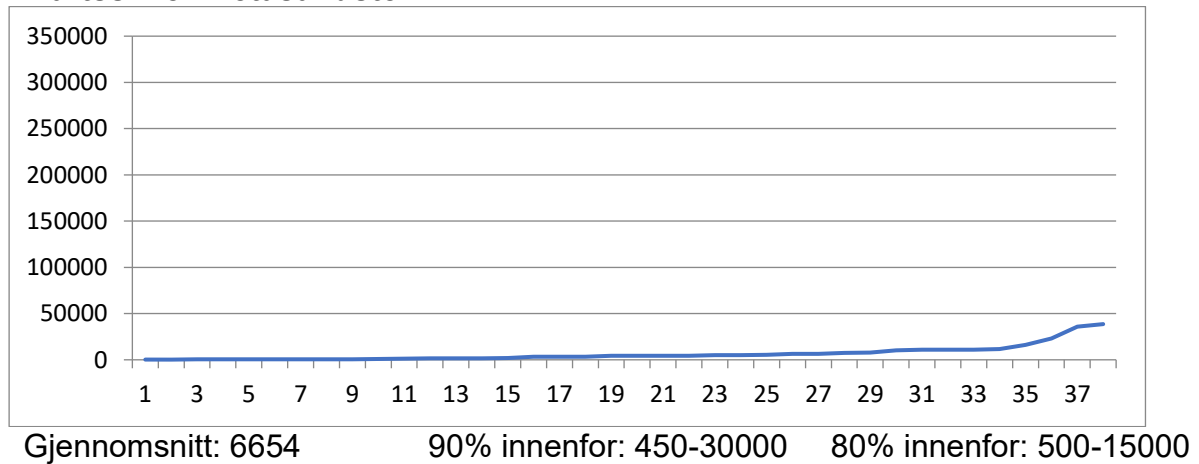
Figur 19. Analyser av glimmerskifer og glimmergneis (ppm). N=271

Biotittskifer/gneis



Figur 20. Analyser av biotittskifer (ppm). N=79

Kvartsskifer/metasandstein

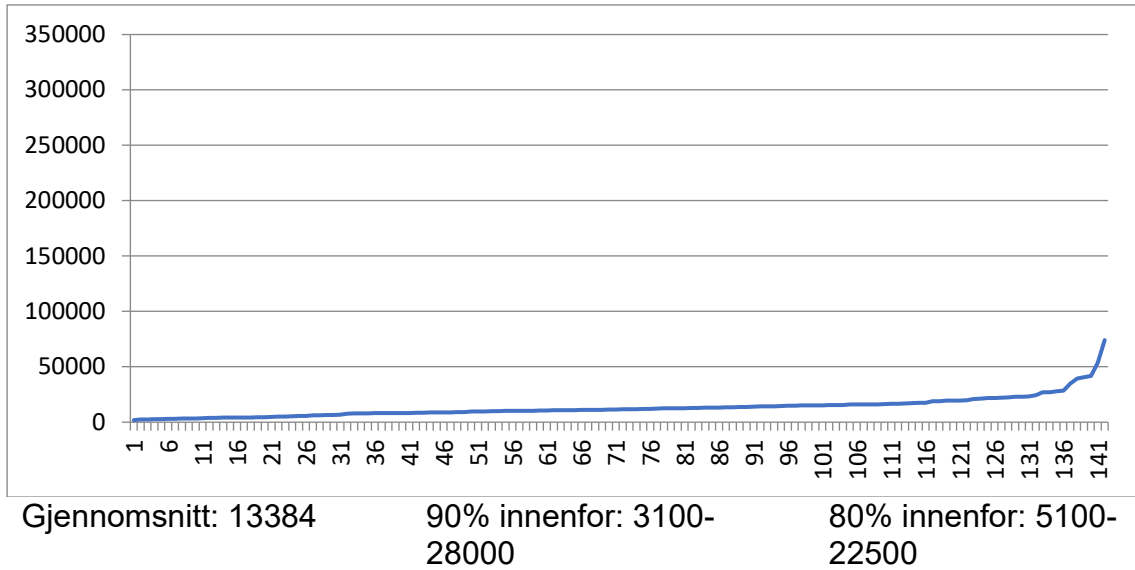


Figur 21. Analyser av kvartsskifer/metasandstein (ppm). N=37

4.4 Andre metamorfe bergarter

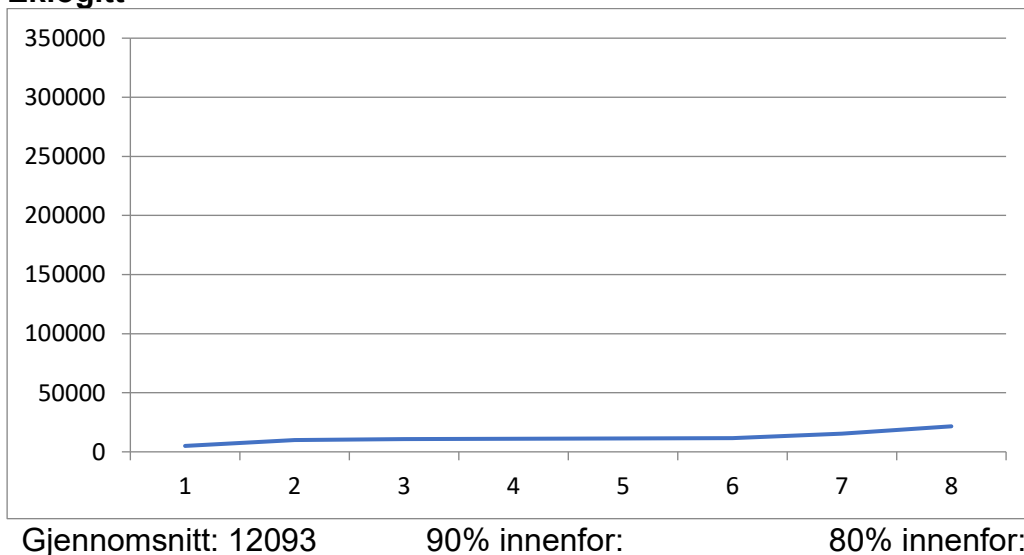
Amfibolitt og amfibolittisk gneis er som regel høymetamorfe, vulkanske bergarter, altså ekvivalent til grønnstein og grønnskifer. Som i tilfellet ved glimmerskifer/gneis, er det en tendens til at økende metamorfosegrad minker tilgjengeligheten av Ca. Likevel har amfibolitter i gjennomsnitt ganske høye verdier (Figur 22). Eklogitt (Figur 23) er en annen høymetamorf bergart som inneholder kalsiumpyroksen, som kan gi et bidrag.

Amfibolitt



Figur 22. Analyser av amfibolitt (ppm). N=141

Eklogitt

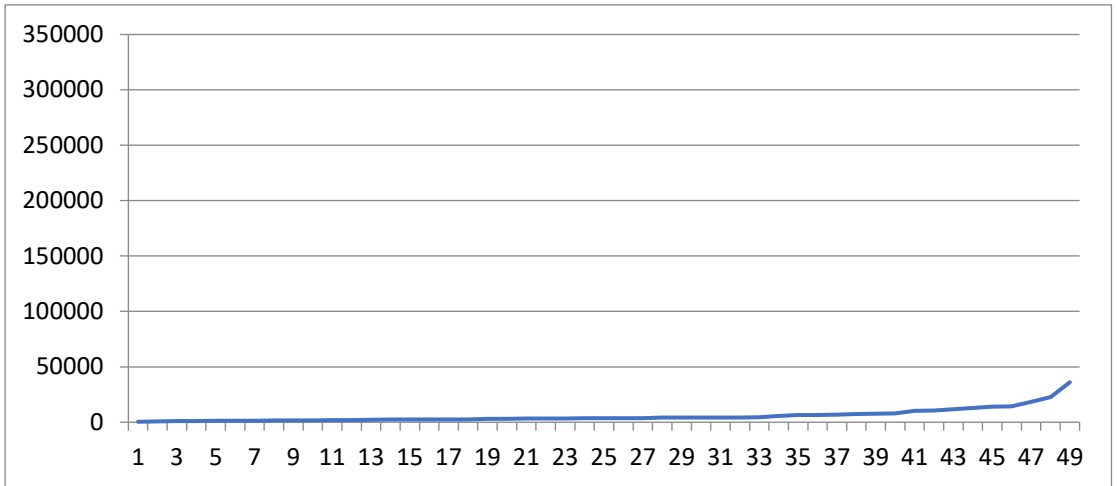


Figur 23. Analyser av eklogitt (ppm). N=8

4.5 Gneis

Store deler av Norges grunnfjell består av gneis, som er en sekkebetegnelse for høymetamorfe bergarter av forskjellig opphav. Som regel er betegnelsen brukt om kvarts-feltspat-glimmerbergarter; avvikende mineralogi havner gjerne i en annen kategori, for eksempel amfibolittisk gneis, glimmergneis eller kalksilikatgneis. Analysene (Figur 24) viser en ganske tett kobling til granitoidene. Det samme gjør migmatitt (Figur 25), som er en type gneis som viser tegn til at bergarten har vært utsatt for delvis oppsmelting.

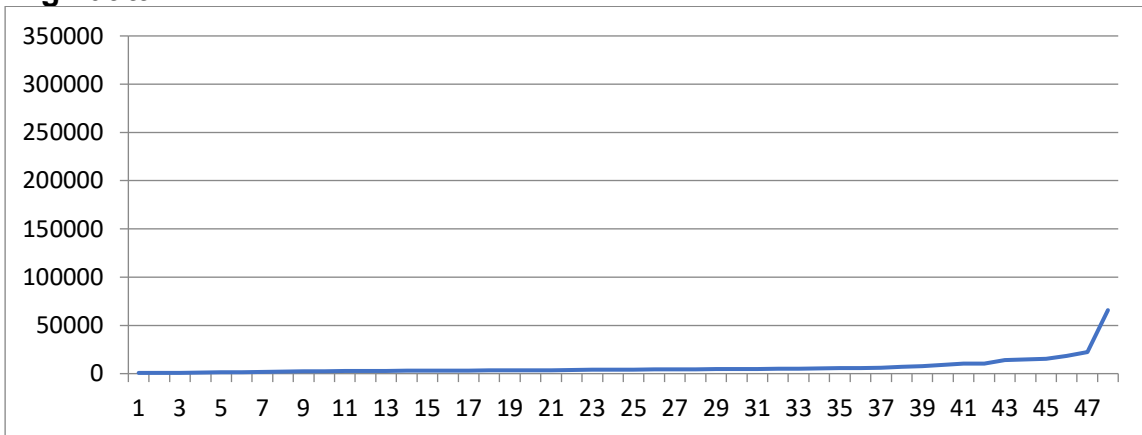
Gneis



Gjennomsnitt: 5835 90% innenfor: 1000-20000 80% innenfor: 1300-13000

Figur 24. Analyser av gneis (ppm). N=49

Migmatitt



Gjennomsnitt: 6731 90% innenfor: 900-20000 80% innenfor: 1300-14500

Figur 25. Analyser av migmatitt (ppm). N=47

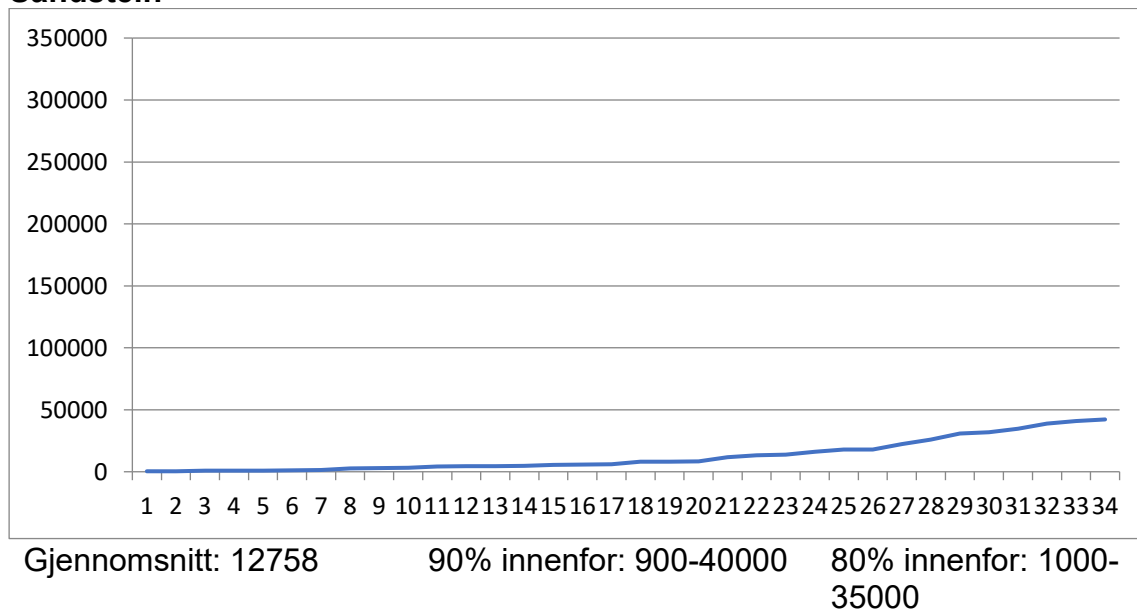
4.6 Noen sedimentære bergarter

Når bergarter blir kartlagt som sandstein gjelder det lavmetamorfe eller meget svakt metamorfe bergarter. Det er stort sett på deler av Østlandet og i de devonske bergartene på Vestlandet, samt enkelte steder i Finnmark, at denne betegnelsen er benyttet. Analysene varierer veldig (Figur 26), og det skyldes i stor grad at sandstein kan være sementert med enten silika (kvarts), jernhydroksyder eller kalk. Kalksementerte sandsteiner har selvsagt et betydelig større bidrag til kalkinnhold enn de andre.

Analyser av konglomerat får et overraskende høyt gjennomsnitt (Figur 27), ikke minst siden de mektige devonske konglomeratavsetningene på Vestlandet er kjent som skrinne og nakne. Men variasjonen er meget stor. Konglomerater består som kjent av fragmenter av en eller mange andre bergarter, og følgelig er disse fragmentenes sammensetning av betydning for analyseresultatet. Noen inneholder mye fragmenter av kalkstein eller marmor, og gir et høyt Ca-bidrag, andre det motsatte.

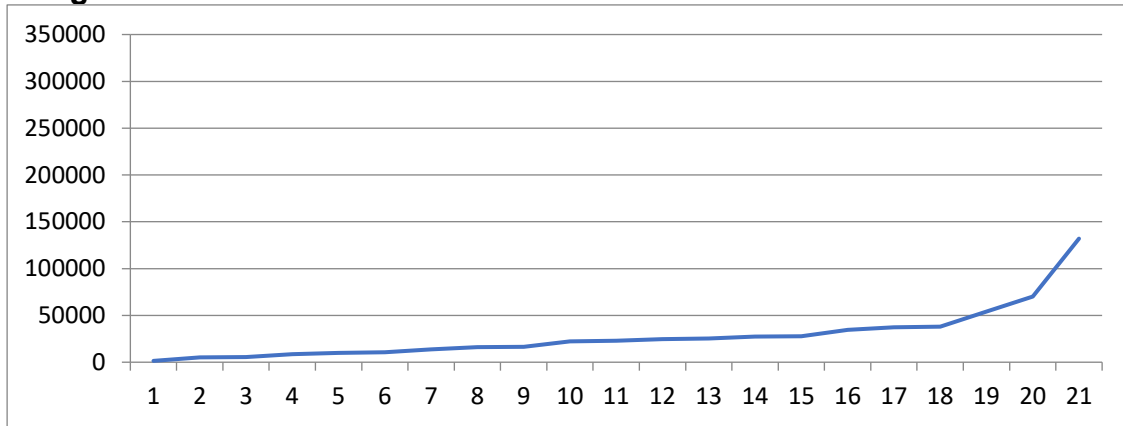
Gråvacke er en leirholdig sandstein. De fleste bergarter som har fått den betegnelsen i Norge ligger på Østlandet eller i Trøndelag, noen i Finnmark. Noen av gråvakkene fører fri kalk, som for eksempel i Trøndelag. Andre gjør det ikke. Det er nok en viktig årsak til variasjonene i Figur 28.

Sandstein



Figur 26. Analyser av sandstein (ppm). N=34

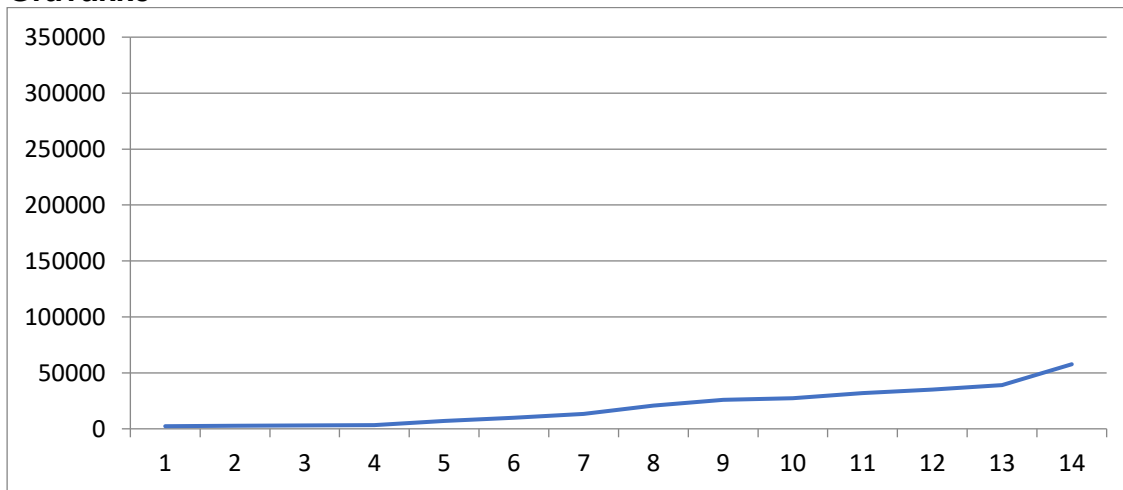
Konglomerat



Gjennomsnitt: 28711 90% innenfor: 5000-70000 80% innenfor: 5500-55000

Figur 27. Analyser av konglomerat (ppm) N=21

Gråvakke



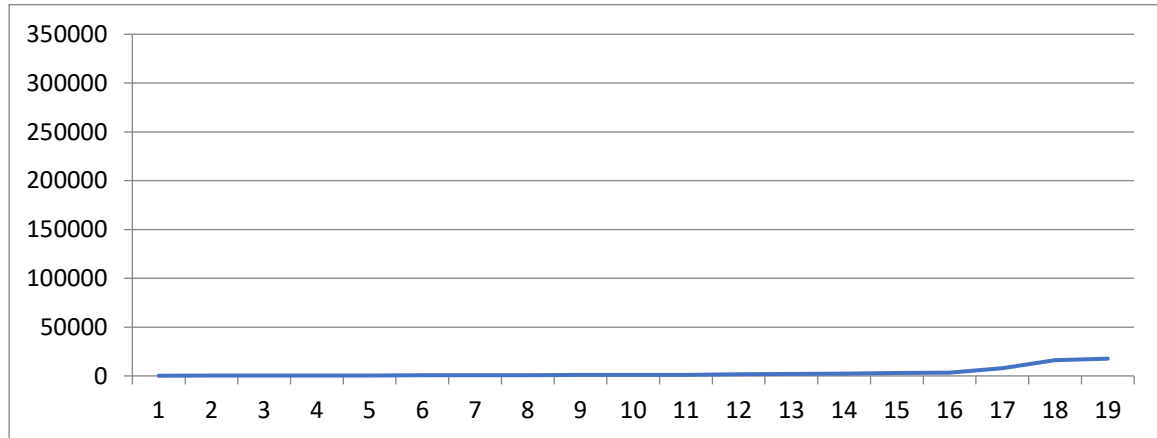
Gjennomsnitt: 19998 90% innenfor: 80% innenfor:

Figur 28. Analyser av gråvakke (ppm). N=14

4.7 Kvartsitt

Kvartsitt består av vesentlig kvarts, og skal følgelig være ekstremt kalkfattig. Selv om analysene viser variasjoner i toppen (Figur 29), bekrefter det det antatte bildet.

Kvartsitt



Gjennomsnitt: 3234 90% innenfor: 300-17000 80% innenfor: 450-8000

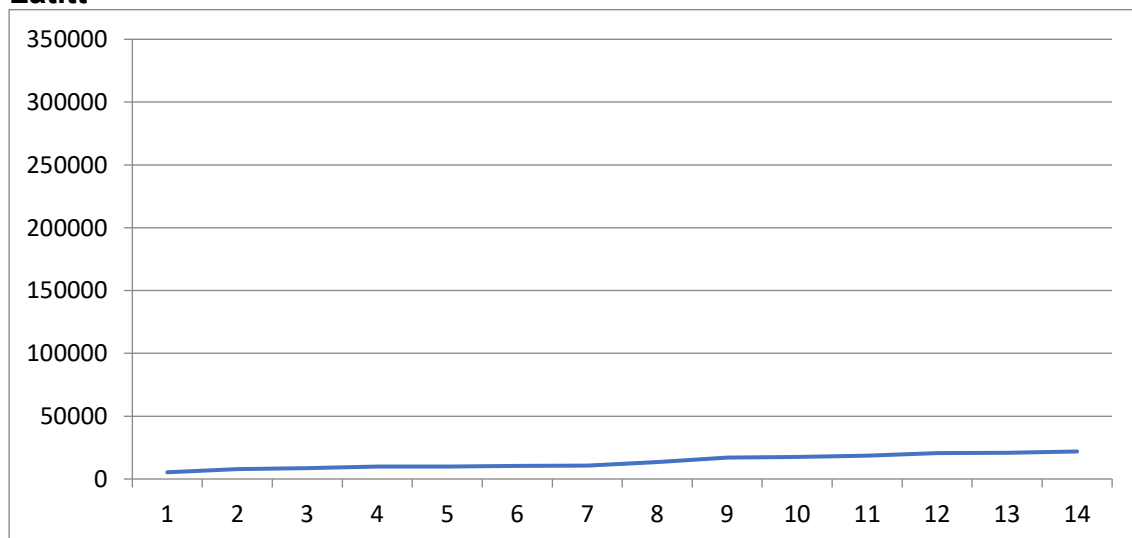
Figur 29. Analyser av kvartsitt (ppm). N=19

4.8 Noen spesielle vulkanske bergarter

Latitt (Figur 30) er en lavabergart som i sammensetning kan sammenlignes med dypbergarten monzonitt. De best kjente latitter i Norge er rombeporfyr, som vi finner i Oslofeltet. Disse lavaene er geokjemiske ekvivalenter til larvikitt, men viser likevel litt høyere gjennomsnitt. Det kan skyldes flere faktorer, blant annet endring i mineralogi, kornstørrelse og andre forhold som påvirker nedbrytningsraten mellom overgangen fra dyp- til gangbergart, uten å gå inn i flere detaljer.

Ryolitt (Figur 31) er ekvivalent til granitt. Også her ser vi noe høyere verdier enn "moderbergarten", og det kan være tilsvarende faktorer som i forrige avsnitt.

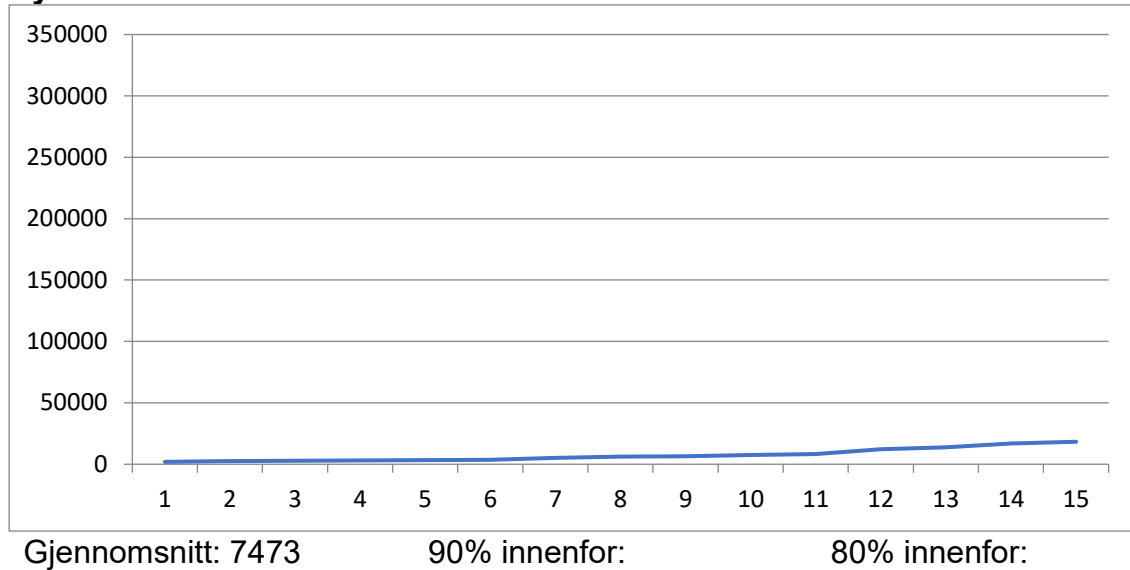
Latitt



Gjennomsnitt: 13771 90% innenfor: 80% innenfor:

Figur 30. Analyser av rombeporfyr (ppm). N=14

Ryolitt



Figur 31. Analyser av ryolitt (ppm). N=15

4.9 Andre bergarter uten tilstrekkelig analysegrunnlag

Ultramafiske bergarter (kleberstein, serpentinit og ulike peridotitter) er en gruppe der vi har få analyser. Disse jern-magnesiumrike bergartene har generelt veldig lavt innhold av kalsium. Kleberstein og serpentinit fører som regel korn og/eller årer av jernholdig karbonat som kan gi en påvirkning. Foreløpig har vi lite grunnlag for å si mye om denne gruppen, og ser dem som i utgangspunktet kalkfattig.

Karbonatitt er en magmatisk bergart som rett og slett er dannet fra størket kalksteins-magma. Slike bergarter, som finnes få steder i Norge, vil ha samme signatur som marmor og kalkstein.

Alunskifer er i en helt spesiell klasse, her har vi hittil ikke analyser. Vi velger foreløpig å legge disse i klasse 4, og foreslår oppfølgende analyser og vurderinger rettet mot alunskifer.

Mylonitt og fyllonitt og noen breksjer er bergarter som er dannet ved nedmaling og -knusning av andre. I mange tilfeller er glimmerskifer den beste å sammenligne disse med, men her er også store individuelle forskjeller. Det er få steder slike bergarter utgjør en vesentlig del av berggrunnen.

5. Kalkgradient versjon 1.0

Når vi summerer opp analysene får vi en skala av bergartsgrupper (Tabell 5). I den samme tabellen er det antydning av inndeling av kalkgradienten etter fem trinn. Denne synes ganske fornuftig når vi sammenligner med Tabell 2, med noen unntak: anortositt, sandstein og konglomerat befinner seg på "feil plass" i analysetabellen i forhold til erfaringsdata. Som nevnt er dette grupper med store variasjoner, og følgelig kreves noe mer tilpasning. Det anbefales inntil videre å inkludere alle de tre gruppene i kalkfattige bergarter, siden de største arealene der vi finner disse erfaringsmessig er skrinne (devonske konglomerater, sparagmitt-sandstein på østlandet, anortosittprovinsen i Rogaland). Dette kan være et levelig kompromiss for versjon 1.0.

Tabell 5. Gjennomsnittsanalyser og rangering av bergartsgrupper etter kalkinnhold, samt en mulig grensedragning av trinn i gradienten. Bergartsgrupper merket med rødt viser veldig store variasjoner og/eller er ikke i samsvar med erfaringer, og må behandles uavhengig av analyservediene.

Bergartgruppe	gj.sn	Gradient
Kvartsitt	3234	Svært kalkfattig
Granitt	3292	
Tonalitt/trondhemitt	4813	
Granodioritt	5594	
Syenitt	5788	
Gneis	5835	
Biotittskifer/gneis	5925	
Kvartsskifer/metasandstein	6654	
Migmatitt	6731	
Ryolitt	7473	
Monzonitt	7481	kalkfattig
Larvikitt	7746	
Kvartsdioritt	8196	
Mangeritt	9256	
Dioritt	9588	
Anortositt	11715	Intermediær
Eklogitt	12093	
Glimmerskifer/gneis	12547	
Sandstein	12758	
Amfibolitt	13384	
Latitt	13771	
Gabbro	14518	
Gråvakke	19998	
Fyllitt	21417	
Grønnstein/skifer	27760	
Konglomerat	28711	kalkrik
Kalkskifer	40200	
Dolomitt	202500	
Kalkstein/marmor	261834	Svært kalkrik

Et annet dilemma som oppstår er at et kart gir veldig absolutte klasser, i dette tilfellet 5. I Tabell 2 og i analysene ser vi at den virkelige verden er mer variabel og overgangsmessig. Hvis vi bruker verdiene i Tabell 5 som absolutte, vil vi ved å analysere for eksempel en gabbro lett oppdage at den plotter i en annen gruppe enn gjennomsnittet.

Her er det viktig å ha klart for oss at denne metoden kun er et prognoseverktøy for å kunne knytte et trinn i en gradient til en hovedbergart, ikke etablere numeriske grenseverdier for kalkinnhold basert på ICP-AES-analyser. For versjon 1.0 har vi etablert en ganske god sammenheng mellom observasjoner (Tabell 2) og hva som kan forventes i forhold til løselighet (Tabell 3).

For senere versjoner av kalkinnhold vil vi trolig kunne detaljere mer med hensyn til 1) større antall analyser, 2) bedre fordeling i forhold til geologiske hovedenheter og 3) påvirkning av tilleggbergarter. Det er for eksempel sannsynlig at differensiering mellom konglomerat og sandstein fra devontiden og fra andre perioder vil gi utslag.

6. Kobling til grunntyper av bergarter

I Tabell 6 er det gitt en ny inndeling av bergartsgrupper basert på terminologien koblet til 1:250 000 geologiske kart. I tabellen er det også gjort et forsøk på å koble denne tegnforklaringen til kalkgradienten. Som tabellen viser, finnes det en del problematiske koblinger; det er særlig bergarter som er vanskelig å koble til geokjemisk sammensetning. Det belyser et spørsmål som vi bør stille oss: bør enkelte grupper av bergarter stå i en sjette kategori, dem som ikke kan klassifiseres i det hele tatt for denne versjonen?

Tabell 6. 112 grunntyper av bergarter og kobling til kalkgradient.

Hovedberg-kode	Hovedbergart	Kalkinnhold 1-5 (0 ikke klassifisert)	Kommentar
1	Løsmasser		
100	Plutonsk bergart		
101	Alkalifeltspatgranitt	1	
102	Granitt	1	
103	Granodioritt	1	
104	Tonalitt	1	
105	Trondhemitt	1	
106	Alkalifeltspatsyenitt	1	
107	Syenitt	1	
108	Monzonitt	2	
109	Monzodioritt	2	
110	Larvikitt	2	
111	Kvartsdioritt	2	
112	Dioritt	2	
113	Gabbro	3	
114	Noritt	3	

120	Nefelinførende bergart		2	
130	Peridotitt		1	
131	Dunitt		1	
132	Harzburgitt		1	
133	Wehrlitt		1	
134	Lherzolitt		1	
135	Websteritt		1	
136	Pyroksenitt		2	
137	Hornblenditt		3	
140	Charnokitt		1	
141	Mangeritt		2	
142	Enderbitt		1	
143	Anortositt		1	stor variasjon; skille ut regioner?
144	Karbonatitt		5	
150	Mafisk gang (Diabas, Doleritt)		3	
151	Lamprofyr		2	
160	Pegmatitt/aplitt		1	
200	Vulkansk bergart			
201	Felsisk vulkansk bergart		1	
202	Ryolitt		1	
203	Ryodacitt		2	
204	Dacitt		2	
210	Intermediær vulkansk bergart		2	
211	Trakytt		1	
212	Rombeporfyr		3	
213	Latitt		3	
214	Andesitt		3	
220	Mafisk vulkansk bergart		3	
221	Basalt		3	
222	Mg-rik lava (Komatiitt, Boninitt)		2	
230	Nefelinførende lava		2	
240	Pyroklastisk bergart		0	Termen sier lite om sammensetning
241	Vulkanske breksje		0	Termen sier lite om sammensetning
242	Lapillituff		1	
243	Tuff	Grønnstein		Utforske mest vanlige sammensetning
300	Sedimentær bergart			
301	Leirstein	Leirskifer		Utforske mest vanlige sammensetning
302	Slamstein		3	
303	Siltstein		3	
304	Sandstein		1	stor variasjon; skille ut regioner?
305	Gråvakke		4	
306	Arkose		1	
307	Konglomerat	?		stor variasjon; skille ut regioner?
308	Kvartsarenitt		1	
310	Sedimentær breksje	Sandstein		stor variasjon; skille ut regioner?

311	Tillitt	Konglomerat	stor variasjon; skille ut regioner?
312	Diamiktitt	3	Flest med karbonat boller?
320	Mergelstein	4	
321	Kalkstein	5	
322	Dolomittstein	5	
330	Kiselstein	1	
340	Tuffitt	grønnstein	Utforske mest vanlige sammensetning
350	Båndet jernmalm	1	
400	Metamorf bergart		
401	Leirskifer	4	
402	Fyllitt	4	
403	Glimmerskifer	3	
404	Granatglimmerskifer	3	
405	Kalkfyllitt	4	
406	Kalkglimmerskifer	4	
407	Skarn	4	
408	Aluminiumsilikatskifer	2	
410	Amfibolskifer	3	
411	Grafittskifer	? 3	Utforske mest vanlige sammensetning
412	Klorittskifer	3	
415	Marmor	5	
416	Dolomittmarmor	5	
420	Metasandstein	1	
421	Metagråvakke	4	
422	Meta-arkose	1	
423	Kvartsitt	1	
424	Kvartsskifer	1	
425	Metakiselstein	1	
426	Glimmergneis	2	
427	Kalksilikatbergart	4	
428	Aluminiumsilikatgneis	2	
429	Amfibolgneis	3	
430	Granittisk gneis	1	
431	Granodiorittisk gneis	1	
432	Tonalittisk gneis	1	
433	Kvartsdiorittisk gneis	1	
434	Monzonittisk gneis	2	
435	Diorittisk gneis	2	
437	Ortopyrosengneis	2	
440	Migmatitt	1	
441	Øyegneis	1	
442	Båndgneis	1	
450	Grønnskifer	4	
451	Grønnstein	4	
452	Amfibolitt	3	
453	Granatamfibolitt	3	

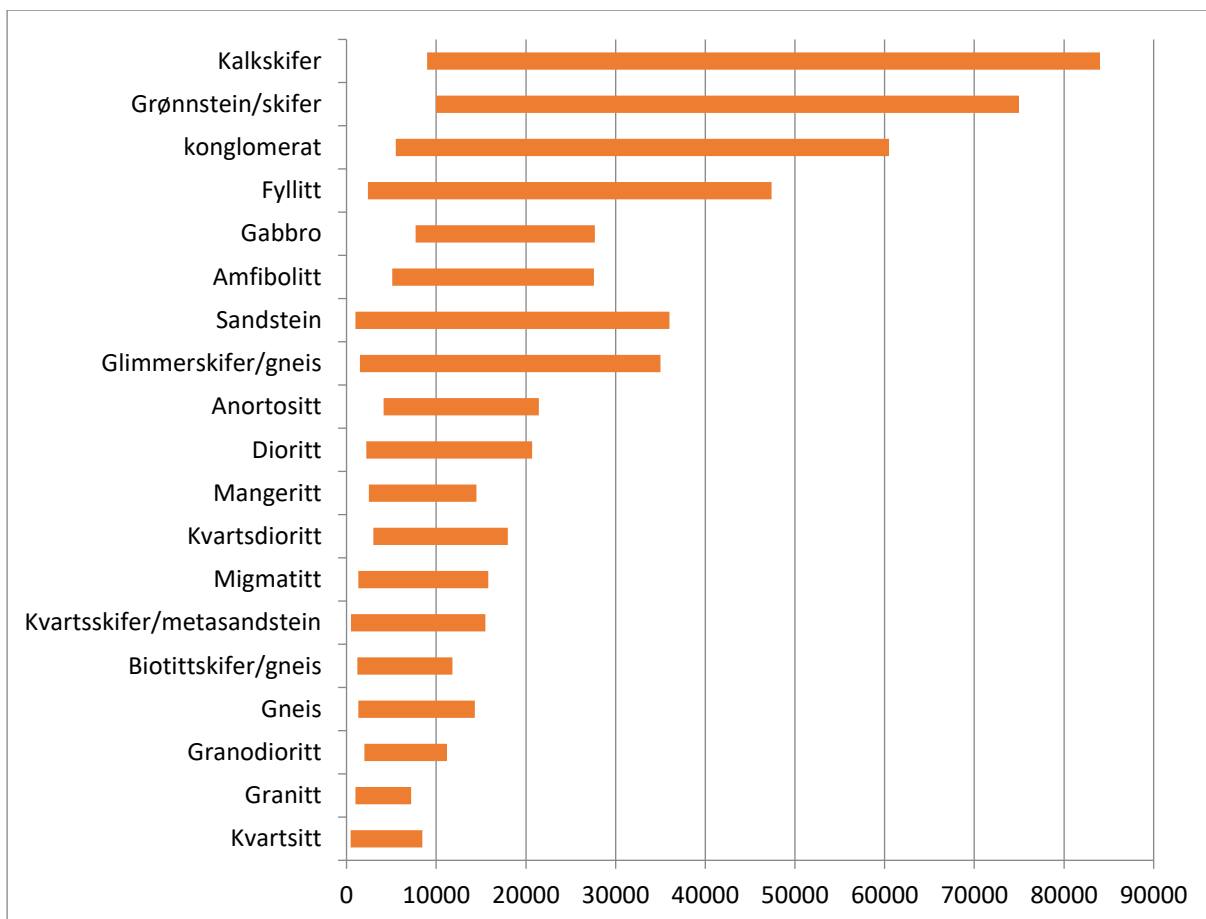
454	Metagabbro	3	
455	Eklogitt	3	
456	Serpentinitt	2	Hvilken rolle spiller karbonat i ulike undertyper?
457	Kleberstein	1	Hvilken rolle spiller karbonat i ulike undertyper?
460	Albititt/Skapolititt	1	
461	Hydrotermalkvarts	1	
470	Mylonitt	0	Termen sier lite om sammensetning
471	Kataklasitt	0	Termen sier lite om sammensetning
472	Tektonisk breksje	0	Termen sier lite om sammensetning
473	Nedslagsbreksje	1	Termen sier lite om sammensetning

7. Om statistisk variasjon

I Figur 32 er vist variasjonsområde for 80% av analyser innenfor hver gruppe av en del bergarter. Selv om vi ser en klar trend som harmonerer med gjennomsnitt, så er det en del bergartsgrupper som viser veldig store variasjoner. I tillegg har vi de grupper som i henhold til Tabell 6 er vanskelig å plassere. Følgelig har versjon 1.0 en noe problematisk tilnærming til følgende bergartsgrupper:

- kalkskifer
- grønnstein/skifer
- konglomerat
- fyllitt
- sandstein
- glimmerskifer/gneis
- anortositt
- uspesifiserte tektoniske og vulkanske bergarter
- uspesifiserte sedimentære bergarter

Foredling av slike data kan utføres ved å kombinere analysedata (foredlet til geografisk eller aldersmessig/tektonostratigrafisk nivå) med erfaringsdata/vegetasjonskart. Dette fordrer en del utviklingsarbeid og samarbeid mellom etater og forskningsinstitusjoner.



Figur 32. Variasjoner i kalkinnhold, ICP-AES-analyser, for noen grupper av bergarter.

8. Om komplekse bergartsenheter

I mange tilfeller er geologiske variasjoner for finskala og kompleks til å bli fanget opp av et geologisk kart. En bergartsflate kan for eksempel beskrives som «kalkspatmarmor med innslag av glimmerskifer og gråvakke». Her vil «kalkspatmarmor» være dominerende hovedbergart, mens «glimmerskifer» og «gråvakke» underordnete/sekundære. For å etablere et gjennomsnittlig trinn i en kalkgradient i slike områder, er en mulighet å lage en matrise der enten gjennomsnitt for hovedbergarten eller reelle analyser fra stedet benyttes (Tabell 7). I tabellen har vi «antatt» dominerende bergart til å ha 50% vektning, og de andre 25% hver, siden vi ikke har reell informasjon om prosentvis fordeling.

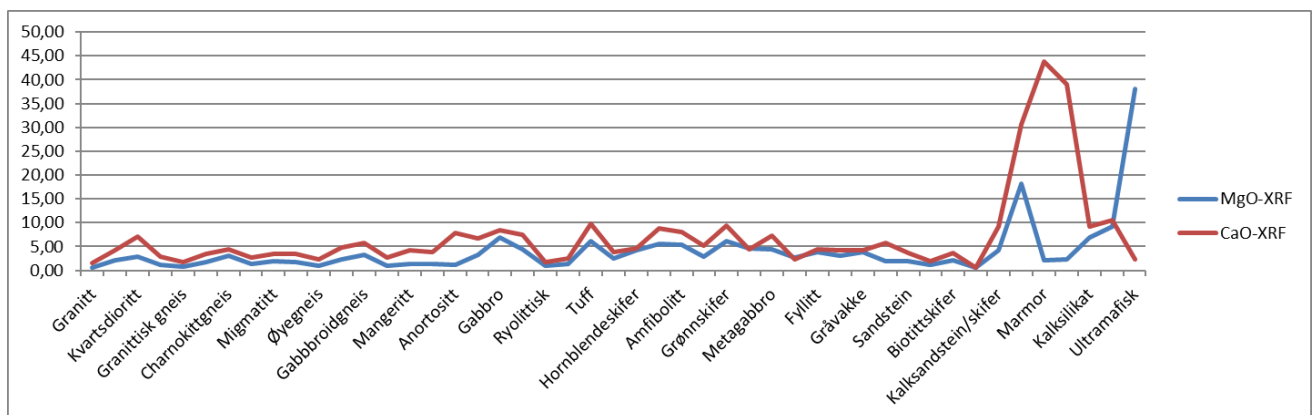
Tabell 7. Matrise som beskriver tilskudd fra dominerende hovedbergart i kombinasjon med underordnete/sekundære. I dette tilfellet blir resultatet intermediert kalkinnhold.

	Kalkspatmarmor	Glimmerskifer	Gråvakke	Totalt
ICP-AES	261834	12547	19998	
Vekting	50	25	25	100
Tilskudd	130917	3137	5000	139053

9. Om samvariasjoner med andre elementer

Vi har ikke i detalj sett på samvariasjoner mellom Ca og andre elementer som kanskje kan bidra til å styrke miljøvariabelen. Men vi har sett litt nærmere på forholdet mellom Mg og Ca, siden dette er spesifikt nevnt i Halvorsen og Blom (2009) (Figur 33). Merk at det er ganske bra samvariasjon helt til vi kommer til svært kalkrike og enkelte kalkfattige bergarter.

Samvariasjon mellom elementer er foreløpig et tema for mer forskning og utvikling, og vi vil oppfordre til prosjekter som kan få fram slike sammenhenger.



Figur 33. XRF data for CaO og MgO for ulike bergarter. Tall i prosent.

10. Konklusjon og perspektiver for Kalkinnhold i berggrunn versjon 2.0

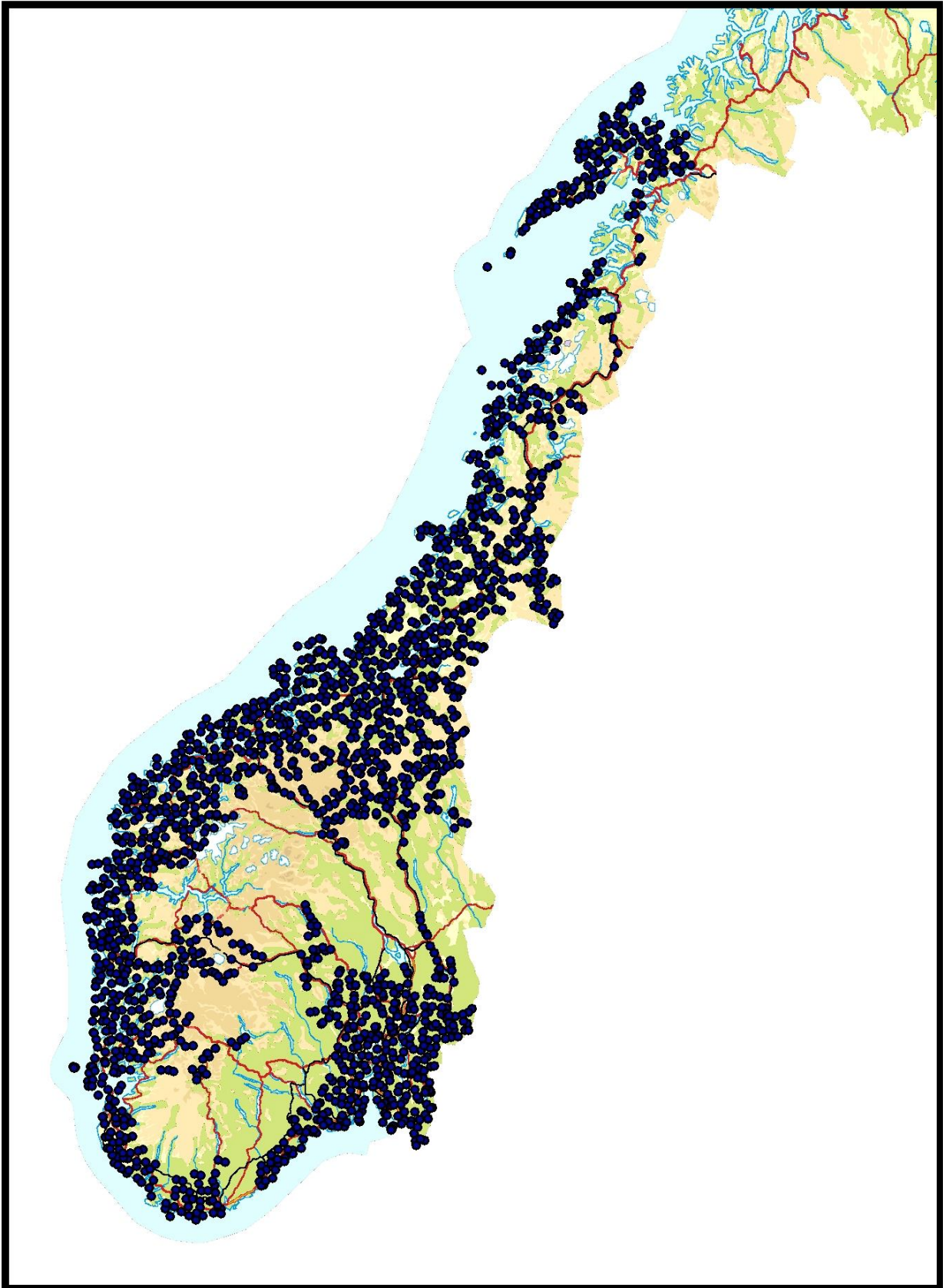
Vi mener, som beskrevet i denne rapporten, at kalkinnhold i berggrunn kan etableres som landsdekkende karttema innenfor det økologiske grunnkartet basert på: Geokjemiske, oppsluttete analyser (ICP-AES) i kombinasjon med hovedbergartsinndelingen i NGUs kartdata.

Vi mener å ha tilstrekkelig grunnlag for versjon 1.0 basert på 1:250 000 data. Ved ferdigstilling av endelig analysedata fra LITO-programmet (2020/21) kan kartet detaljeres mer. Det kan ytterligere detaljeres når 1:50 000 databasen er oversatt til hovedbergarter.

Vi foreslår i tillegg til denne utviklingen at et tverrfaglig samarbeid mellom organisasjoner og etater etableres for å teste og videreutvikle metoden i reelle feltområder.

11. Vedlegg

Under følger noen karteksempler på fordeling av analyser



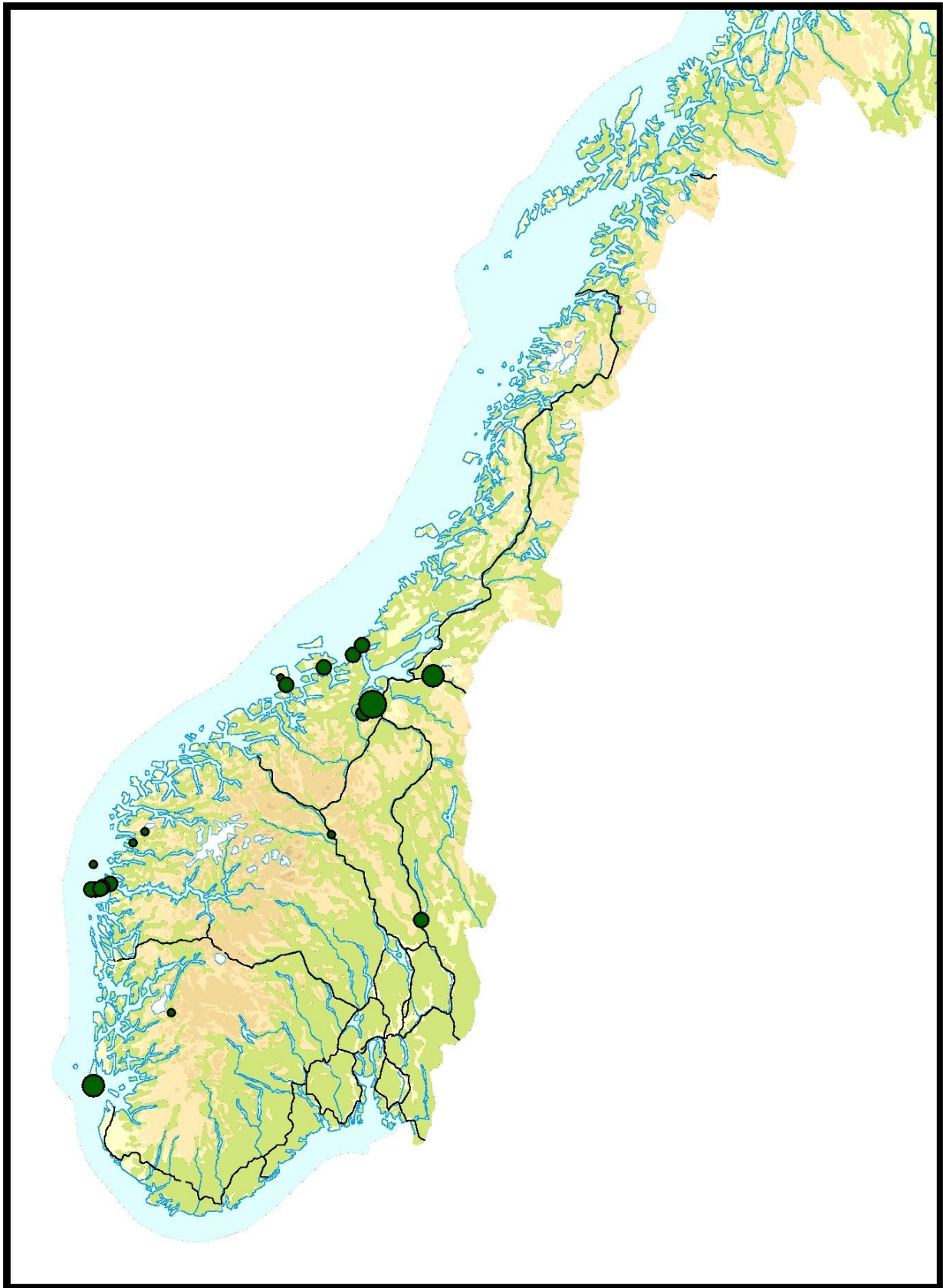
Vedlegg 1. Fordeling av LITO-prøver brukt i rapporten.



Vedlegg 2. Eksempel: bimodal fordeling av anortositt, der enkelte provinser trekker opp.



Vedlegg 3. Gneis; de fleste er svært lave i Ca, men noen trekker opp gjennomsnittet



Vedlegg 4. Konglomerat; kalkholdige formasjoner i Trondheimsfeltet og Rogaland trekker opp snittet. Videre, gabbroiske boller o.l. kan trekke opp snittet noe i devonfeltene, uten at det egentlig gir seg utslag i praksis, siden det kan være isolerte boller i en generelt lav-Ca bergart.



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no