

---

RAPPORT

# Bergteknisk vurderinger av deponi

---

OPPDRAKSGIVER

Veidekke Entreprenør AS

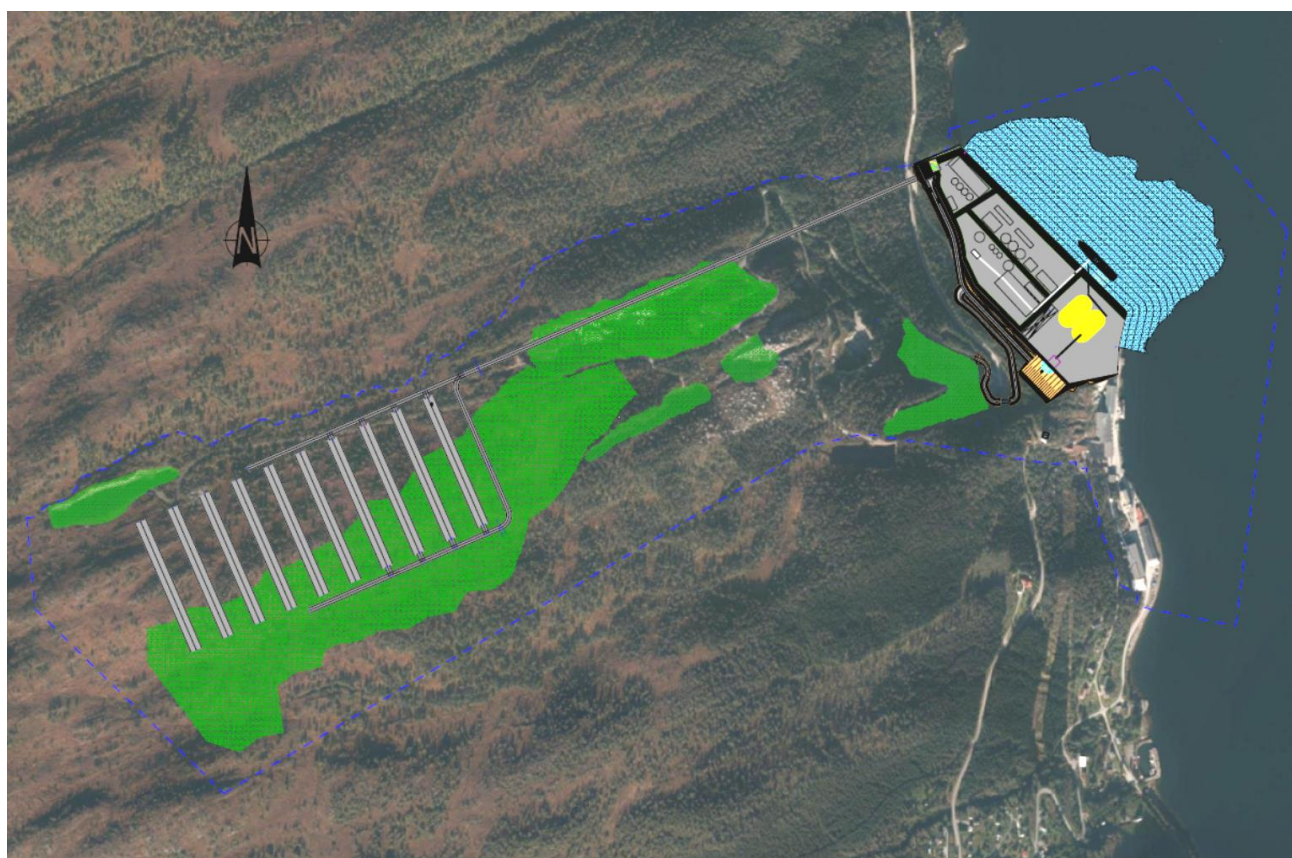
EMNE

Bergteknisk beskrivelse

DATO / REVISJON: 13. september 2017 /

DOKUMENTKODE: 617153-1-RIGberg-RAP-001

---



Multiconsult

## **Forsiden viser planlagt plassering av daganlegg og deponi**

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Bergteknisk vurdering av deponi.</b>	DOKUMENTKODE	617153-1-RIGberg-RAP-001
EMNE	Bergteknisk beskrivelse	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Veidekke Entreprenør AS</b>	OPPDRAGSLEDER	Frode S. Arnesen
KONTAKTPERSON	Veidekke ved Vidar Aarvold/Jostein Veåsen	UTARBEIDET AV	Frode S. Arnesen
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 455375 NORD: 6967476	ANSVARLIG ENHET	2214 Bergen Bergteknikk
GNR./BNR./SNR.			

## SAMMENDRAG

Bergmesteren Raudsand AS har utarbeidet et forslag til deponi for farlig uorganisk avfall i haller på 400 000m<sup>3</sup> sprengt ut i berg med 400m overdekning på selskapets eiendom i Nesset kommune. Undersøkelser av berg og grunnvann utført av NGU, Sintef og Norconsult er gjennomgått og lagt til grunn for vurdering av anleggets gjennomførbarhet.

Q – verdier er beregnet til mellom 2,96 og 33. Måling av bergarters trykkstyrke fra kjerneborehull i området har gitt enakset trykkfasthet mellom 78.9 og 133 Mpa. Bergspenningene i regionen er målt til å være moderate med største hovedspenninger rettet nord-sør/øst- vest. Omfang av sikringsarbeider i hengen er i hovedsak ventet å være 80 – 120 mm fiberarmert sprøytebetong og bolter 5 – 6 m lange systematisk i avstand 1,5m til 2,5m. I veggene vil sikringsomfanget bli lavere, 40 – 80 mm sprøytebetong og 3-6 m lange bolter c/c 2-4m.

I tråd med vanlig norsk praksis med bergsprengning og sikring vurderes det anlegget som er planlagt etablert på Raudsand å være gjennomførbart på linje med andre prosjekter med store fjellhaller i Norge.

For di utsprenningen av hallene må utføres suksessivt og skånsomt for å ivareta stabiliteten i hallene, vil ikke de eksisterende gruverommene på Raudsand bli utsatt for rystelser som er så kraftige at det blir økt sannsynlighet for ras i disse. Grunnvannet rundt deponihallene vil hindre kontakt med en eventuell gassfase som eventuelt er i gruveområdet

I driftsperioden vil anlegget holdes drenert og innadrettet vannstrøm vil hindre forurensing i å bre seg med grunnvannet.

Observasjoner og målinger i driftsfasen vil gi ytterligere grunnlag for å utforme tetting og endelige plugger slik at man unngår spredning av forurensing etter at deponiet er avsluttet.

04	27.11.2017	Revidert kapittel 6 pga. nye opplysninger om Raudsand Gruber	Frode S. Arnesen	Per Heimli	<a href="#">Frode S. Arnesen</a>
03	05.09.2017	Intern kontroll	Frode S. Arnesen	Per Heimli	Frode S. Arnesen
02	30.08.2017	Supplerende tegninger og kommentar	Frode S. Arnesen		
01	08.06.2017	Til oppdragsgiver for kommentar	Frode S. Arnesen		
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Geologiske undersøkelser og resultater .....</b>	<b>5</b>
2.1	Utførte undersøkelser for Bergmesteren .....	5
2.2	Tidligere undersøkelser på Raudsand .....	<a href="#">65</a>
2.3	Bergspenninger .....	7
<b>3</b>	<b>Kort beskrivelse av deponihaller utviklet av Bergmesteren AS .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Generelt om utforming av bergrom .....</b>	<b>8</b>
4.1	Bredde .....	8
4.2	Høyde .....	9
4.3	Pilarer .....	10
4.4	Tunneler .....	10
4.5	Plugger .....	11
<b>5</b>	<b>Sikringsomfang i fjellhallene. ....</b>	<b>11</b>
5.1	Parametre for vurdering av utforming .....	11
5.2	Omfang av sikringsarbeider. ....	<a href="#">1112</a>
5.3	Omfang av injeksjonsarbeider .....	12
<b>6</b>	<b>Påvirkning av eksisterende forlatte gruverom .....</b>	<b><a href="#">1213</a></b>
6.1	Stabilitet .....	13
6.2	Påvirkning fra rystelser ved sprengning .....	13
6.3	Påvirkning av gassfase i de gamle gruveanlegg .....	14
<b>7</b>	<b>Vurdering av gjennomførbarhet .....</b>	<b>14</b>
7.1	Overvåking .....	14
7.2	Tiltak i driftsfasen .....	14
7.3	Tiltak etter driftsfasen .....	14
<b>8</b>	<b>Videre vurderinger og undersøkelser ved oppstart av prosjekt. ....</b>	<b>15</b>
<b>9</b>	<b>Referanser: .....</b>	<b>15</b>

## 1 Innledning

Bergmesteren as planlegger å etablere et deponi for farlig avfall med lavt organisk innhold ved det eksisterende industriområdet på Raudsand i Nesset kommune.

Det er tatt utgangspunkt i anlegget slik det er beskrevet i prosjektmaterialet.

Deponiet vil bestå av et anlegg i dagen og et deponi i bergrom under dagen.

Rapporten går gjennom forutsetningene for hvordan anlegget i berg skal bygges, tilpasset det en vet fra erfaringer med tilsvarende anlegg og fra resultatene fra de geologiske undersøkelser som er utført.

## 2 Geologiske undersøkelser og resultater

### 2.1 Utførte undersøkelser for Bergmesteren

NGU har utført elektromagnetiske målinger og helikoptermålinger i 2015, rapport nr. 206 037 og 206.043

Båsum Boring har utført fem borer i 300 til 350 m lengde i 2016 – 2017 der mye av hensikten har vært å kartlegge utstrekningen til amfibolitt og malm som ble påvist ved helikopterundersøkelsene.

NGU utførte grunnvannslogging i de borede hullene med optisk og akustisk televiwer og andre målemetoder for å kartlegge berggrunn og grunnvann med hensyn på kjemisk sammensetning og fysiske egenskaper, det vises til rapportene NGU 2017 020 og 2017.024. I kapittel 6 oppsummeres resultatet av sprekkemålinger utført med optisk televiwer, der det presenteres intensitet og retning på sprekker.

NGI har kategorisert bergarten ved tolking av bilder fra televiwer. Borhull 2-5 ligger innenfor det området der hallene er planlagt. Hallene ser ut til for en stor del å ligge inne i grå gneis, men innslag av amfibolitt i den dype delen tyder på at det forekommer en del lokal variasjon mellom gneis og amfibolitt i hallene. P-bølgehastighet er målt i borehull 2 og 3. Fra topp borhull til ca. 60 m under dagen er P-bølgehastigheten ca. 4000m/s og dette stiger til 5000 – 5500 m/s ved 300 m dyp for begge borehull. En mulig dypforvitringssone funnet ved tolking av helikoptermålingene ligger nær borhull 2 og 3. Det er ikke indikasjoner på at berget er svekket i dette området.

Sprekkeretningene varierer ikke veldig mye fra hull til hull, men de ser ut til å gå mye på tvers og på langs av hallene.

## 2.2 Tidligere undersøkelser på Raudsand

Bergarter og malm ved Raudsand er beskrevet inngående av geolog Hans Peter Geis, som beskriver at det fra 1899 til 1962 er tatt ut ca. 5,8 mill. tonn innenfor et område på ca. 0,6 km<sup>2</sup>. Publikasjonen gir omfattende referanser til tidligere geologiske undersøkelser av bergarter, malmer, strukturgeologi og alder, blant annet analyser av gneisbergartene der totalt jerninnhold er ca. 2%.

Data fra katalog fra Sintef bergteknikk, Publikasjon STF-A98034

Prøve nr.	Bergart	Trykkfasthet, MPa	Strekkfasthet, MPa	E- modul GPa	Poissons tall	
F80027	Gneis	133,1	17,1	51	0,170	
F74005- F79019 F89927	Amfibolitt	78,9 – 97,20		37,20 -104	0,15 – 0,29	
F77019 97013	Magnetitt- malm	96,0 -97,9	15,7-16,0	51,5-52,5	0,210	

Det foreligger også en artikkel av Dr.rer.nat.Hans Peter Geis ref./2/ som beskriver et ras i et utdrevet magasin på kote -100 som spredte seg opp til dagoverflaten, ca. 35 m fra strandlinjen. Artikkelen beskriver hvordan raset ble gjenfylt, og området med ras ble isolert med støpte propper og gjenfylt med sand. Arbeidene bekrefter at berget rundt raset kunne begrenses, og at berget i seg selv var tett nok til at aktivitet i gruva kunne fortsette med propper med tykkelse på 3,8 m på 100m dyp og 5,0 m på 150 m dyp.

## 2.3 Bergspenninger

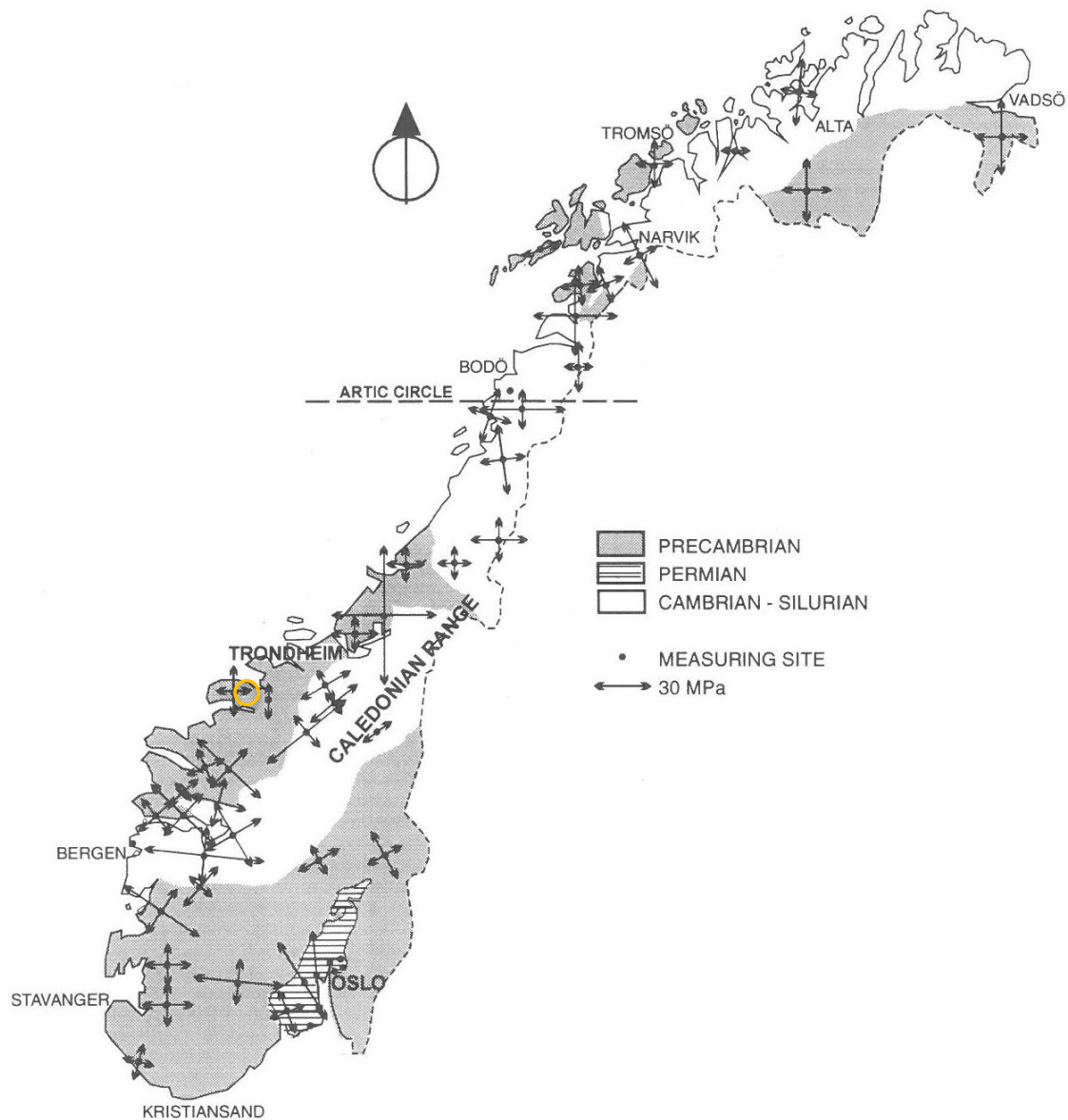


Figure 5.8 Directions and magnitudes of horizontal rock stresses in Norway (modified after Myrvang, 1993).

Figur 1 Utdrag fra ref/5/. Oversikt over retning og størrelse på horisontalspenninger i Norge Området markert med sirkel er nært Raudsand, og viser betydelige horisontalspenninger i nord- sør retning

De regionale spenningene som vist på figur 1 viser at de horisontale spenningene i de nærmeste målingene er orientert nord-syd / øst-vest. Dette er både på langs og på tvers av hallretningen. Man kan forvente at nivået på horisontalspenningene øker med en k-verdi på 0,7 – 1. Bidraget i spenningene fra terrenget over vi øke innspenningen på tvers av hallene, men ventes ikke bli så høye at man får bergslagsaktivitet.

### 3 Kort beskrivelse av deponihaller utviklet av Bergmesteren AS

Deponiet skal ha adkomst fra Veidekke Industris eiendom ved utløpet av Holåvollbekken. Hallene blir liggende med ca. 350m terrengoverdekning under ei skrånede li sørøst for Grønfjellet, 678 m.o.h. Beliggenheten til haller og tunneller er vist på forsidebildet. Toppen på hallene er planlagt på ca. kote 15, mens bunnen av hallene er planlagt på ca kote -35.

Hallene er planlagt med en største høyde på 60m, bredde 25m og lengde 300m. Orienteringen til hallene er med lengste akse i retning på tvers av bergartens foliasjon i retning ca. NNV-SSØ, som også er noenlunde langs fallet på åssiden mot Grønfjellet. Dette er også noenlunde på tvers av potensialet til grunnvannet i berget, slik at hallene blir liggende på linje langs den antatte strømningsretningen.

Fra hall til hall er det satt av en pilar med bredde på ca. 50 m mellom hallene. Fra adkomsttunnelen skal det gå en transporttunnel til bakre ende av hallene for utlasting av stein. Forbindelsen mellom deponihallen stenges med en tett plugg når det klargjøres for deponering.

### 4 Generelt om utforming av bergrom

Store bergrom for annet en gruvedrift har man arbeidet med i Norge siden de første kraftanleggene ble plassert i berg. Seinere er etablering av et hundretall stabile bergrom for mange andre formål utredet, modellert og gjennomført, i hovedsak fra 1970 – tallet til nå. Ved NGIs forskning og etablering av Q- systemet for klassifisering av berg med tilhørende utforming av nomogram for dimensjonering av sikringsmetoder for bergrom har norsk fagekspertise bidratt til sikker utbygging av anlegg i berg over hele verden. Det samme system har utviklet system for bestemmelse av sikringsnivå også ut fra bruksområdet til anlegget.

Lagring av flytende petroleumsprodukt og ammoniakk på flere steder i Norge ble i hovedsak utbygde på 1960 tallet og utover, og det er samlet betydelig driftserfaring fra disse anleggene. I de nordiske land har det tidligere vært flere forskningsprosjekt der man har gjennomgått prinsippene for lagring av naturgass i uforede fjellhaller. Ref/1/

For deponering av avfall eller stoff som ikke skal spres til omgivelsene har optimalisering med hensyn på kostnader ført til at høyden på hallene er økt til 55 og 60 m ref/8/.

#### 4.1 Bredder

For anlegg i godt berg der man har moderat spenningsnivå i berget er bergrom med 25 m spennvidde gjennomførbart med vanlige designmetoder, Q- systemet (Barton et al), RMI- sikringsmetoden (A.Palmstrøm), RMR systemet (Bieniawski). Når bredden på fjellhallen øker vil det bli behov for lengre og mer omfattende bolting. Hvilken bredde man velger å ha er en økonomisk avveining mellom kostnad på sikring og inntekt fra oppnådd deponivolum. Tar man utgangspunkt i Q-systemet vil man for en 20 m bred hall ha generelt behov for minimum 5 m lange bolter, mens man for en 30 m bred hall har generelt behov for minimum 7 m lange bolter. Dersom det forekommer ugunstige kombinasjoner av sprekker som gir mulige utfall av større enkeltblokker vil behovet for boltekapasitet og lengde øke vesentlig mer.

Siden hallene er orientert på tvers av dalsiden, og høyeste fjelltopp er på kote 678 må det ventes en noe økt horisontal komponent av bergspenningene på tvers av hallen. Denne vil gi god innspenning og redusert behov for sikring i hengen, men kan gi spenningsytringer, spesielt i vederlagene. Spenningene kan også bidra til at spennvidden på hallene kan økes ut til mer enn den planlagte bredden på 25. Dette vil bidra til bedre lagringseffektivitet og til mindre kontaktflate mellom deponert materiale og grunnvannet.



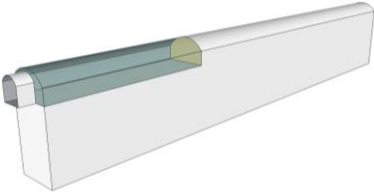
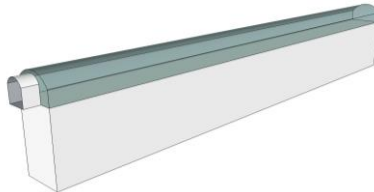
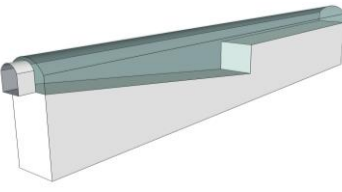
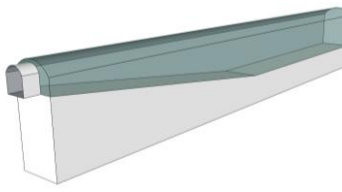
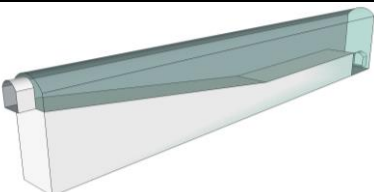
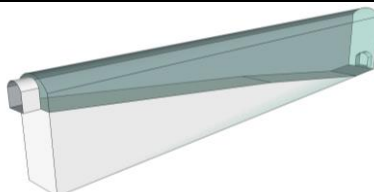
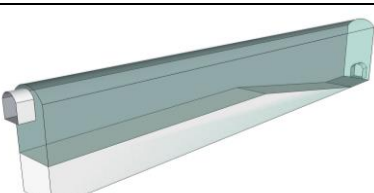
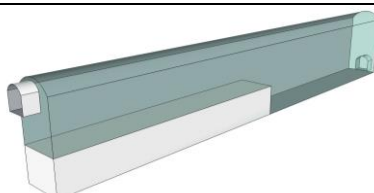
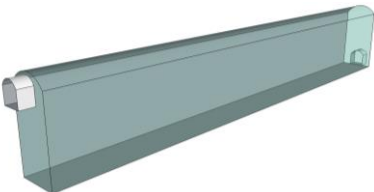
## 4.2 Høyde

Ved å velge større høyde på lagervolumet kan man ta ut bergvolumet til lavere kostnad pr m<sup>3</sup>. Omfanget av nødvendig sikring i vertikale vegger er også lavere enn for taket (hengen) i bergrommet.

Dette gjør at stor høyde på bergrommet gir kostnadseffektiv lagring. Bergrom med store høyder gir imidlertid spesielle utfordringer med hensyn på sikker gjennomføring.

Arbeidsgangen er i prinsipp vist i [Tabell 1](#).

Tabell 1: Prinsipp for seksjonert uttak av berg

 <p>Takskive drives på kote 0, fullt tverrsnitt. Sikres med sprøytebetong og bolt i heng (vederlag-vederlag)</p>	 <p>Takskive ferdig – klart for pall</p>
 <p>Skrå pall ned til full (12 m) pallhøyde – uttransport via 1:8 såle og ut øvre atkomst</p>	 <p>Midtpall drives til søndre kortvegg og nedre atkomsttunnel drives to salver inn i hall (ikke vist)</p>
 <p>Det skytes gjennomslag fra nedre pall og inn i nedre atkomst. Blåsende ventilasjon fra bunn, sugende ventilasjon fra topp. Alle masser transporteres nå ut nedre atkomst</p>	 <p>Atkomst for dumpere opp til øvre pall etableres</p>
 <p>Øvre pall tas ut. Tversgående betongdrager etableres i øvre atkomst til hallen, før øvre pall tas ned.</p>	 <p>Nedre pall tas ut som ordinær pallsprengning.</p>
 <p>Ferdig hall</p>	

Den store høyden gjør at stabilitetssikring utføres fra takskive-nivå i hallen da det praktisk er nesten umulig å utføre videre sikringsarbeider i dette området etter at øvre halvdel av hallen er sprengt ut. Sikringen dimensjoneres ut fra kartlegging og bruk av bergtekniske simulerings- og beregningsprogrammer og metoder.

### 4.3 Pilarer

Pilarene mellom hallene har følgende funksjoner:

- Det skal være stabile vegger når det arbeides i hallen
- Det skal ikke skje langtidssetninger i pilaren som gjør at det oppstår nye sprekker over lagringshallene med mulighet for lekkasjer
- Pilarene skal tåle sidebelastningen ved innfylling av masse i en av hallene mens den andre hallen er tom eller under drift.
- Utfall av et ustabil bergparti i en pilar i forbindelse med utsprengning skal ikke medføre ustabilitet eller setning på nabohallen.

Med en bergoverdekning på maksimalt 400m<sub>[HP1]</sub> og tyngdetetthet på ca. 28kN/m<sup>3</sup> vil den vertikale spenningen i berg uten haller være 11,2 MPa.

Når man tar ut et bergrom på begge sider av pilaren, og pilaren har en bredde som er dobbelt så stor som bredde på bergrommet vil den vertikale spenningen i gjennomsnitt øke med 50 %.

Spenningsfordelingen vil være fordelt slik at det er betydelig høyere spenninger i bergoverflaten enn i senter på pilaren.

Det er målt enakset trykkfasthet på 133 MPa for gneis i området (se kap. 2).

For preliminær bruk, og med basis i malt P- hastighet reduseres denne verdien til 100 MPa. For å estimere en gjennomsnittlig bulk trykkfasthet benyttes den forenklete ligning i kapittel 4.4.1 i ref/3:  $R_{mi} = 0.5 \sigma_c$ , gir en bulk trykkfasthet 50 MPa. Dette gir en utnyttelse 33% av den antatte kapasiteten til pilaren, dvs. en sikkerhetsfaktor på mer enn 3.

### 4.4 Tunneler

Tunneler for transport av masser og framføring av strøm, vann og ventilasjon dimensjoneres for det aktuelle utstyr som skal benyttes til anleggsdriften. Tunnelverrsnittene ventes å bli mellom 80 og 100 m<sup>2</sup>.

Tunneler er viktig for kartlegging av de virkelige forholdene i berget, og er helt nødvendige for å kunne utføre sonderboring, vanntapsmåling og tetningsinjeksjon. All erfaring viser at effektiv tetting av berg bare er mulig dersom tettingsarbeider utføres foran stoffen etter hvert som tunnelen drives framover.

Så lenge det foregår drift i anlegget vil tunnelene være åpne og fungere som drengkanaler som vil fange opp vann som dreneres inn til og fra deponihallene. Rensing av innlekkende vann vil sikre mot utslipp til omgivelsene så lenge det er drift i anlegget.

Håndtering av grunnvann etter avsluttet drift er nærmere beskrevet i den hydrogeologiske rapporten fra Norconsult AS ( ref. 6)

#### 4.5 Plugger

Tette plugger for permanent lagring og forsegling av væske er krevende og kostbare konstruksjoner. Praksis og erfaringer fra norsk vannkraftbygging kan brukes. Prinsippene for pluggenes virkemåte, trykk og plassering må defineres i prosjekteringsfasen. Det må gjennomføres nødvendige tiltak som forsiktig sprengning og forinjeksjon i det aktuelle området hvor det er aktuelt å plassere permanente plugger. Sikring mot nedbryting av betong utover f. eks 3000 år kan oppnås ved å se til løsninger utviklet for lagring av kjernekraftbrensel der man også for eksempel benytter innfylling med bentonitt som permanent tetting. Den endelige konstruktive løsning vil komme etter en fremtidig risikovurdering med basis observasjon og registrering av resipient, grunnvannsforhold og den kjemiske stabiliteten til det som er fylt inn i hallene.

### 5 Sikringsomfang i fjellhallene.

Sikring av 25 m brede haller i godt fjell utføres på takskenivå, med rensk, fiberarmert sprøytebetong og bolter. Sikringen må som minimum gi sikre arbeidsforhold under utlasting og innfylling av hallen.

Når hallen er fylt opp vil de innfylte massene stabilisere bergrommet, men utforming og sikring må være slik at man unngår nedfall og deformasjoner i hengen, da dette kan gi nye åpne sprekker som igjen kan påvirke mulighet for fremtidig utlekking gjennom grunnvannet.

#### 5.1 Parametre for vurdering av utforming.

NGU har kartlagt berget med televiewer. Denne metoden har begrensninger ved at man måler langs borehullet i en retning, og man får dårligere mulighet til å observere vertikale sprekker

Fra disse undersøkelsene er det tatt ut det som så lang vurderes som basisverdier for bruk ved planlegging med Q – systemet. Det sannsynlige variasjonsområdet både for geometri og design er tatt med er tatt med.

Q- systemet gir  $Q_{\min} = 2,96$  og  $Q_{\max} = 33$

Parameter	RQD	$J_n$	$J_r$	$J_a$	$J_w$	SRF	ESR
	80 - 100	6-9	2-3	1,5-3	1	1-2	1 – 1,3

Den lave Q- verdien representerer lokale områder med sprekkesoner og med bergspenningsproblematikk. Den høye verdien representerer områder med lav grad av oppsprekking og mer homogent berg, som er det man i hovedsak har registrert. ESR –verdien må defineres nærmere når aktiviteten i lagringsrommene er nærmere definert.

For sikring i veggene angi Q- Systemet for  $Q > 10$   $Q_{\text{wall}} = 5Q$ , og for  $0,1 < Q < 10$   $Q_{\text{wall}} = 2,5 Q$

For så høye vegger som det her er tale om vil bergspenninger og sprekkegeometri gjøre at den høyeste verdien gir noe for optimistiske tall for  $Q > 10$ .

#### 5.2 Omfang av sikringsarbeider.

Ved bruk av dimensjoneringsdiagrammet til Q- systemet får man for en 25 m bred hall med  $Q_{\max}$  blir det behov for 5 – 9 cm fiberarmert sprøytebetong og 5 m lange bolter c/c 2,5m.

For  $Q_{\min}$  vil det tilsvarende omfanget være 12 cm fiberarmert sprøytebetong og 6 m bolter c/c 1,5m.

I veggene vil høyden medføre behov for sprøytebetong i øvre del av vegg i og sprengningspåkjent berg i overgangssonene mellom pallene. Boltesikringen vil være anslagsvis ca. 1 bolt pr  $4\text{m}^2$  i øvre del

og 1 bolt pr 10 m<sup>2</sup> lengre ned til toppen av nedre pall. Boltelengden i veggene må bestemmes ut fra kartlegging av sprekke-mønsteret. Forekomst av mulige større utfall kan gi behov for lokal bruk av lange, > 10m innstøpte bolter eller spenntau. I haller for deponering vil det bare unntaksvis være behov for sikring av den nederste pallen etter utlasting.

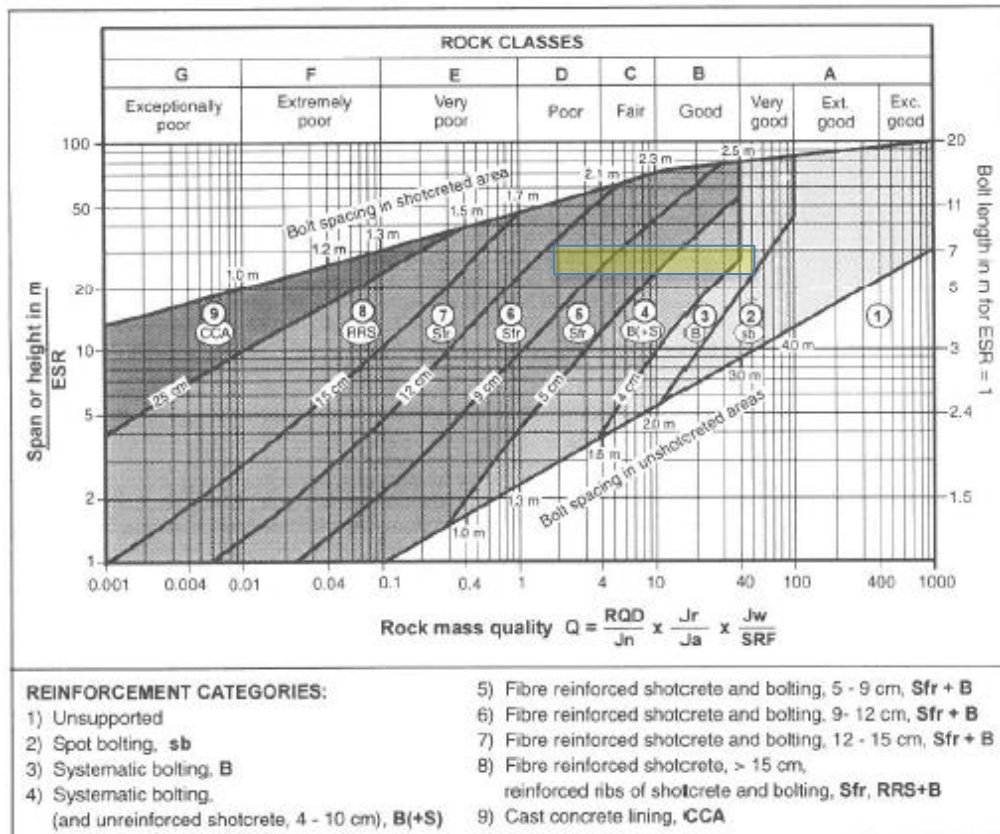


Figure 9.11 The Q system developed by the Norwegian Geotechnical Institute (NGI), is in worldwide use for estimates of rock support (from Grimstad and Barton, 1993).

Figur 2. Markering av fjellhallene i forhold til Q- systemet for å illustrere sannsynlig variasjon i boltemønster, boltelengde og sprøytebetongtykkelse.

### 5.3 Omfang av injeksjonsarbeider

Injeksjonsarbeider består av tre hovedkomponenter: Boring, injeksjonsmasse og injeksjonstid.

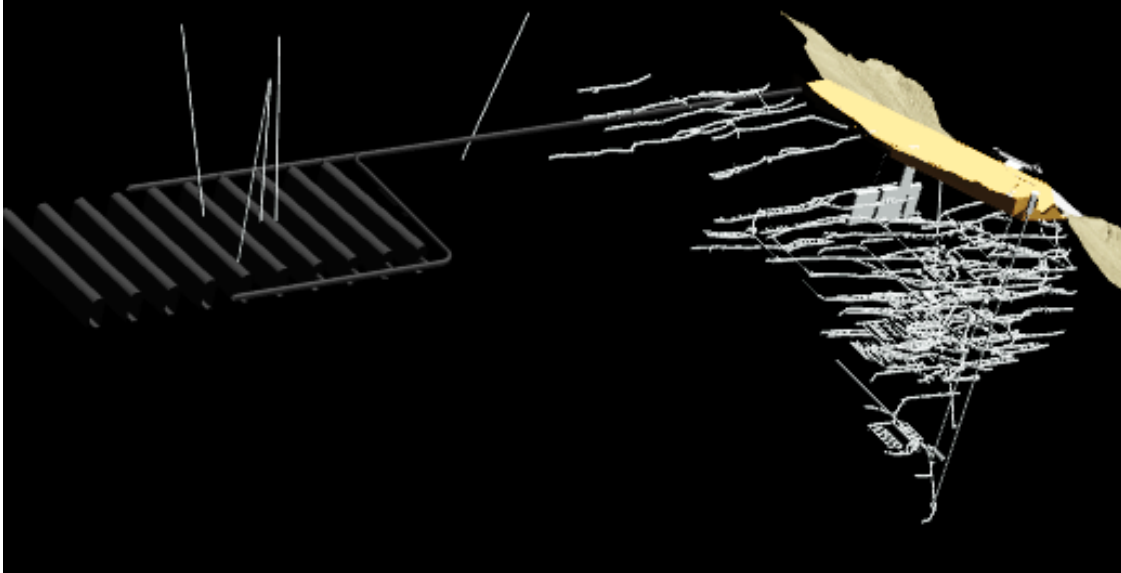
Ved drift gjennom tunnel som drives fra en side vil tiden for injeksjon være på kritisk linje. I slike gneisbergarter som man har her ventes inngang av masse å bli stor i dagfjell, men ikke under dagfjellsonen, da ventes mesteparten av massen til å bli brukt til å fylle igjen injeksjonshullene. For tetting av større bergmasser f. eks rundt planlagte tetningsplugger vil det være aktuelt å forinjisere berget rundt tunnelåpningen under tunelldriving, og så eventuelt utføre videre dypinjeksjon i f. 25 m dype skjærmer forut for støping av tetningsplugger. Tetningsplugger og dypinjeksjon blir først aktuelt når anlegget skal avsluttes.

## 6 Påvirkning av eksisterende forlatte gruverom.

Raudsand Gruber som er utdrevet og avsluttet ligger i nærheten av det planlagte deponiet. Rapportene fra Geis (-2), og Parr (7,9) beskriver gruvens drift, oppbygging og avslutning.

For etablering av nye bergrom er det sett på forhold som har med drift og sikkerhet av deponiet i forhold til gruverommene<sup>[HP2]</sup>.

## 6.1 Stabilitet



Figur 3. Figur som viser gruvas beliggenhet i forhold til det foreslåtte deponiet. De nyeste delene av gruva, som er den dypeste delen er gjenfylt med avgangsmasser. Avstanden mellom gruva og hallene i horisontalretningen er for stor til at deponiet påvirkes av en ytterligere sammensynkning i gruveområdet.

Gruvedriften i området foregikk i ca.100 år fram til 1981. Fra dagen og ned til kote – 184 er brytningsrom fylt med rasmasser og innfylt morene for stabilisering. Nivået mellom kote – 220 og - 184 består av et gjensatt parti berg, en barriere pilar som fyller opp og stiver av området i både horisontal og vertikal retning. Under dette nivået er brytningsrommene drevet med gjenfyllingsbryting ned til kote 320. På grunn av dette kan det ikke sees av rapportene og tegningene at det finnes «ledige» åpne rom i de øvre brytningsområdet som det kan rase masser inn i.

I dypet, mellom kote -320- 340 har driften fortsatt mot nordvest og inn under fjorden. I disse delene er det ikke rapportert om ustabile forhold. I tillegg er det i ettertid fylt inn masser i sjaktene som har bidratt til å fylle deler av volumene. Området er også helt fylt med vann, som gir noe bedre stabilitet enn om området var drenert. Hendelse med innrasing kan ikke påvises å være sannsynlige, men hvis dette skulle skje, vil det først og fremst være området under barriere pilaren som blir berørt.

Horisontalavstanden mellom gruveområdet og det planlagte deponiområdet er mer enn. 800m. Det vurderes som usannsynlig at deformasjoner rund allerede oppfylte brytningsrom med stor horisontal avstand fra det planlagte deponiet vil ha innvirkning på spenningsforhold eller stabilitet i det planlagte deponiet.

## 6.2 Påvirkning fra rystelser ved sprengning.

Tunneler og deponihaller er planlagt tatt ut med boring, sprengning, utlasting og sikring. Dette er bergrom der det skal være aktivitet i lengre tid. Det betyr at drivemetode og sikringsnivå vil være mer skånsom enn ved den gruverift. Sprengning vil foregå med salver med begrenset størrrelse og med i hovedsak ett-hulls optenning som ved driving av vegtunneler. Vibrasjoner fra sprengning av slike anlegg måles rutinemessig og det er erfaring for at ved avstander over ca. 200 m, vil rystelsene holde seg under grenseverdiene som er gitt i NS 8141 for å beskytte mot skader på følsomme

konstruksjoner. Ved gruvedrift brukes normalt et vesentlig høyere sprengstofforbruk per m<sup>3</sup> uttatt masse enn ved sprengning av haller i berg.

### 6.3 Påvirkning av gassfase i de gamle gruveanlegg.

Deponi og tunneler vil i hovedsak ha dreneringsnivå på kote 1 og lavere. Gruveanlegget har et utslippsnivå på kote + 4. I en driftsfase vil grunnvannsspeilet bli kontrollert og lekkasjer bli tettet slik at det vil være grunnvann over tunnelene slik at det ikke blir kontakt i gassfase mellom anleggene som ligger opp til 800 fra hverandre. Overvåking av grunnvannsnivå og grunnvannsstrøm vil være elementer som kan overvåkes. Påvirkning av grunnvannsnivå kan utføres ved å etablere brønner for infiltrasjon og drenering.

## 7 Vurdering av gjennomførbarhet.

Etablering av bergrom i godt berg med 25 m spennvidde der overdekningen er 3-400m i gneisbergarter må betegnes som fullt ut gjennomførbare innenfor vanlig norsk praksis for bergsprengning og sikring. Høyden på deponeringshallene er her planlagt å være over 50m, og dette vil kreve spesielle vurderinger og hensyn til veggens stabilitet der man løpende kartlegger, beregner og dimensjonerer sikring i veggene. Det vil her dreie seg om både detaljsikring og sikring av totalstabilitet i forhold til sprekkegeometri, spenningstilstand og inndeling i sprengningsetapper.

Kontroll og overvåking av bevegelser i berget utføres for å se om deformasjonene i bergrommet stemmer med det man har beregnet seg fram til.

Ved innfylling av masser i hallene vil jordtrykket fra massene stabilisere veggene.

Deponering i høye haller gir totalt sett et kompakt anlegg der den totale kontaktflaten mellom berg, grunnvann og deponert masse blir minst mulig.

### 7.1 Overvåking

Det må utvikles en systematisk tilnærming til måling av konsentrasjoner av eventuell forurensing i grunnvannet i borehull satt både inne i og utenfor deponiområdet. Målemetodene bør ha automatisert opptak av prøver og være bygd slik at ytre påvirkning fra terreng eller sabotasje ikke påvirker nøyaktigheten

### 7.2 Tiltak i driftsfasen

Den Hydrogeologiske rapporten, ref./6/, bekrefter at det er ikke sannsynlig at det vil forekomme forurensing fra deponiet så lenge tunnelsystemet holdes drenert og man renser avløpsvannet fra anlegget tilstrekkelig.

Det vil være mulig å registrere innlekkasje sted og volum fortløpende. Ettetetting under drift vil være mulig og effekten vil være målbar. Sammenhold med registrering av grunnvannsforholdene rundt anlegget vil en få supplerende opplysninger for å beregne endelig nødvendig tettingsomfang ved avslutning av driften.

### 7.3 Tiltak etter driftsfasen

Etter driftsfasen og ferdig etablering av tett anlegg kan overvåking fortsatt skje ved hjelp av installerte følere og måleceller i anlegget som registrerer bergtrykk, grunnvannstrykk og deformasjoner. Vannkvalitet måles i samme system som etableres i driftsfasen, supplert med overvåking i fjorden.

Det pekes på at i tillegg til tiltak inne i bergrommene vil til en viss grad det være mulig å kontrollere og manipulere grunnvannsstrømmen mellom anlegg og resipient i periodene etter at anlegget er avstengt. Det kan dreie seg om ytterligere tetting, eller drenering og utpumping av grunnvann.

## 8 Videre vurderinger og undersøkelser ved oppstart av prosjekt.

Bergets spenningstilstand og mekaniske egenskaper er avgjørende for best mulig utforming av bergrommene. Det anbefales at det etter oppstart bores et kjerneboringshull fra adkomsttunnelen når den har kommet inn i området nær de planlagte hallene der man utfører måling av størrelse og orientering til minste hovedspenning, uttak av prøver for måling av bergartsparmetre, samt vanntapsmåling og lekkasjemåling.

Modellering og dimensjonering av sikring basert på element- modellering kombinert med data fra sprekkkartlegging vil være viktig for en videre optimalisering av utformingen av bergrom og tunneler.

## 9 Referanser:

- /1/ Dr. ing. Einar Broch: Rapport fra den internasjonale konferanse «Storage of Gases in Rock Caverns», Fjellsprengningskonferansen 1989
- /2/ Dr.rer.nat. Hans-Peter Geis : Raset ved Rødsand Gruber, 2.februar 1974, Fjellsprengningskonferansen 1974.
- /3/ Bruk Av Q- systemet, NGI 2015
- /4/ OL Ishall i fjell. Bergmekaniske undersøkelser, Barton et.al. Fjellsprengningskonferansen 1990
- /5/ Nilsen et.al: Handbook no.2: Engineering Geology and Rock Engineering, 2000.
- /6/ Grunnvannsforhold Raudsand, Norconsult dok. no. 5165665-2-rev.3
- /7/ Rapport med vurdering av generell stabilitet av det gamle gruvesystemet på Raudsand, Vidar Aarvold (red), Svein Ivar Parr 2003, H.P.Geis 1974.
- /8/ The principles of Norwegian Tunneling, publication no.26, 2017 Norwegian Tunneling Society, Chapter 5.7. Stendafjellet rock quarry and underground waste disposal site.
- /9/ Svein Parr , 1986: Upublisert: Rapport vedre forberedelse til vurdering av mulig gjenopptakelse av gruvedrift u.j ved Rødsand Gruber, med tilhørende skisser.