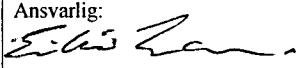


NGU Rapport 98.088

Oppfølgende pukkundersøkelser i  
Snillfjord og Hemne kommune, Sør-Trøndelag

Rapport nr.: 98.088		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Oppfølgende pukkundørsøkelser i Snillfjord og Hemne kommune, Sør-Trøndelag					
Forfattere: Maarten Broekmans, Eyolf Erichsen og August Nissen			Oppdragsgivere: Snillfjord kommune, Hemne kommune, Sør-Trøndelag fylkeskommune og NGU		
Fylke: Sør-Trøndelag			Kommune: Snillfjord kommune, Hemne kommune		
Kartblad (M=1:250.000) Kristiansund og Trondheim			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1421-I Hemne, 1521-IV Snillfjord		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 25		Pris: kr. 100,-
Feltarbeid utført: Aug/Sep 1997			Rapportdato: 18. mai 1998		Prosjektnr.: 2365.16
					Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>To potensielle pukkkforekomster i Snillfjord og i Hemne kommunene ble befart og prøvetatt i august-september 1997. Ut fra befaringene ble det laget et geologisk kart som viser at bergarten består av to typer av gneis: en hvit hornblenderik gneis og en rød hornblendeholdig gneis som inneholder noe mindre amfibol. Stedvis opptrer mindre kroppar med gabbro og amfibolitt.</p> <p>Alle bergartene i området er påvirket av overflateforvitring. Det er ukjent til hvilken dybde forvitringen er effektiv, men ut fra erfaring fra andre områder kan den være opp til flere meter under dagen. Erfaringsvis vil overflateforvitring påvirke bergarten mekanisk i negativ retning. Med dette som bakgrunn ble det besluttet i samtale med Sør-Trøndelags fylkeskommune, å sløyfe vidare undersøkelser for testing av de mekaniske egenskapene. De tidligere prøvetatte lokalitetene i området ble tatt i friske veiskjæringer på et tilstrekkelig dyp uten påvirkning av overflateforvitring. Disse prøvene ansees fortsatt som representative for områdene og gir god nok indikasjon på bergartens mekaniske kvalitet som er middels til god for anvendelse som byggeråstoff (se NGU rapport 97.067).</p> <p>Ved å utnytte de naturlige terrengformene i området viser 3D modellering at de foreslåtte dagbruddene i Gjøbergsheia, Kammen og Stokkafjellet effektivt kan skjermes med hensyn til innsyn. Volummessig har områdene tilstrekkelig tonnasje for storskala drift.</p> <p>Ved eventuell videreføring av prosjektet anbefales det at det utføres dypprøvetaking, dvs. prøvetaking under overflateforvitret sone (4-5m dybde), for eksakt dokumentasjon av de mekaniske egenskapene. Det vil være naturlig at eventuelle private interessenter som ønsker å videreføre prosjektet står for utgiftene for denne mer omfattende prøvetakingen.</p>					
Emneord: Ingeniørgeologi		Byggeråstoff		Mikroskopering	
Pukk		Fagrapport			

## INNHALDSFORTEGNELSE

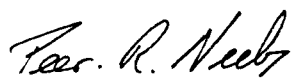
1	FORORD .....	4
2	KONKLUSJONER .....	5
3	INNLEDNING .....	6
4	FELTBEFARING OG PRØVETAKING .....	6
5	RESULTATER .....	8
5.1	Geologi .....	8
5.1.1	Gjøbergsheia og Kammen .....	10
5.1.2	Stokkafjellet .....	12
5.1.3	Vilvangheia og Kalvtrøneset .....	12
5.2	Bergartens egenskaper og forvitring .....	13
6	UTTAKSMULIGHETER .....	14
6.1	Datamodellering av uttak .....	15
6.2	Reserver .....	15
7	REFERANSER .....	19
	VEDLEGG .....	20

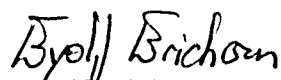
## 1 FORORD

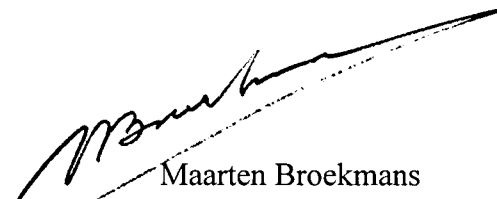
Eksport av pukk har vært økende det siste ti-året. Flere nasjonale og utenlandske selskap har vist stor interesse for å finne nye kystnære forekomster for eksport til et europeisk marked. Økt eksport av norsk pukk ansees å ha store muligheter, men utviklingen vil skje over tid og i takt med forbruket og ressursituasjonen i det øvrige Europa. Markedsundersøkelser må til for å avklare muligheten for eksport for det enkelte pukkverk eller forekomst. Beliggenhet sett i forhold til transportavstand og kvalitet på steinproduktet vil være viktige faktorer. Dessuten kan enhver forekomsten ha betydning for det lokale innelandske marked i Midt-Norge.

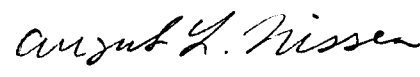
Med denne bakgrunn ønsker Norges geologiske undersøkelse (NGU) å gjennomføre en ressurskartlegging for å avgrense mulige uttaksområder for pukk langs kyststrekningen fra Vest-Agder til Troms, i samarbeid med kommuner, fylkeskommuner, norsk- og utenlandsk industri. Det vil i første rekke være de sydlige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

Trondheim, 1. juni 1998

  
Peer R. Neeb  
hovedprosjektleder  
(Sign.)

  
Eyolf Erichsen  
forsker

  
Maarten Broekmans  
forsker

  
August Nissen  
forsker

## 2 KONKLUSJONER

Den geologiske kartleggingen av Gjøbergsheia/Kammen i Hemne kommune og Stokkafjellet i Snillfjord kommune viser at det opptrer to varianter av gneis i de to områdene. Den ene er en hvit hornblenderik gneis, mens den andre er en rød hornblendeholdig gneis. Det tredje området, Vilvangheia i Snillfjord kommune, ble undersøkt ved observasjoner av kystsonen med båt og ved gode blotninger utenfor det foreslåtte uttaksområdet. Opptreden av gabbro gjør at dette området ansees som mindre homogent enn de to øvrige områdene.

Alle bergartene i området viser falming i egenfargen fra overflaten og ned til flere centimeters dybde. Dette skyldes overflateforvitring. Ut fra overflateprøver er det vanskelig å si hvor omfattende og hvor dypt forvitring går ned i undergrunnen. Erfaringsvis vil overflateforvitring påvirke bergarten mekanisk i negativ retning. Med dette som bakgrunn ble det besluttet å sløyfe videre undersøkelser for testing av de mekaniske egenskapene. De tidligere prøvetatte lokalitetene i området ble tatt i friske veiskjæringer på et tilstrekkelig dyp uten påvirkning av overflateforvitring. Disse prøvene ansees fortsatt som representative for områdene og gir god nok indikasjon på bergartens mekaniske kvalitet som er middels til god for anvendelse som byggeråstoff (se NGU rapport 97.067).

Ved å utnytte de naturlige terrengformene i området viser 3D modellering at de foreslåtte dagbruddene i Gjøbergsheia, Kammen og Stokkafjellet effektivt kan skjermes med hensyn til innsyn. Volummessig har områdene tilstrekkelig tonnasje for storskala drift.

Ved eventuell videreføring av prosjektet anbefales det at det utføres dypprøvetaking, dvs. prøvetaking under overflateforvitret sone, for eksakt dokumentasjon av de mekaniske egenskapene. Det vil være naturlig at eventuelle private interessenter som ønsker å videreføre prosjektet står for utgiftene for denne mer omfattende prøvetakingen.

### 3 INNLEDNING

Et innledende prosjekt med kartlegging av mulige pukkuttak i kystsonen ble gjennomført i samarbeid mellom kommunene Agdenes, Hemne og Snillfjord, Sør-Trøndelag fylkeskommune og NGU. Rapporten [1] konkluderte med anbefaling om nærmere undersøkelser av de tre områdene Gjøbergsheia/Kammen i Hemne kommune og Stokkafjellet og Vilvangheia i Snillfjord kommune (figur 1). Det ble etablert et oppfølgende prosjekt der det ble planlagt å gjennomføre geologisk kartlegging og prøvetaking for bedømming av berggrunnens egnethet for pukkproduksjon. Feltbefaringen ble gjennomført i august-september 1997 av August Nissen og Maarten Broekmans, begge fra NGU.

Den opprinnelige planen var å sprengte ut overflatenære prøver ned til en 0,5m dybde. I et område med overflateforvitring blir dette for grunt. For å få 'friske prøver' må det utføres dypsprengning ned til flere meters dypde, noe som krever tyngre borutstyr. I tidligere prøvetatte lokalitetene i området ble prøvene enten sprengt ut på et tilstrekkelig dypde eller tatt i friske veiskjæringer i dype snitt. Disse prøvene ansees fortsatt som representative for områdene og gir god nok indikasjon på bergartens mekaniske kvalitet. Hvis private interessenter ønsker å viderføre prosjektet, vil det være naturlig at disse står for utgiftene for dypprøvetaking for mekanisk testing. Dette anbefales utført ved en eventuell videreføring.

### 4 FELTBEFARING OG PRØVETAKING

Feltbefaring og prøvetaking har til hensikt å avklare blant annet følgende forhold:

- detaljert geologisk kartlegging (1:10.000) av de utvalgte områdene spesielt med hensikt på bergartens homogenitet;
- stedvis registrering av bergartens kvalitet med Schmidthammer-målinger;
- stedvis registrering av bergartens naturlige radioaktivitet med scintillometer;
- påvise egnete prøvetakingssteder for mekaniske testanalyser.

Berggrunnen utenfor, men i tilknytting de tre områdene ble også befart og vurdert (ikke kartlagt) i gode snitt langs kystsonen (bruk av båt) eller/og i vegskjæringer. Samtidig med den geologiske kartleggingen ble det utført Schmidthammermålinger og radioaktiviteten i områdene ble registrert med et bærbart scintillometer.

Schmidthammermålingene ble tatt vannrett på mest mulig loddrette vegger. I hver prøvelokalitet ble det tatt tyve målinger på tyve forskjellige steder på veggen. De ti beste



Figur 1. Oversiktskart sett mot nord  
(Høyden er uthevet med 1/2 gang)

resultatene ble brukt i beregning av medianverdi for hver lokalitet. I tillegg ble det registrert dempningen ved at det ble slått ti gang på det samme stedet på veggen. Variasjon i tilbakeslagsverdiene antas å være indikativ for mekaniske egenskaper av bergarten, mens dempningen kanskje gir indikasjon om overflateforvitring. På grunn av det faktum at korrelasjonene er ikke kjent godt nok blir Schmidthammermålingene ikke tatt med for totalvurdering av områdene. Resultatene av måleverdiene er presentert som vedlegg.

Målinger med scintillometeret gjøres på flere forskjellige steder for hvert område, helst med ulikt innhold av mørke mineraler. Det kan opptre store forskjeller i bergartens radioaktivitet, avhengig av mineralinnholdet. Målinger med scintillometeret bør kontrolleres ved vurdering av bergartens innhold av radioaktive mineraler med tynnslipsanalyse.

## 5 RESULTATER

### 5.1 Geologi

Området består stort sett av gneiser og krystallinske skifere av kaledonsk og pre-kambrisk alder, av ubestemt opprinnelse (figur 2). Etter Ramberg [2] er de høymetamorfe bergartene sammenfoldet, med hovedretningen varierer mellom ØNØ og VNV. Kartet til Ramberg betraktes som representativ for hele det kartlagte området. Et mer ajourført, men forløpig kart over Snillfjord, ble laget av Tucker i 1995 [3]. Dette kartet viser betydelige forskjeller i opptreden av gabbro i strøket fra Stokkafjellet i sør til Vilvangheia i vest-nordvest. Området Gjøbergsheia og Kammen faller på vestsida ut fra Tuckers kart.

#### 5.1.1 Gjøbergsheia og Kammen

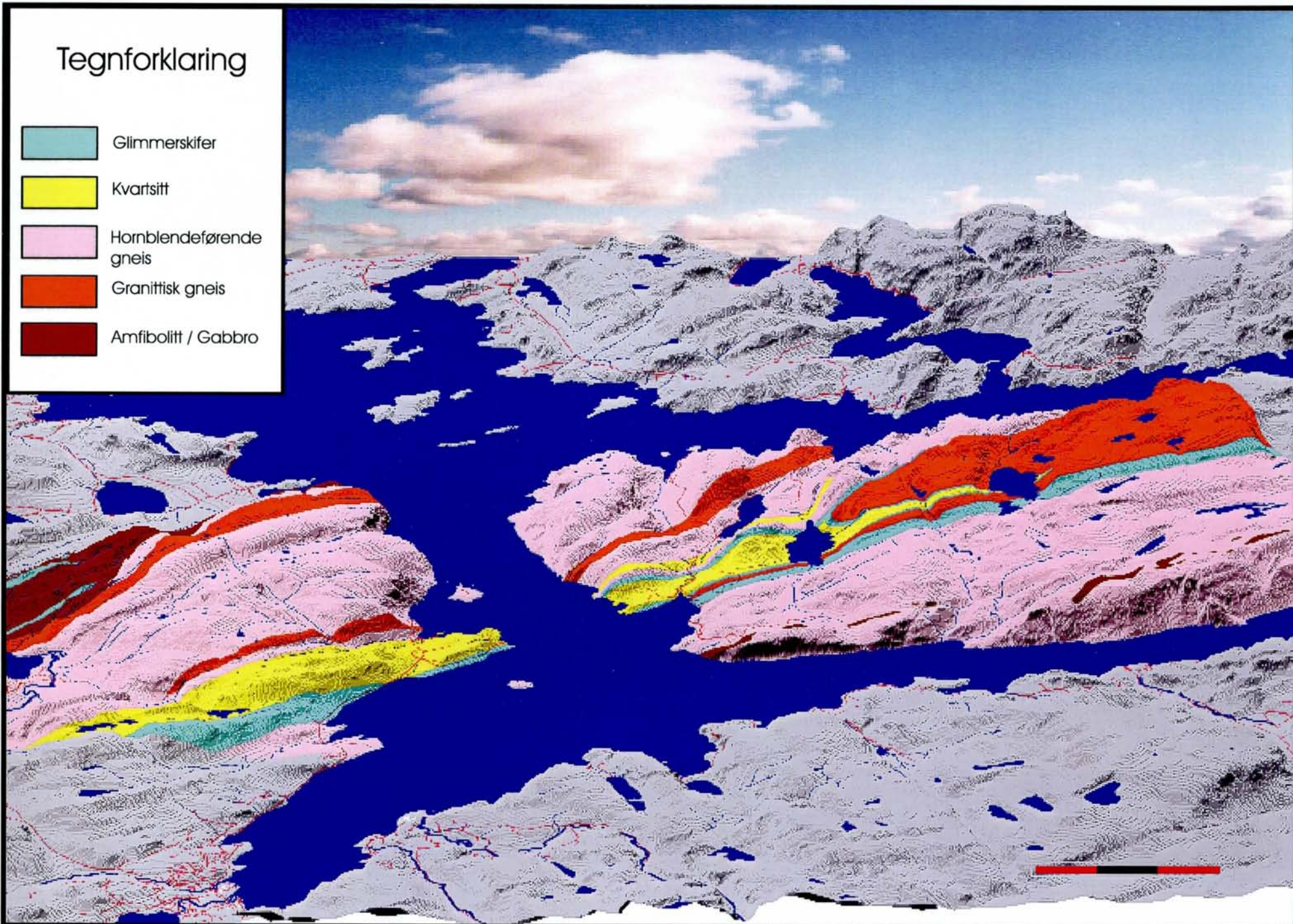
Gjøbergsheia (eller Jøbergsheia) på 483 moh. og Kammen (eller Kamman) på 365 moh. ligger ut mot Hemnefjorden (figur 3). Hovedbergartene i området er rødaktig forvitret hornblendeholdig gneis (~35%), og en hvit forvitret hornblenderik gneis (~65%). Begge de to gneisene inneholder noe biotitt og hornblende, men de hvite har betydelig høyere innhold av disse to mineralene. Stedvis opptre bånding av lag med noe vekslende innhold av hornblende og biotitt. Begge gneisene har en granittisk til granodiorittisk sammensetning. På Rambergs kart vises bare 'udifferensiert gneis'.

Lagningen er svak skrånende og overveiende mot sør-øst, maksimalt 20°, og er i tillegg noe bølgende. Både strøk, båndingen og lagdelingen er parallel og er utpreget i hele området. Folder bølger litt opp og ned (maks 15°) og stuper alltid ØNØ eller VSV.



## Tegnforklaring

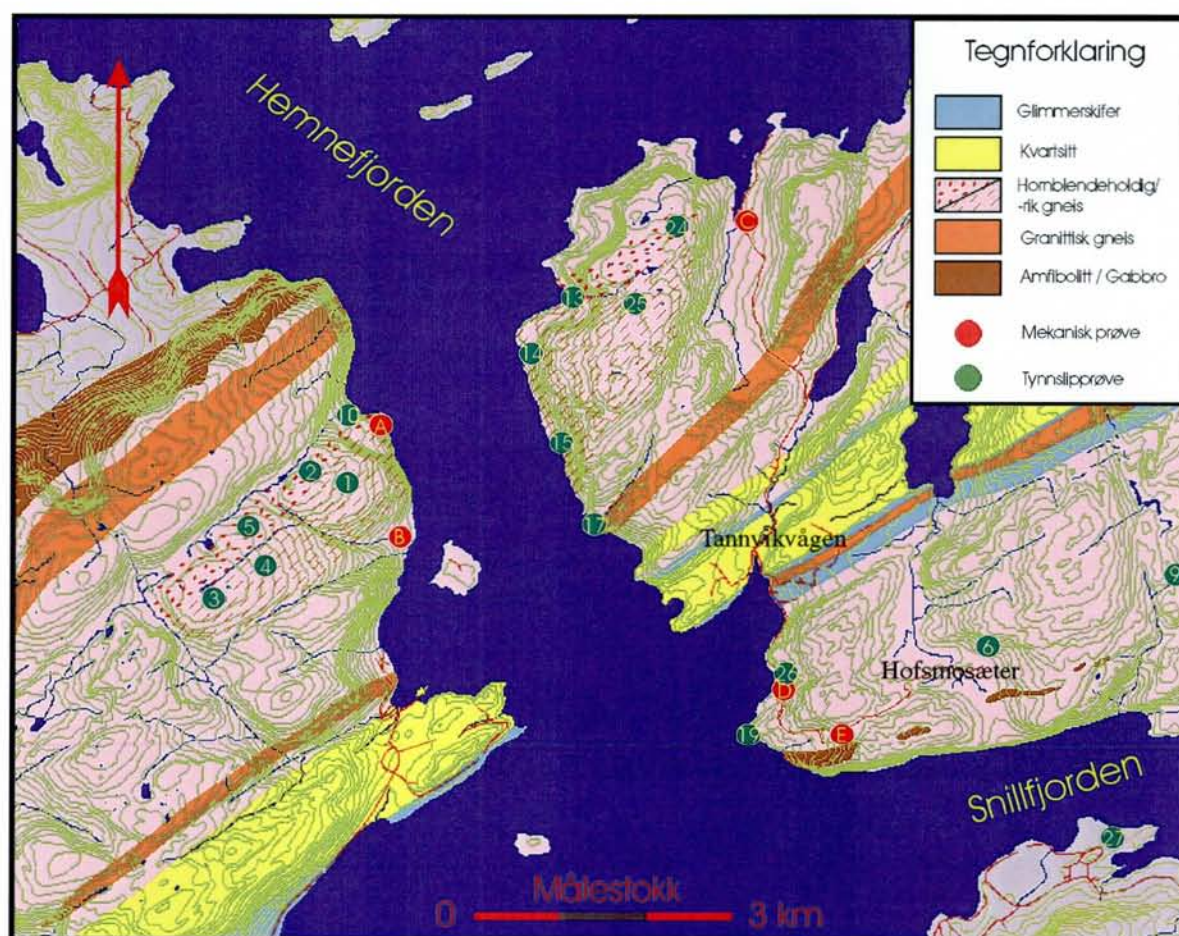
-  Glimmerskifer
-  Kvarsitt
-  Hornblendeførende gneis
-  Granittisk gneis
-  Amfibolitt / Gabbro



Figur 2. Regionalt geologisk kart sett mot nord (Ramberg 1974).  
(Høyden er uthevet med 1/2 gang).

### 5.1.1 Gjøbergsheia og Kammen

Gjøbergsheia (eller Jøbergsheia) på 483 moh. og Kammen (eller Kamman) på 365 moh. ligger ut mot Hemnefjorden (figur 3). Hovedbergartene i området er rødaktig forvitret hornblendeholdig gneis (~35%), og en hvit forvitret hornblenderik gneis (~65%). Begge de to gneisene inneholder noe biotitt og hornblende, men de hvite har betydelig høyere innhold av disse to mineralene. Stedvis opptrer bånding av lag med noe vekslende innhold av hornblende og biotitt. Begge gneisene har en granittisk til granodiorittisk sammensetning. På Rambergs kart vises bare 'udifferensiert gneis'.



Figur 3. Geologisk kart.  
(Hovedsakelig etter Ramberg, 1974).

I blotninger opptrer det grovkornete årer, orientert omtrent parallelt med lagningen. Slike årer er mest utbredt i den hvite hornblenderike gneisen. Dessuten opptrer av og til mindre pegmatitter av felsisk sammensetning på tvers av lagdelingen. Enda sjeldnere finner en finkornete amfibolitter, og da bare ut mot kysten. Uhomogenitetene opptrer innenfor små områder; området i sin helhet virker homogent med hensyn til bergarter og strukturer.

Topografisk framkommer bergartens lagdeling ved at den følger den ØNØ-VSV retningen i området. Lagningen er svak skrånende og faller overveiende mot sør-øst med maksimal 20° fall. Både båndingen og lagdelingen er parallel og er utpreget i hele område.

Tabell 1: Prøvelokaliteter og bergartsnavn. Antydningene 'rik' eller 'holdig' er relative!				
prøve	lokalitet	moh.	farge	bergartsnavn
Gjøbergsheia/Kammen				
1	Kammen	330	hvit	hornblenderik båndet gneis
2	Grasdalen	355	rød	hornblendeholdig gneis
3	Gjøbergsheia	483	hvit	hornblenderik gneis
4	Gjøbergsheia	442	hvit	hornblendeholdig gneis
5	Gjøbergsheia	455	rød	hornblendeholdig aplittisk gneis
A	Kattavika	~10	rød	hornblendeholdig båndet gneis
B	Kattavikneset	~2	hvit	hornblenderik gneis
B	Kattavikneset	~3	mørk	granat amfibolitt

### 5.1.2

### Stokkafjellet

Stokkafjellet ligger ut mot Hemnefjorden mellom Åstfjorden i nord og Snillfjorden i sør. Fjellet er markert som et flatliggende platå med høyeste punkt 362 moh. Geologien er en fortsettelse fra Gjøbergsheia og Kammen på den andre siden av Hemnefjorden. Strukturene, hovedretningene og bergarter er en fortsettelse av Gjøbergsheia/Kammen-området, men på Stokkafjellet har andelen av hornblenderik hvit gneis økt betydelig (figur 3).

Tabell 2: Prøvelokaliteter og bergartsnavn. Antydningene 'rik' eller 'holdig' er relative!				
prøve	lokalitet	moh.	farge	bergartsnavn
Stokkafjellet				
13	Moldvika	~1	hvit	hornblenderik båndet gneis
14	Lilmoldvikneset	~2	rød	hornblendeholdig båndet gneis
15	~Stokkan	~3	rød	hornblendeholdig båndet gneis
16	~Stokkan	~3	mørk	biotitt/klorittamfibolitt (rullestein)
17	Snigeldal	~3	mørk	muskovitt/biotitt amfibolitt
18	Snigeldal	~3	rød	biotitt/hornblende-holdig båndet gneis
19	Hafsmoneset	~3	mørk	malmlag i omvandlet gabbro
20	Hafsmoneset	~15	mørk	omvandlet gabbro; grovkornet
21	Hafsmoneset	~15	mørk	omvandlet gabbro; finkornet
22	Hafsmoneset	~15	mørk	omvandlet gabbro; proto-eklogitt?
23	Hafsmoneset	~4	hvit	hornblendefattig aplittisk gneis
24	Stokkafjellet, myr	265	rød	hornblendeholdig båndet gneis
25	~Moldvikdalen	335	hvit	hornblenderik gneis

Lyse kvarts- og feltspatrike årer forekommer parallelt med strøk og båndingen i begge de to bergartene. Årene er mest vanlig i den hvite hornblenderikere gneisen. Pegmatittiske årer som skjærer hovedretningen på tvers er sjeldnere enn i Gjøbergsheia/Kammen området. Langs fjorden finnes det flere små forekomster av noe omdannet doleritt eller gabbro. Hele området virker homogent med hensyn til bergartene og deres struktur.

### 5.1.3

### Vilvangheia og Kalvtrøneset

Området ligger langs nordsiden av Snillfjorden med høyeste punkt på 459 moh. Selve uttaksområdet ble ikke befart. I stedet ble den nordlige kysten av Snillfjorden kysten befart med båt. De friske vegskjæringene mellom Tannvikvågen og Hafsmosæter gir en god oversikt over de bergartene som opptrer nord for Snillfjorden. Hovedbergarten er de samme gneisene som opptrer i begge de to andre områdene, men i tillegg opptrer det en stor andel av gabbro. Prøvene ble tatt fra gabbro ved Kalvtrøneset på den sørøstlige siden av Snillfjorden (faller ut fra kartet i figur 3). På grunn av opptreden av gabbro betraktes som mindre homogent.

Tabell 3: Prøvelokaliteter og bergartsnavn. Antydninger 'rik' eller 'holdig' er relative! *= <i>ikke vist på kartet i figur 3.</i>				
prøve	lokalitet	moh.	farge	bergartsnavn
<b>Vilvangheia</b>				
6	Hafsmosæter	55	mørk	forvitret gabbro; finkornet
7	Hafsmosæter	58	mørk	forvitret gabbro; middelskornet
8	Hafsmosæter	62	grønn	mylonittisert gabbro; finkornet
9	Hafsmosæter	120	mørk	forvitret gabbro; grovkornet
26	Heggvik	34	mørk	gabbro; middelskornet
<b>Kalvtrøneset*</b>				
27	Selnestangen	~0	grønn	omvandlet gabbro; middelskornet
28	Selnestangen	~0	grønn	omvandlet gabbro; middelskornet
29	Selnestangen	~0	grønn	delvis mylonittisert gabbro
30	Selnes, opp i skogen	~10	mørk	forvitret gabbro; grovkornet
31	Selnes, opp i skogen	~10	mørk	forvitret gabbro
32	Kalvtrøneset	~15	sort	omvandlet grt-holdig gabbro-mylonitt
33	Selnes, like ved kysten	~0	mørk	omvandlet ofittisk gabbro; grovkornet
34	Selnes, like ved kysten	~0	grønn	omvandlet gabbro; koronittisk
35	Selnes, like ved kysten	~0	mørk	omvandlet gabbro
36	Selnes, like ved kysten	~0	grønn	omvandlet gabbro; forvittringsårer
37	Selnes, like ved kysten	~0	grønn	omvandlet gabbro; koronittisk

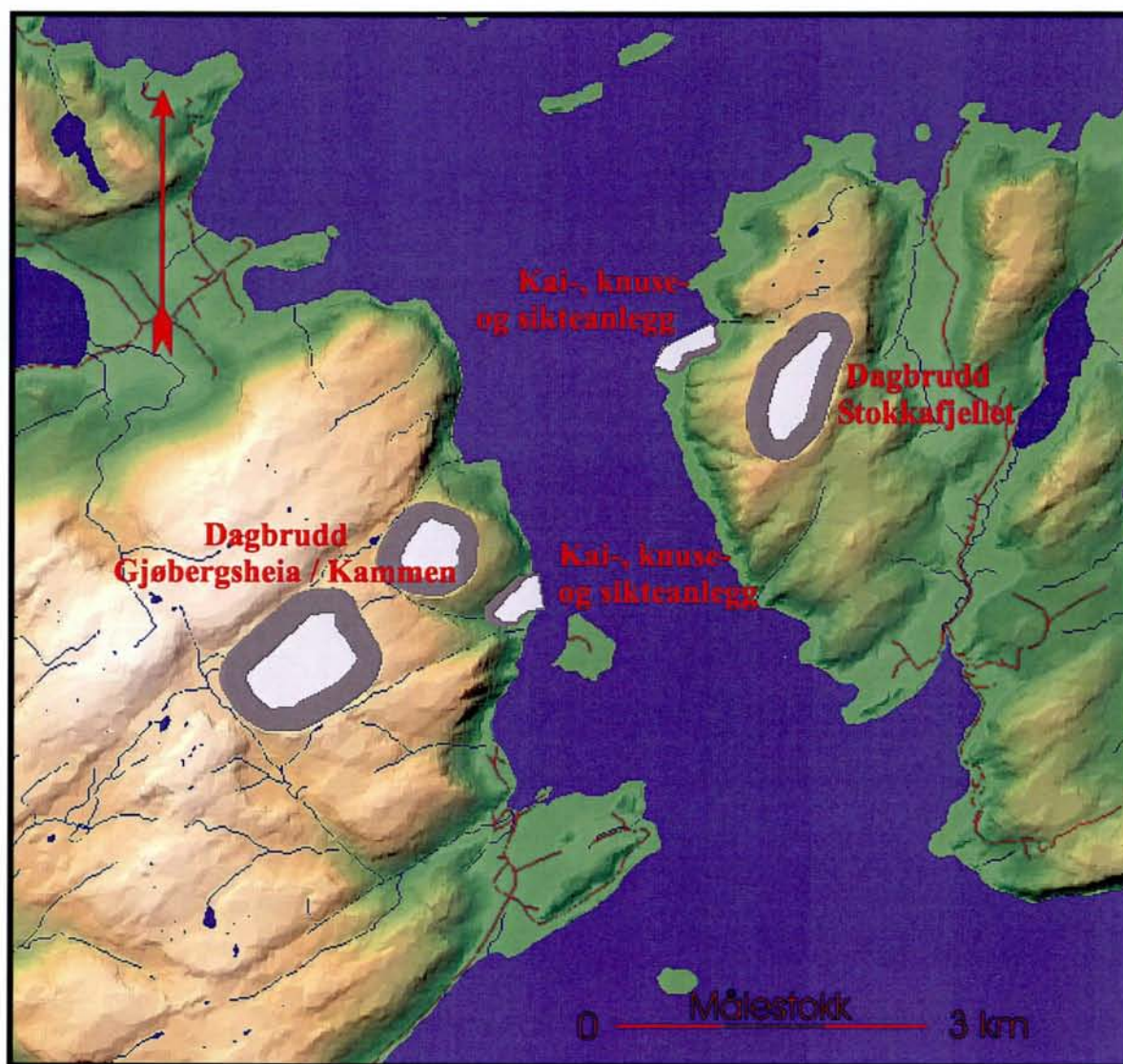
## 5.2 Bergartens egenskaper og forvitring

Forvitring og omvandling er nesten usynlig i fargeløse mineraler som feltspat eller plagioklas, mens kvarts er umottagelig for forvitring i det hele tatt. Derimot er mørke mineraler, som for eksempel olivin, pyroksen, biotitt, osv., mye mer følsom for forvitring. Dersom en bergart inneholder en stor andel av slike mørke mineraler blir hele bergarten mer utsatt for forvitring. Alle bergartene i området viser falming i egenfargen fra overflaten ned til flere centimeters dybde. Tynnslipsundersøkelser viser at de mørke mineraler både i gneisen og noritten som regel er betydelig omdannete. En rød-brun farget avsetning opptrer langs korngrensene, som et resultat av omvandling av mørke mineraler. Dette observeres ikke i gabbroen fordi denne bergarten er tettere mindre porøse enn de andre bergartene.

Ut fra overflateprøver er det vanskelig å si hvor omfattende og hvor dypt forvitring går ned i undergrunnen. I tillegg er det vanskelig å prognosere en eventuell forvitringseffekt på bergartens mekaniske egenskaper. Erfaringsvis vil overflateforvitring påvirke bergarten mekanisk i negativ retning. Det er påvist inntil 30% reduksjon i tallverdiene på de fleste mekaniske egenskapene for prøver som er overflatepåvirket. Påvirkning av forvitring antas å ha en utbredelse som gjør at prøvetaking for mekanisk testing i overflaten ikke er å anbefale. Med dette som bakgrunn ble det besluttet å sløyfe videre undersøkelser for testing av mekaniske egenskaper.

## 6 UTTAKSMULIGHETER

Det er teknisk mulig å anlegge uttak basert på dagbruddsdrift både i Gjøbergsheia/Kammen og Stokkafjellet. Utfordringen er å forme et anlegg som gir minst mulig sjenanse for omgivelsene og som i tillegg er av en viss størrelse som gir en tilstrekkelig tonnasje. Figur 4 viser et utkast til driftsopplegg for de to områdene. Alle uttak er vist samlet uten at det nødvendigvis er aktuelt å gjennomføre et slikt totalopplegg.



Figur 4. Utkast til plassering av anlegg.

## 6.1 Datamodellering av uttak

Etableringen for begge områdene er basert på to driftsfaser. I første fase opparbeides et større kaianlegg, gjerne drevet med et mindre mobilt knuseverk. I neste driftsfase anlegges et større dagbrudd. Det utvidete kaianlegget kan i denne driftsfasen benyttes som oppstillingsplass for et større stasjonært knuse-, sikteanlegget og som lagerplass. I det skisserete utkastet i figur 4 er dagbruddet ved Kammen plassert med en grunnsåle på 50 m.o.h. og med en skråningsvinkel i bruddet på 55° som bør være akseptabelt ut fra stabilitetshensyn. Massene kan transporteres inne i fjellet først i styrtsjakt ned til en stoll hvor massene fraktes ut til det kombinerte knuse-sikteanlegget. Reservegrunnlaget i området kan økes ved å starte uttak innenfor Gjøbergsheia. Sålen i dette dagbrudd er på 100 m o.h. og skråningsvinkelen 55°.

Tilsvarende opplegg kan gjennomføres for Stokkafjellet der bruddet er plassert med en såle på 50 m o.h. og en skråningsvinkel 55°. Figur 5 viser situasjonen med kaianlegg og utdrevne dagbrudd sett både fra tilnærmet bakkenivå og i fugleperspektiv med forskjellig innsynsretning.

Innsynsmessig skjermes begge anleggene godt. Høyereliggende områder i bakgrunnen hindrer at terrengprofilen endres ved at deler av fjelltoppene Gjøbergsheia, Kammen eller Stokkafjellet «fjernes».

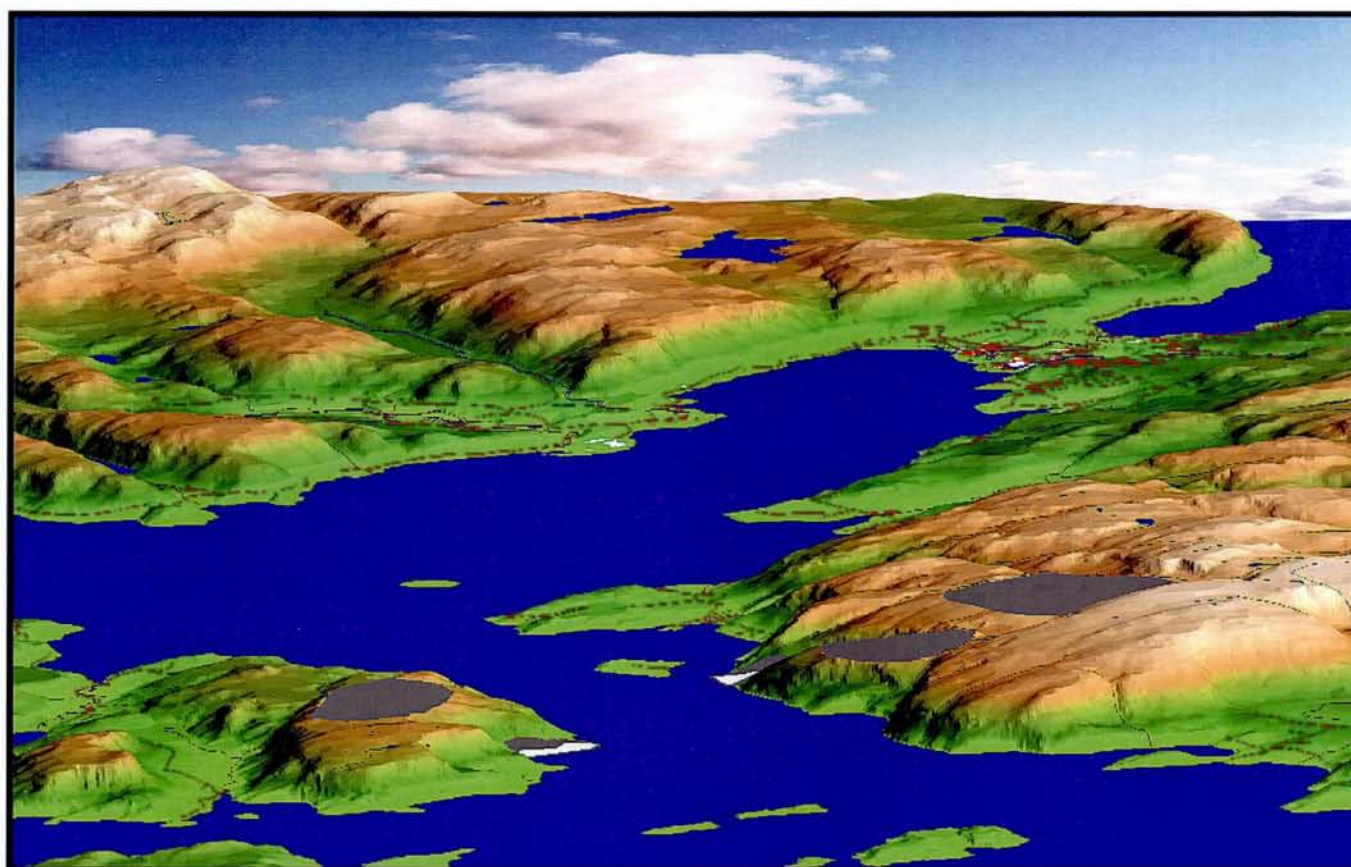
## 6.2 Reserver

Det inngår ikke i denne undersøkelsen å vurdere driftsform, men det skal nevnes at det er utført beregninger som viser at pukkforekomster med uttak i størrelsesorden opp til en million tonn per år kan være konkurransedyktig ved underjordsdrift i forhold til dagbruddsdrift. Underjordsdrift vil effektivt skjermes for skjemmende innsyn.

Totale reserver innenfor det vurderte området vil variere avhengig av hvordan bruddet utformes. Tabell 5 viser reservegrunnlag beregnet for de to områdene som vist på figur 4. Reserveanslaget som er angitt i tonn har blitt beregnet med en antatt densitet på 2,68.



Figur 5. Innsyn mot sør nær bakkenivå.

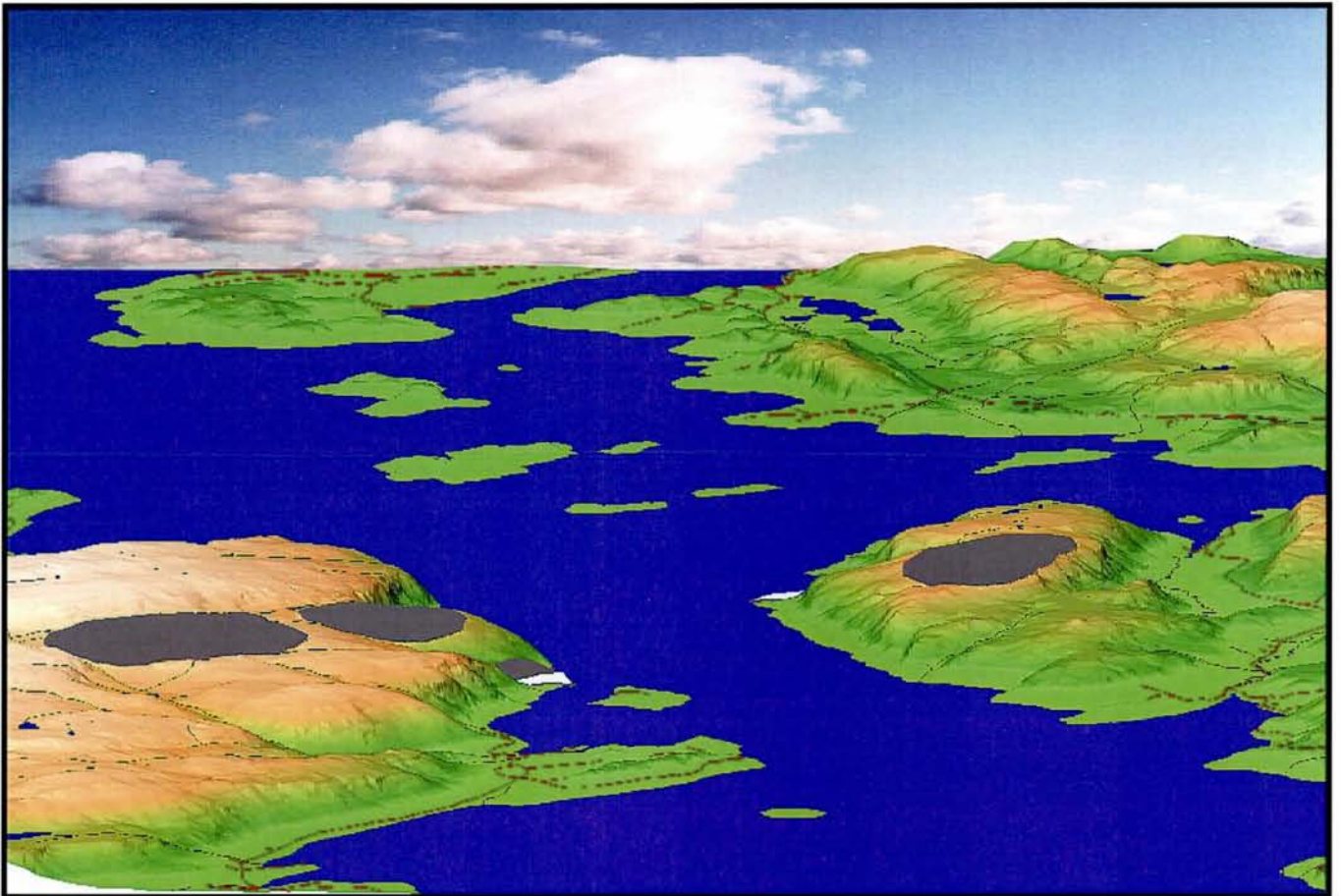


Figur 6. Innsyn mot sør i fugleperspektiv.





Figur 7. Innsyn mot nord nær bakkenivå.



Figur 8. Innsyn mot nord i fugleperspektiv.

Tabell 4: Reserver i millioner faste kubikkmeter (fm <sup>3</sup> ) og metriske tonn.		
	reserver i millioner	
	fm <sup>3</sup>	tonn
<u>Hemne kommune</u>		
kaianlegg	5,3	14,2
Kammen	123	330
Gjøbergsheia	365	980
SUM	495	1325
<u>Snillfjord kommune</u>		
kaianlegg	2,2	5,9
Stokkafjellet	175	475
SUM	180	480

Reservegrunnet er mer enn tilstrekkelig for begge områdene for etablering av et stasjonært pukkverk med en årsproduksjon i størrelsesorden 2-3 million tonn ved minimum 50 års drift.

## 7 REFERANSER

- [1] Erichsen, E (1997): Kystnære store pukker, sørlige deler av Trøndelagskysten. NGU-rapport 97.067: pp 43.
  
- [2] Ramberg, H (1974): Beskrivelse til berggrunnsgeologisk kart over strøket Agdenes-Hemnefjord, Sør-Trøndelag. Norges Geologiske Undersøkelse, Skrifter (9): pp 11. (inneholder kart: Geological Map of the Central Caledonides, Trøndelag, Norway, 1:100.000)
  
- [3] Tucker, RD (1995): Foreløpig berggrunnsgeologisk kart over Snillfjord (1521-4). Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim, 1:50.000.

## VEDLEGG

### 1 Utvidt petrografi

#### 1.1 Prøvemethoden

Det ble laget standard petrografiske tynnslip, enkelsidig polert slik at det er mulig å undersøke kjemien med elektron mikro-probe analyser (EMPA). Av de finkornete bergartene ble det laget bare ett slip av hver prøve mens av de mere grovkornete som gabbro det ble laget flere slip. Spesiell oppmerksomhet ble viet eventuell forvitring av mineraler. Tynnslipene ble analysert med petrografisk polarisasjonsmikroskop Leitz Orthoplan Pol i gjennomfallende lys. Mineralinnhold er vurdert skjønnsmessig, uten punkttelling.

#### 1.2 Hvit hornblenderik gneis

Denne bergarten opptrer både på Gjøbergsheia/Kammen og Stokkafjellet (se kartene). Slipene 1, 3, 4, og 11 ble tatt fra det første området, slipene 13, 23, og 25 fra det andre. Hovedmineralene er kalifeltspat, plagioklas, kvarts, klino-amfibol og biotitt. Kalifeltspat har som regel et tartanmønster og er ofte pertittisk med deformerte albittiske slirer. Plagioklasen er cirka An<sub>30</sub> (oligoklas) og har ofte grumset, forvitret kjerne. Kvarts opptrer som 'blebs' i myrmekittiske sammenvoksninger med plagioklas, og i klinoamfibol. Hovedmengden av kvarts opptrer blant kalifeltspat og plagioklas i bergarten, og som mikrokorn i tynne soner, og finnes hyppig i alle tynnslipene.

Den hornblendiske amfibolen er tett sammenvokst med avrundte kvartskorn, samt euhedrisk titanitt eller/og allanitt. Biotitt er parallelt sammenvokst med kloritt. Dessuten opptrer det noe klinozoisitt, zirkon, apatitt og opake mineraler (oksydiske) i svært underordnede mengder. Rød-brun fargete avsetninger langs korngrenser og langs spalteflater i feltspat antyder forvitring av jernholdige mineraler.

#### 1.3 Rød hornblendeholdig gneis

Denne bergarten opptrer også både på Gjøbergsheia/Kammen og Stokkafjellet (se kartene). Slipene 2, 5, og 10 er av prøver fra det første området, mens slipene 14, 15, 18, og 24 er fra

Stokkafjellet. Kalifeltspat, plagioklas, kvarts, klino-amfibol og biotitt er de viktigste hovedmineralene. Kalifeltspat er tartanmønsteret og er som regel noe pertittisk. Plagioklas ( $\sim An_{30}$ ) har ofte grumset kjerne, eller er grumset langs tvillingsplanene. Kvarts opptrer som løse korn (ofte mikrokorn), og ofte som 'blebs' i myrmekitt i plagioklas eller i klinoamfibol.

Hornblendene er tett sammenvokst med biotitt, mye mer enn i den hvite gneisen. Opaker, titanitt, epidot og allanitt opptrer som regel i nærheten av amfibol og er alltid underordnede. Klare, fargeløse korn av apatitt eller/og zirkon er jevnlig spredt i tynnslipene. Misfargingen i håndstykkene er synlig i tynnslipene som røde eller brun-gule avsetninger langs mineralenes korn grenser eller spalteflater.

#### 1.4 Amfibolitt

Denne bergarten forekommer i hele strøket, men bare stedvis og da som mindre partier av noen meters størrelse. Den danner foldete ganger som tydeligvis er blitt deformert og omdannet av metamorfosen i området. Felles hovedmineraler er hornblendisk amfibol og kalkrik plagioklas ( $\sim An_{45}$ ) og noen andre mineraler. Forvitringen kan være betydelig.

- *prøve 12*: amfibolitten inneholder en betydelig mengde av lysfarget granat; kvarts og feltspat finnes ikke. Rødbrun biotitt er svært underordnet mens rutil er hyppig i bittesmå korn over hele slipet. Opakmineraler er vanlige. Det finnes noe retrograde muskovitt men alle mineraler virker for øvrig friske. Hele prøven betraktes som forholdsvis frisk og uforvitret.
- *prøve 16*: inneholder flere større og sonerte korn av augitt, som er omvandlet langs korn grensene til en kvarts-aktinolitt symplektitt. Det finnes noe granat mens kvarts og feltspat er meget sjelden. Biotitter inn i pyroksenene er røde, mens de ellers har en grønn farge. Opake mineraler er sjeldne. Muskovitt i sprekker antyder noe retrogradering, men prøven virker for øvrig frisk.
- *prøve 17*: amfibolen viser omdanning til kloritt med mindre mengder av klinozoisitt. Plagioklasen er fullstendig saussurittisert og viser av og til rødbrun misfarging. Muskovitt finnes overalt i hele prøven i små flekker, og opake mineraler er nesten alltid symplektittisk sammenvokst med titanitt eller/og epidot. Dessuten opptrer det kalsitt, både i sprekker og i hulrom. Kalsittens fordeling og utseende tyder på at den er dannet sekundær varende omfattende omvandling ved lavtemperatur.

## 1.5 Gabbro

Gabbro forekommer som enkelte isolerte kropper i det forøvrig felsiske området (Tucker 1995). Forekomstene er alltid sonert og har en kjerne av olivingabbro og en ytre rand av pyroksenholdig gabbro som heter noritt. Begge soner har makroskopisk ofittisk tekstur og virker middels til storkornet. Randsonene ble mer utsatt for omdannelse enn kjernene; norittiske rendene er derfor betydelig mer omdannet enn gabbro-kjernene. Hovedminerale er plagioklas (~An<sub>55</sub>) pluss olivin eller/og orthopyroksen, mens augitt og opake mineraler opptrer i mindre mengde. Mellom olivin og plagioklas på den ene side eller mellom ilmenitt og plagioklas på den annen side finnes det svært komplekse reaksjonssoner (koronaer), og i norittene mellom pyroksen eller opak og plagioklas. Noritt er som regel betydelig mer omvandlet enn olivingabbro.

- *olivingabbro*: i feltet virker den brun på grunn av olivinenes forvitring. Mineraler og strukturer i bergarten er primær magmatisk, nesten helt uten senere omdannelse. Hovedminerale er olivin, plagioklas, klinopyroksen, opak (muligens ilmenitt, ofte sammenvokst med mørkegrønn hercynitt), og biotitt. Koronaer inneholder ortopyroksen, lys spinell og amfibol eller biotitt i tett sammenvokst. Plagioklas er mørkebrun eller blågrønn på grunn av høyt innhold av mikrofinkornete mørke spineller; i håndstykkene virker plagioklasen sort. Alle mineraler virker friske, bare olivin er delvis men alltid i mindre grad omvandlet til serpentin.
- *noritt (pyroksengabbro)*: hovedminerale er plagioklas, orthopyroksen, noe augitt og opak. På de grensene mellom pyroksen og plagioklas og langs spalteflater i plagioklas opptrer det reaksjonsrender av granat. Det opptrer også zoisitt i langstrakte men oppsprukket klare krystaller. Kloritt erstatter delvis eller fullstendig de mørke mineralene, og plagioklasene er ofte saussurittisert med grumset kjerner. Den opprinnelige ofittiske tekturen er blitt bevart makroskopisk, mens tynnslipene viser at alle mineralene er omkrystalliserte.
- *blastomylonittisk gabbro*: forekommer som tynne bånd i forøvrig uforstyrret gabbro, og virker da meget finkornet. De har en meget godt utviklet fin foliasjon, men er nå fullstendig omkrystallisert. Bergarten inneholder plagioklas, klinopyroksen, rød granat, hornblendittisk amfibol, biotitt og opak, men aldri olivin. Mylonittene er ubetydelige i hele området, men representerer svakhetsoner i gabbroen hvor forvitringen kan trenge langt dypere inn.

## 1.6 Mineralsammensetninger

Tabell 5 gir oversikt over mineralsammensetning, basert på skjønsmessig tynnslipsanalyse uten punkttelling. Pyroksen i spalten 'px' omfatter både augitt, diopsid, ortopyroksen, og så videre. I gneis er opake mineraler i de fleste tilfeller magnetitt, i gabbro ilmenitt.

Tabell 5: Mineralinnhold i undersøkte bergarter, fordelt på område. Videre forklaring i teksten.															
prøve	lokalitet	korn	kfs	pl	qtz	ol	px	cam	grt	bt	ms	chl	ep	opk	øvrige
<b>hvit hornblenderik gneis</b>															
1,3,4,11	Gjøbergsheia	mu	25	33	25	-	-	8	-	5	-	2	-	<1	aln, ap, ttn, zrn
23,25	Stokkafjellet	mu	30	35	30	-	-	2	-	1	-	1	-	<1	aln, ap, ttn, zrn
13	Stokkafjellet	mu	40	15	20	-	-	15	-	5	-	2	3	<1	aln, ap, ttn, zrn
<b>rød hornblendeholdig gneis</b>															
2,5,10	Gjøbergsheia	mu	20	32	25	-	-	12	-	7	-	3	<1	<1	aln, ap, ttn, zrn
14,15,18,24	Stokkafjellet	mu	22	30	25	-	-	10	-	7	-	3	<1	<1	aln, ap, ttn, zrn
<b>amfibolitt</b>															
12	Gjøbergsheia	mj	<1	15	<1	-	-	70	10	<1	<1	-	-	<1	aln, ap, rut, zrn
16	rullestein	mu	<5	25	<5	-	10	45	<2	5	<1	<1	-	<1	ap, zrn
17	Stokkafjellet	mu	<5	40	<5	-	-	40	<3	-	<1	8	<1	<1	ap, cal
<b>noritt (pyroksengabbro)</b>															
6,7,9	Hafsmosøter	mj	<1	45	<5	-	20	12	7	3	<1	1	<1	5	ap
19,20,21	Hafsmoneset	mj	<1	40	<5	-	25	8	7	5	-	3	<1	5	ap
27,28	Selnestangen	mj	<1	40	<5	-	8	8	12	5	-	15	<1	5	ap, krb
30,31,33	Selnes	gj	<1	45	2	-	30	5	5	<1	-	3	<1	8	ap
<b>olivingabbro</b>															
22	Hafsmoneset	mj	-	60	-	7	20	-	-	2	-	-	-	3	hc, spl:8%, srp
26	Heggvik	mj	-	60	-	6	20	-	-	3	-	-	-	2	hc, spl:8%, srp
34,35,36,37	Selnes	mj	-	65	-	3	10	-	-	7	-	4	-	4	hc, spl:5%, srp
<b>blastomylonittisk gabbro</b>															
8	Hafsmosøter	fj	<5	25	10	-	2	15	25	5	2	2	~1	3	ap, ttn, zo?, zrn
29	Selnestangen	mu	7	35	10	-	-	35	-	3	<1	5	<1	3	ap, krb, spl, ttn
32	Kalvtrøneset	fj	7	30	<5	-	20	15	15	3	-	<1	<1	3	ap, spl?, ttn, zo?
Avkortingene betyr: aln=allanitt; ap=apatitt; bt=biotitt; cal=kalsitt; cam=kliinoamfibol; chl=kloritt; ep=epidot + klinozoisitt; grt=granat; hc=hercynitt; kfs=kalifeltspat; krb=karbonat; ms=muskovitt; ol=olivin; opk=opak; pl=plagioklas; px=pyroksen; qtz=kvarts; rut=rutil; spl=spinell; srp=serpentin; ttn=titanitt; zo=zoisitt; zrn=zirkon. Kornstørrelser er oppgitt som: f=fin <1mm; m=middele 1-2mm; g=grov 2-5mm; st=stor >5mm; j=jevnkornet; u=ujevnkornet.															

## 2 Schmidhammermålinger

I tabell 6 nedover finnes en oversikt over måleverdiene fra Schmidhammermålingene fra Snillfjordområdet. Som 'Schmidhammerverdien' ble antatt medianverdien av de ti beste slag av i alt tyve slag totalt. De ti dårligste slagene blir ikke brukt i de videre beregningene.

Usikkerheten ved målingene er som vanlig oppgitt som  $2\delta$ , det vil si to ganger standarddeviasjon av de ti beste prellingsverdiene.

Dempningseffekten er oppgitt som den maksimale økningen i prellingsverdi i prosent i forhold til begynnelsesverdi, og svikteslaget er det slaget hvor det først opptrer en forminking av prellingsverdiene etter de opprinnelige forbedringene. Måleverdiene er som vanlig for slike bergartstyper, men varierer betydelig fra  $50 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$  for de dårligste gneisene (begge to varianter) opp til  $70 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$  for en olivingabbro. Også måleusikkerhetene varierer mye, helt fra ( $2\delta$ )  $11,6 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$  for rød gneis på Stokkafjellet til bare  $1,2 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$  for noritt langs sjøen ved Selnestangen.

Tabell 6: Oversikt over representative verdiene av Schmidhammermålinger, fordelt per prøvested. Videre forklaring i teksten.								
prove	lokalitet	korn	prellingsverdi ( $\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$ )				demp.	svikt slag
			min.	maks.	med.	$2\delta$	%	
<b>hvit gneis</b>								
3	Gjøbergsheia	mu	45	58	50	8	64	4
–	Kattavikneset*	–	55	61	58	4,2	–	–
–	Sponlandet*	–	60	70	64	5,4	–	–
13	Moldvika	mu	56	65	61	6,2	35	5
<b>rød gneis</b>								
5	Gjøbergsheia	mu	52	70	56	10	21	4
10	Kattavika	mu	62	73	66	6	11	3
14	Lilmoldvikneset	mu	59	63	60	2,6	5	3
24	Stokkafjellet, myr	fj	38	54	50	11,6	16	5
–	Flesvik*	–	61	68	63	3,6	–	–
<b>amfibolitt</b>								
12	Kattavikneset	mj	59	66	61	4,8	3	6
17	Snigeldal	mu	54	62	56	4,2	29	6
<b>noritt (pyroksengabbro)</b>								
27	Selnestangen	mj	66	68	67	1,2	1	6
30	Selnes, i skogen	gj	49	65	57	8,8	49	5
<b>olivingabbro</b>								
26	Heggvik*	mj	60	67	61	4,8	–	–
34	Selnes, langs kysten	mj	68	72	70	2,4	1	5
<b>blastomylonittisk gabbro</b>								
32	Kalvtrøneset	fj	58	74	61	8,6	5	4
<b>øvrig gneis (utenav de kartlagte områdene)</b>								
23	Hafsmoneset	mu	63	70	65	3,6	5	3
25	~Moldvikdalen	mu	58	68	62	6,4	11	4
–	Tannvikvågen*	–	46	60	54	7,8	–	–

\*=data fra før; --ingen data. Kornstørrelser er oppgitt som: f=fin <1mm; m=middels 1-2mm; g=grov 2-5mm; st=stor >5mm; j=jevnkornet; u=ujevnkornet.



Dempningseffektene varierer fra flere titalls prosent for forvitret (gneis) eller grovkornet berg (noritt) til få percent for finkornet frisk berg som noritt eller olivingabbro. Også to gneiser og den blastomylonittiske gabbroen har en bra dempning. Det vises ingen klar forbindelse mellom antall slag til bergarten svikter ved sprelling med Schmidhammeren, og spredningen i dempning.

Fra resultatene i tabell 6 ble det beregnet gjennomsnittsverdier for både prelling og dempning. Resultatene finnes i tabell 7. Det gjøres oppmerksom at snittverdier ut fra to prøver ikke bør betraktes som statistisk forsvarlig, men bare som en indikasjon!

Tabell 7: Beregnede gjennomsnittsverdiene av Schmidhammermålinger, fordelt per bergart. Videre forklaring i teksten.									
bergarts navn	prellingsverdi ( $N \cdot mm^2$ )					$n_{demp}$	demp. %	$2\delta$	svikt slag
	$n_{prell}$	min.	maks.	med.	$2\delta$				
hvit gneis	4	54	64	58	6,1	2	50	41	5
rød gneis	5	54	66	59	7,6	4	13	13,7	4
amfibolitt	2	57	64	59	4,5	2	16	36,8	6
noritt (pyroksengabbro)	2	58	67	62	8,9	2	25	67,9	6
olvingabbro	2	64	70	66	3,8	1	1	–	5
blastomylonittisk gabbro*	1	58	74	61	8,6	1	5	–	4
øvrige gneis	3	56	66	60	6,2	2	8	8,5	4

\*=ingen gjennomsnitt; bare en måleverdi tilgjengelig

Gjennomsnittsverdiene indikerer at gneisen sannsynligvis er påvirket av forvitring, noe som for øvrig stemmer med tynnslipsanalysene.

Spredning i resultatene kan i teori skyldes til variasjoner i bergartens kvalitet, men skyldes her sannsynligvis for få antall målinger. Dermed blir det umulig å forklare verdiene på en kvantitativ måte som en prosentvis forminking av bergartenes mekaniske egenskaper. NGU jobber hardt for å få flere data.