



WERGELAND - HALSVIK AS

Wergeland Halsvik AS
Revidert Søknad om Utvidelse av NORM tunnel.
22.05.2023

Godkjent av Erik Brohjem Daglig leder Wergeland Halsvik

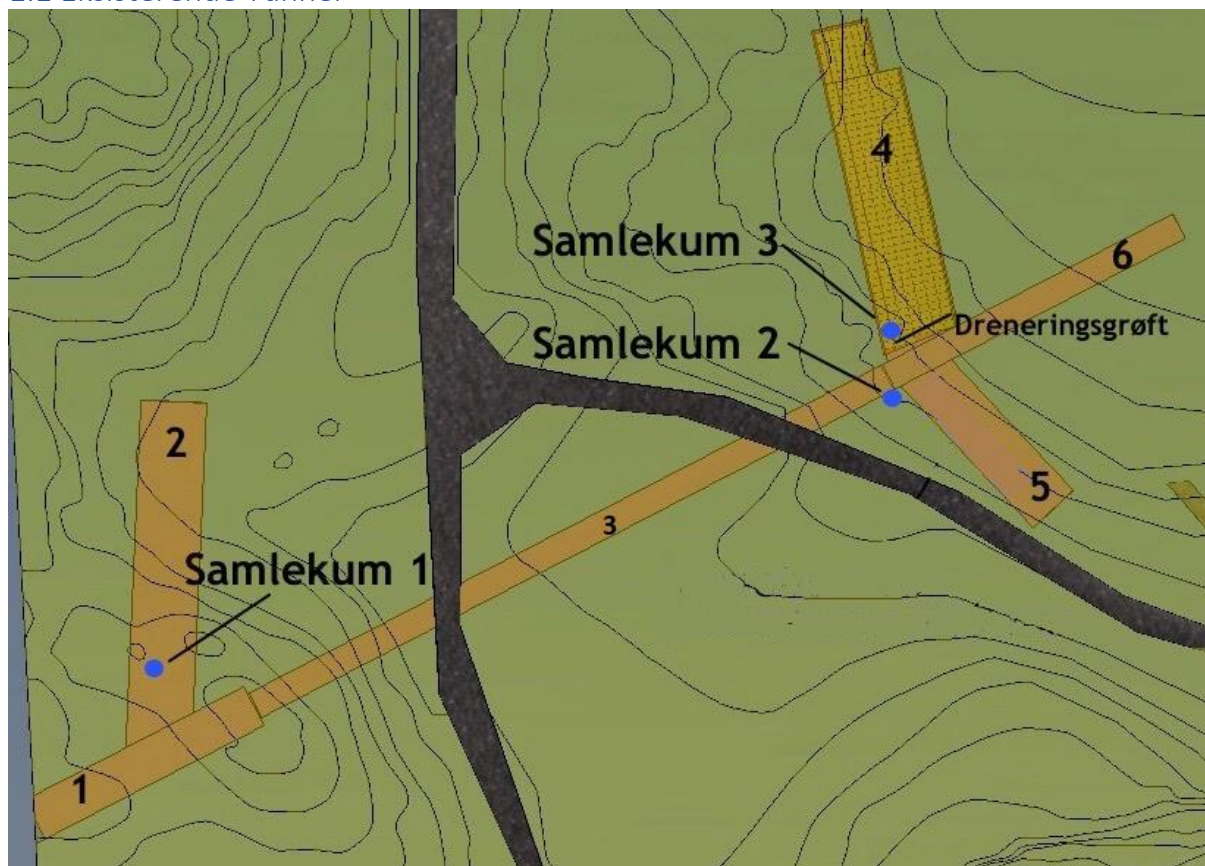
Innhold

1 Innledning og oppsummering	1
1.1 Eksisterende Tunnel	1
1.2 Utvidelse	2
1.3 Sikringsplan	2
1.4 Daglig drift	2
1.4.1 Mottak ved tradisjonell drift	3
1.4.2 Mottak ved løs masser	3
1.5 Overvåkning av utslipp	5
1.5.1 Overvåkningsprogram	5
1.5.2 Deponitunnel	11
1.6 Farlig og radioaktivt avfall (Konsesjoner)	11
1.8 Utvidelse drift	14
1.9 Oppsummering	15
2 Lokasjon og geologi	15
2.1 Beliggenhet og topografi	15
2.2 Berggrunn	16
2.3 Befaring	17
3 Fjellhaller	18
3.1 Tunnel 1 og 2	18
3.2 Rampe og tverslag	19
4 Sikring av bergrom	19
4.1 Adkomsttunneler	20
4.2 Fjellhaller	21
4.3 rampe og tverslag	22
5 Injeksjonsstrategi	22
5.1 injeksjon-generelt	22
5.1.1 Framgangsmåte injeksjon i fjellhall	22
6 Forslag til rekkefølge for driving av bergrom	24
7 konsekvens, risiko og miljørisiko vurdering	24
Barrierer	24
Bergmassekvalitet	29
Hydrogeologi	30

Sprengningsarbeider.....	31
Mulige spredningsveger til biosfæren for forurensede stoffer fra avfallet	31
8 Andre forhold	37
8 Referanser	44

1 Innledning og oppsummering

1.1 Eksisterende Tunnel



Figur 1.1: Viser tunneler (1 inngangstunnel- 2 mottakstunnel- 3 adkomsttunnel- 4 deponitunnel- 5 deponitunnel- 6 adkomsttunnel) og plassering av samleklummer

Det nasjonale NORM-deponiet på Stangeneset har vært i drift siden 2008. I skrivende stund er det deponert i overkant av 3350 tonn NORM. Den totale kapasiteten i de to deponitunnelene (4 og 5) er på 7000 tonn, så deponiet slik det ser ut i dag er nå over halvfullt. Dersom man ønsker å avslutte driften av deponiet, så vil også tunnel 6 tas i bruk til deponering. Slik det ser ut i dag, så er behovet for det nasjonale deponiet økende og det er også behov for å kunne deponere andre typer masser enn det vi har tatt imot frem til nå. Et eksempel er radioaktivt avfall fra Sjøve Gruve. Dette er store mengder radioaktivt avfall som det ikke er hensiktsmessig å deponere i HDPE-fat slik vi gjør med avfall fra petroleumsindustrien. Dette for å tilrettelegge for videre drift og for å kunne ta imot avfall som er meldt og med de forespørsler vi har fått den siste tiden. Vi ønsker at Det nasjonale deponiet blir mer tilgjengelig for andre kunder med behov ut over Olje og gass industrien.

Søknad gjelder utvidelse av NORM/LRA deponiet til Wergeland Halsvik AS i Sløvåg som er konsekvens utredet og dette er en utvidelse av dagens drift av deponiet. den vil ta for seg dagens situasjon, plan fremover og konsekvensutredninger som er gjort.

Basert på erfaringer og forespørsel fra kunder er det derfor noe endringer i mottak av fraksjoner.

Tunnelen i dag består av 6 deler. 1 inngangstunnel, 2 mottakstunnel, 3 adkomsttunnel, 4 deponitunnel, 5 deponitunnel og 6 adkomsttunnel. Hvor deponeringstunnelene (4 og 5 fig 1.1) og adkomsttunnel (6) er på -13 meter under havnivå.

1.2 Utvidelse

Denne søknad gjelder utvidelse av deponi til forlenget adkomsttunnel, 2 nye fjellhaller og eventuelt tverslag mellom fjellhaller. Hver av fjellhallene kan få et volum på inntil 155000m³, som vil gi kapasitet for mange år framover. Selve utvidelsen vil foregå i etapper og vil bli fortløpende vurdert i forhold til sikring. Den nøyaktige plasseringen av Deponitunnelen og størrelse vil bli valgt slik at det oppnås en optimal løsning med hensyn til sprekkesoner, injeksjon og bergoverdekning, samt at vi sikrer minst 10 meter berg mellom eksisterende deponitunnel og til overflaten slik som beskrevet i KU.

Vi søker ikke om ny utvidelse av spesifikkaktivitetsgrenser, vi vil holde på 1-10Bq/g og 10-300Bq/g grensene.

Vi søker om deponering opptil 3500 tonn radioaktivt avfall per år.

Vi søker om mulighet for prosjektdeponering med inntil 10 000tonn pr år i tillegg til 3500tonn pr år, en slik prosjektdeponering skal godkjennes av DSA før en iverksetter prosjektet.

Og åpning for mottak av utenlandsk radioaktivt avfall, med samme krav som norsk avfall, avfallet må være godkjent importert via DSA og basiskarakterisering av avfallet.

Oppsummering

Deponering av inntil 3500 tonn radioaktivt avfall årlig

Prosjektdeponering av inntil 10 000tonn pr år, som beskrevet over.

Total radioaktivt avfall i tillatelsen økes fra 7500 tonn til 40 000tonn

Vi ønsker å benytte oss av 3 former for deponering

1. Tradisjonell deponering i HDPE fat slik vi gjør det i dag for tradisjonell NORM.
2. Vi får stadig flere henvendelser om større volumer som stein og mur fraksjoner vi har derfor sett på muligheten for en type løs masse deponi inne i tunnelen for stabile masser som lages i egne kokiller som støpes i betong. hvor det fylles løs masser inn i og når kokillen er full vil kokillen forsegles med betong.
3. Deponering av gjenstander som ikke lar seg rengjøre fri for Norm.

1.3 Sikringsplan

Sikringsplanen er utarbeidet ut ifra eksisterende deponi av geolog fra Multiconsult. Ved bruk av metoder og observasjoner forklart videre i dokument og referanser.

Planen omfatter fjerning av bergmasse, sikring og injeksjon strategi. Men vil være utsatt for fortløpende forandringer ut ifra befaring gjort underveis i bygging.

1.4 Daglig drift

Tunnelen har flere deler rundt normal drift fra mottak til strålevern, som skal videreføres slik de er i dag.

1.4.1 Mottak ved tradisjonell drift

Ved et nytt mottak mottar vi en forespørsel fra avfalls behandlere, som inneholder dokumentasjon på type avfall og spesifikk aktivitet i form av avfallsdeklarasjoner, analyserapporter og SND skjema.

SND skjemaet består av 2 sider og fylles ut av avfallsbehandler. Side 1 inneholder informasjon om avfalls behandler og eier, antall fat, Type (sediment, frigjort scale, kontaminert objekt, etc) og total vekt. Side 2 er en liste av alle fatene med relevant informasjon til hvert fat.

Avsenders navn på fat, opprinnelse for avfall, Emballasje type og størrelse (HDPE,800L, 220L, 110L, 60/50L), type avfall (sediment, frigjort scale, kontaminert objekt, etc), prosessert/ikke prosessert, Vektavsender per fat, oljeinnhold, Bq/g Ra-226, Bq/g Ra-228, Bq/g Pb-210, Bq/g relevant radionuklide, total spesifikk aktivitet i fatet, stoffnr, Eal kode, Deklarasjonsnummer og hvem som har kontrollert/signert for avfallet.

Gammaspespektrometrisk analyse skal primært gjøres på hvert fat. Men kan gjøres samlet på opptil 25 fat dersom det kommer fra samme objekt og transporteres i samme beholder «skip». Analysen skal gjøres av sertifisert laboratoriet, og skal inneholde relevante radionuklider, dry matter og ignition loss (olje prosent).

Informasjon på SND skjemaet blir sjekket opp mot analyserapportene vedlagt, og lagret på systemet.

Når forsendelsen blir godkjent mottar vi den i mottakstunnelen. Her blir hver tønne veid på egen sertifisert vekt, før den blir satt opp langs veggen til tunnelen. Deretter blir alle tønnene åpnet, sjekket visuelt og ved høy oljeprosent (over 20%) blir det tilsatt adsorbent. Tønnene blir så etterfylt opptil 100% volum med grus, før de lukkes og er klar for deponering.

Ved deponering tas tønnene til deponeringstunnelene via hjullaster eller lastebil og satt opp i kokiller. Det settes opp forskalingsflak og lodd for å sikre før støpning. Støpning gjøres så i 2 omganger, først til ca 40% opp, så til 100% fylling hvor det er minst 10cm overfylling over tønner. Dette gjøres for at tønnene ikke skal flyte opp nå det støpes. Etter ferdig støpning fjernes lodd og forskalingsflak og deponering er ferdig. Hver tønne blir tegnet inn på eget kart slik at avfallet kan lokalisere i ettertid dersom det er nødvendig.

Under arbeid og ellers overvåkes bakgrunnsstrålingen med både gamma målere og eventuelt også radioaktivt støv målere.

1.4.2 Mottak ved løs masser

SND skjemaet består av 2 sider og fylles ut av avfallsbehandler. Side 1 inneholder informasjon om avfalls behandler og eier, antall lass/ transport typer, Type avfall og opprinnelse og total vekt. Side 2 er en liste av alle lass med relevant informasjon til hvert lass.

Avsenders navn på forsendelse, opprinnelse for avfall, transport/frakt, type avfall Vektavsender per lass/kolli, Bq/g Ra-226, Bq/g Ra-228, Bq/g Pb-210, Bq/g relevant radionuklide, total spesifikk aktivitet i lasset, stoffnr, Eal kode, Deklarasjonsnummer og hvem som har kontrollert/signert for avfallet. Det må fremlegges en basiskarakterisering for avfallet på hvert lass.

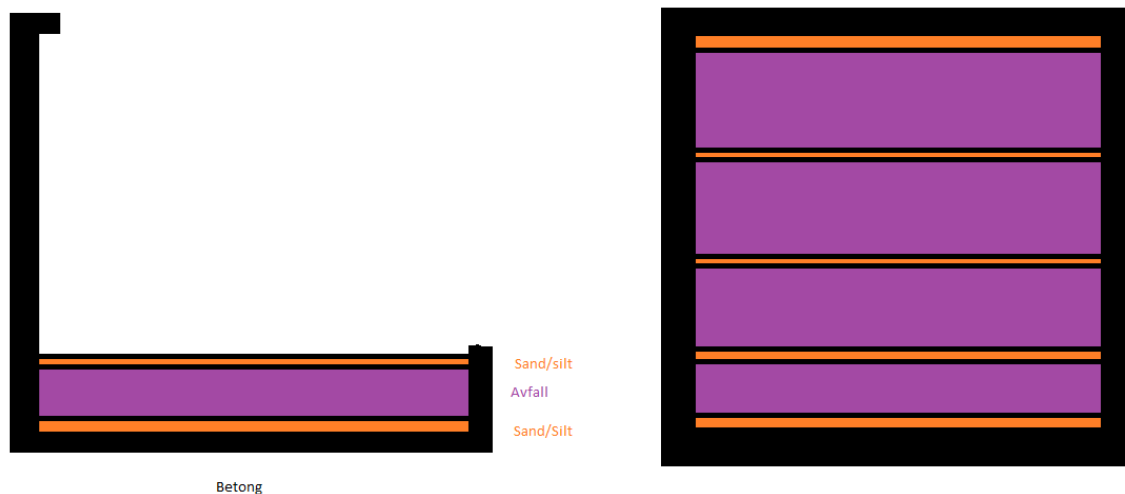
Kontroll måling blir gjort med ankomst av spesifikk aktivitet på lasset som skal dokumenteres og føres inn i skjema, bilen blir veid inn og ut slik at vi har korrekt vekt på mengder levert.

Løs masse deponiet blir støpt inne i selve deponiet, det blir benyttet armert betong i bunn og alle vegger, det vil i tillegg legges HDPE membran på gulv og vegg som er sveiset, i starten vil det kun bli støpt gulv og 3 vegger slik at hjullaster/ lastbiler kan kjøre inn og tømme lasten. Avfallet vil bli lagt på sandpute av silt i bunn slik at steiner ikke skal ødelegge betonggulvet og HDPE membra. Avfallet skal planeres med egnet kjøretøy for hver levering og silt/sandpute skal legges lagvis for hver levering slik at avfallet er dekke med Silt/sand for å sikre stabile innkjøringer. Når vi har fått en god start vil siste vegg bygges lagvis oppover slik at vi kan kjøre inn og tippe avfallet samt legge planere med silt/sandputen for hver levering. Når kokillen er fylt opp, vil den bli lukket med HDPE membran og den over støpes og tettes helt. Denne deponeringen passer best til f.eks steiner og jordmasser som på søve gruve, store partikler fra diverse produksjoner som er stabile og faste men ikke syredannende. HDPE membran er til stede for og sikre at vann ikke trenger inn til avfallet og at avfallet ikke er i kontakt med betongen og at alle de barriere konsekvensutredningen sier er til stede.

Sand/silt laget skal dekke massene slik at radioaktive masser ikke ligger åpent i tunellen og lager eventuelt støv i perioder kokillen fylles opp.

Avfallet skal ikke kunne komme i kontakt med annet avfall eller grunnvann.

Tegning av kokille for løse stabile masser.



Figur 1.2: Viser Deponerings oppsett løsmasser

1.5 Overvåkning av utslipp

Bedriften har allerede et overvåkningsprogram tilknyttet driften av deponiet. Hvor grunnvann vil bli utvidet for å ta for seg nye kummer. Det skal ikke være utslipp av prosessvann fra deponiet.

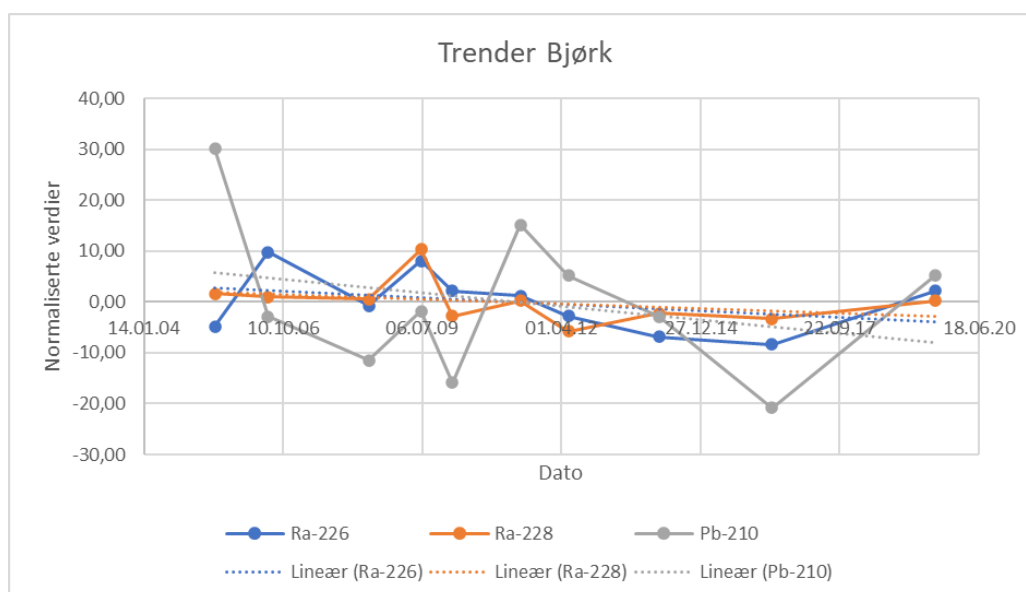
1.5.1 Overvåkningsprogram

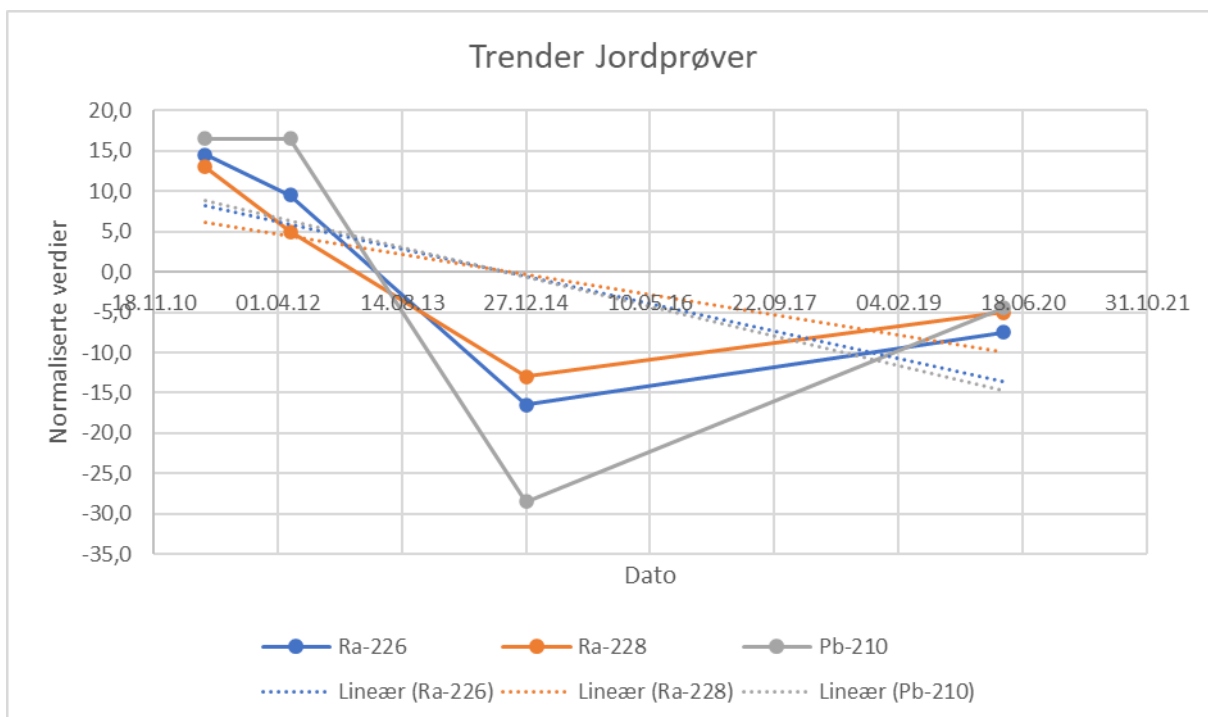
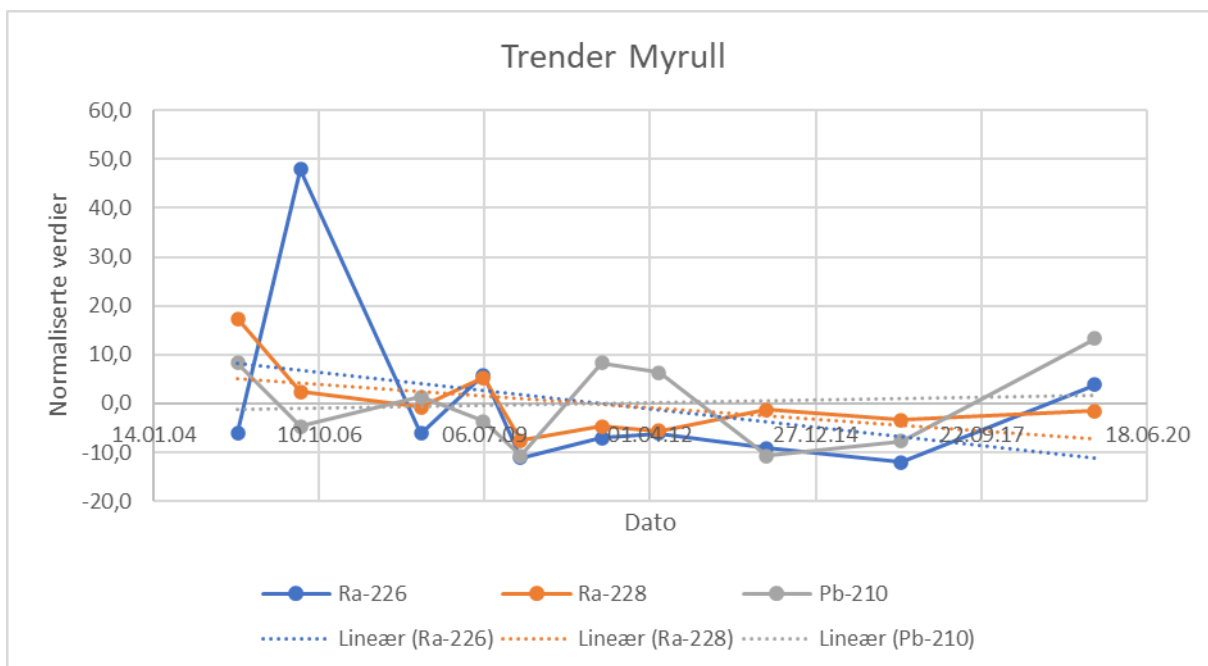
Følgende prøvetyper er inkludert i overvåkningsprogrammet:

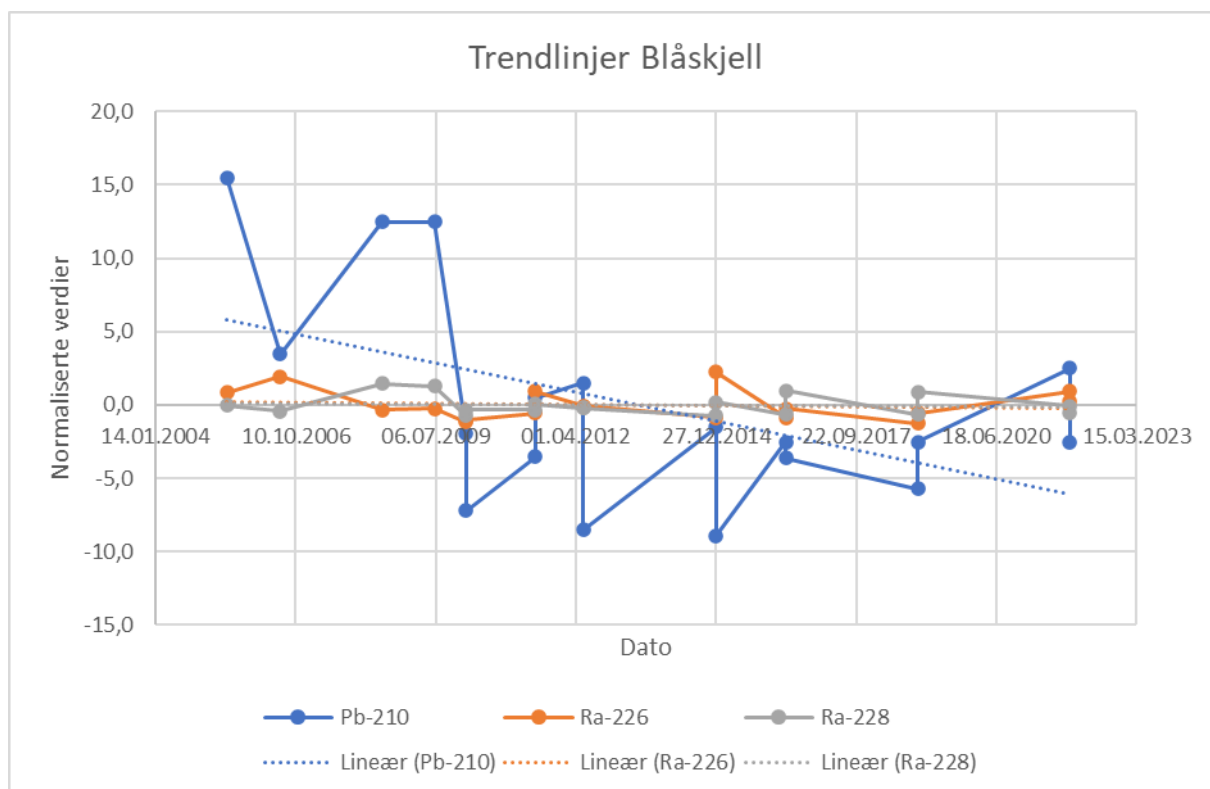
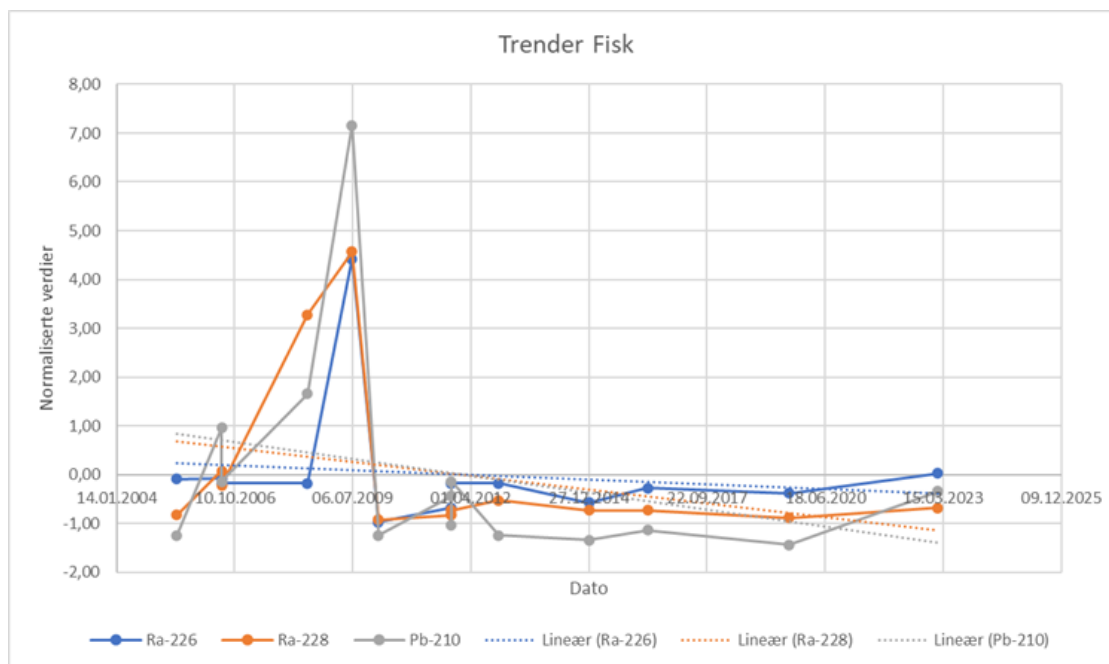
1. Prosessvann: alt vann som slippes ut fra anlegget vil være kontrollert for innhold av miljøfarlige stoffer før utslipp finner sted. Som prosessvann regnes alt vann som oppstår i mottaksanlegget og som dreneres til Samlekum 1. (Intet prosessvann blir dannet under nåværende drift) det søkes ikke om utslipp av prosessvann.
2. Sjøvann: fra resipienten Fensfjorden umiddelbart utenfor utslippsledningen.
3. Sediment: fra resipienten Fensfjorden umiddelbart utenfor utslippsledningen.
4. Stedbunden fisk: fra resipienten Fensfjorden så nær utslippsledningen som praktisk mulig.
5. Jord: tas ifra området over deponiet.
6. Vegetasjon: to typer typisk vegetasjon i området umiddelbart ovenfor deponiet: dvergbjørk (friske blad) og myrull.
7. Berggrunn: prøver av berggrunnen på stedet vil bli målt for innhold av radioaktive stoffer. Data inngår i bakgrunnsnivå.
8. Grunnvann fra deponi: prøver tas i Samlekum 2 som ligger på laveste punkt i deponianlegget og Samlekum 3 som drenerer vann fra deponitunnel 4. Det tas prøver minst hvert kvartal eller etter behov.
9. Askeavfall: prøver av deponert materiale fra askeavfallsdeponiet vil bli målt med hensyn til innhold av radioaktive stoffer. Fra før finnes et stort datamateriale over tungmetaller i materialet fra den regulære overvåkingen av askedeponiet.

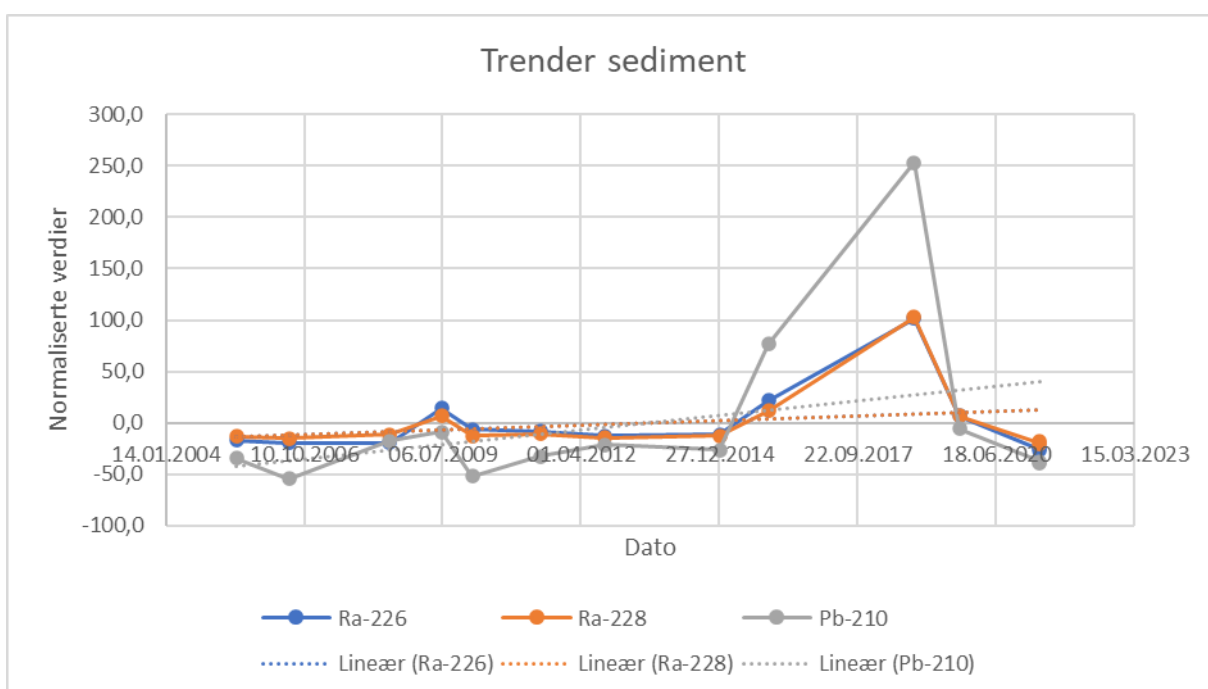
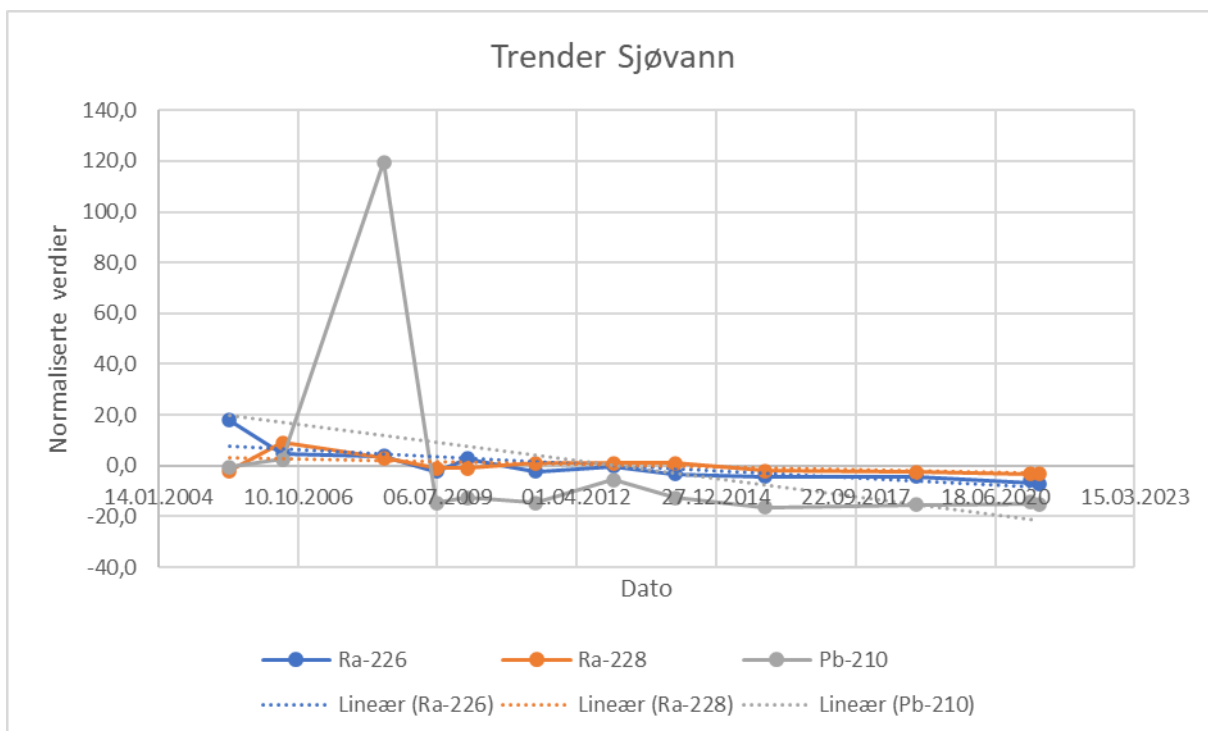
Overvåkningsprogrammet har ikke vist utslipp under drift som har pågått siden 2008, slik at vi er sikre på at det ikke påvirker miljøet negativt med en eventuell utvidelse.

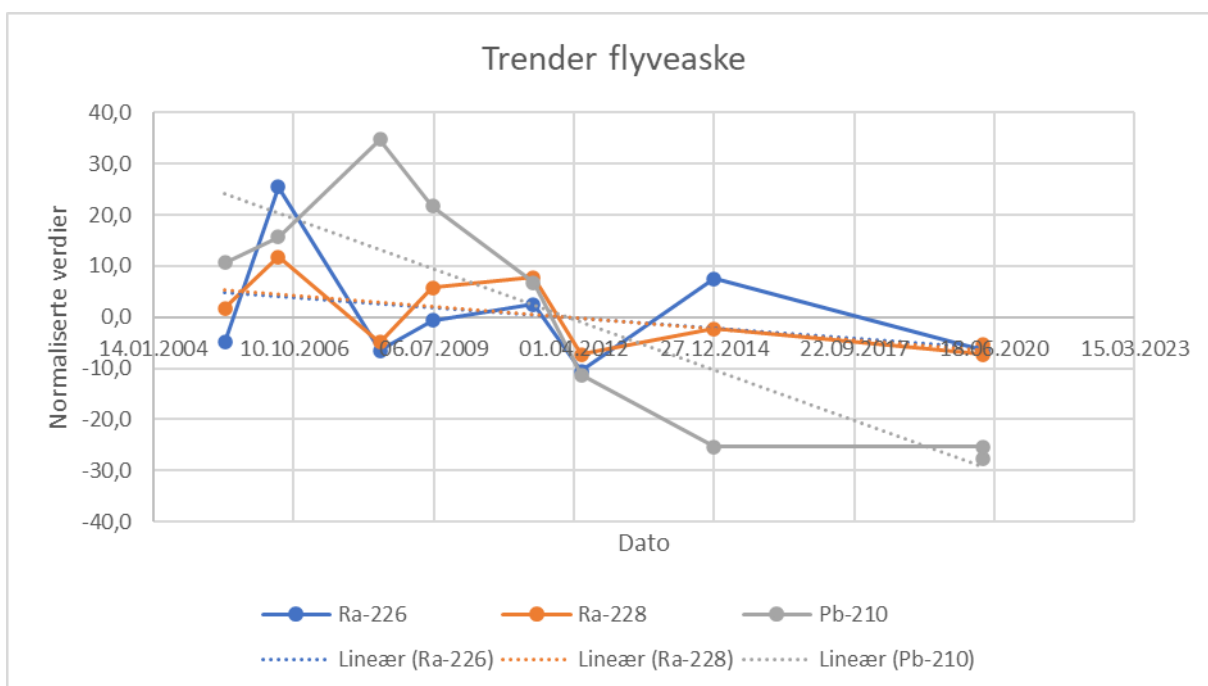
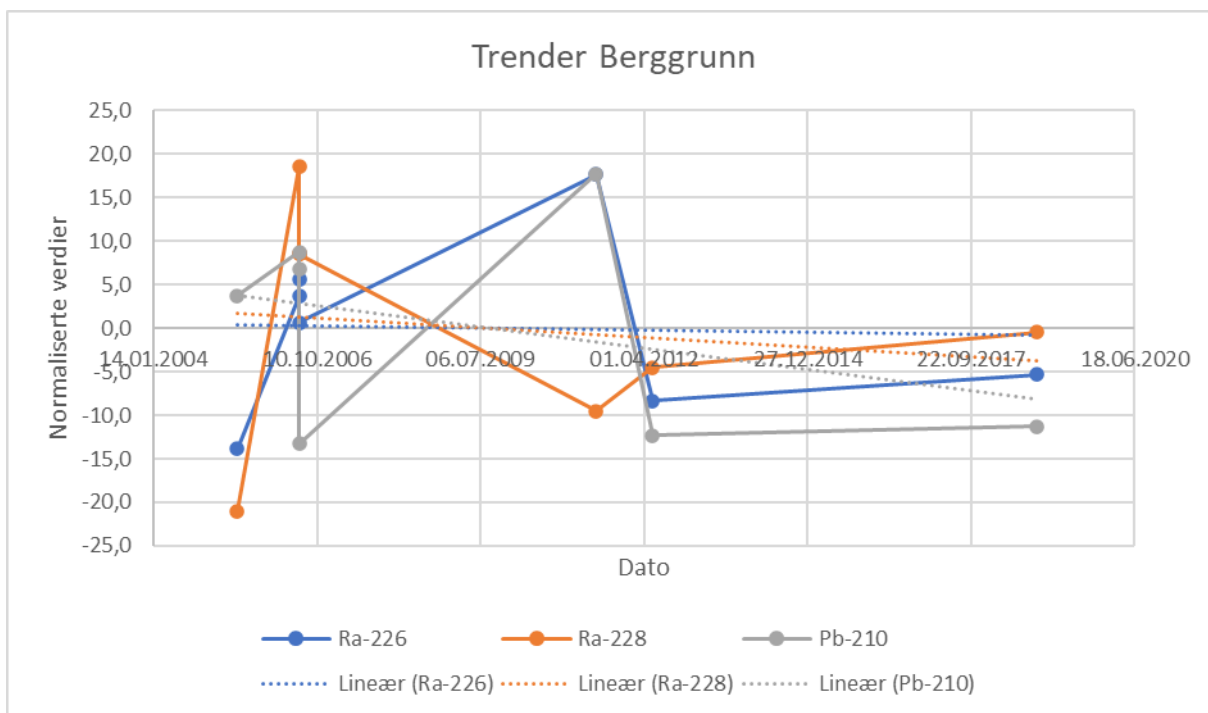
Oversikt over miljøpåvirkninger:

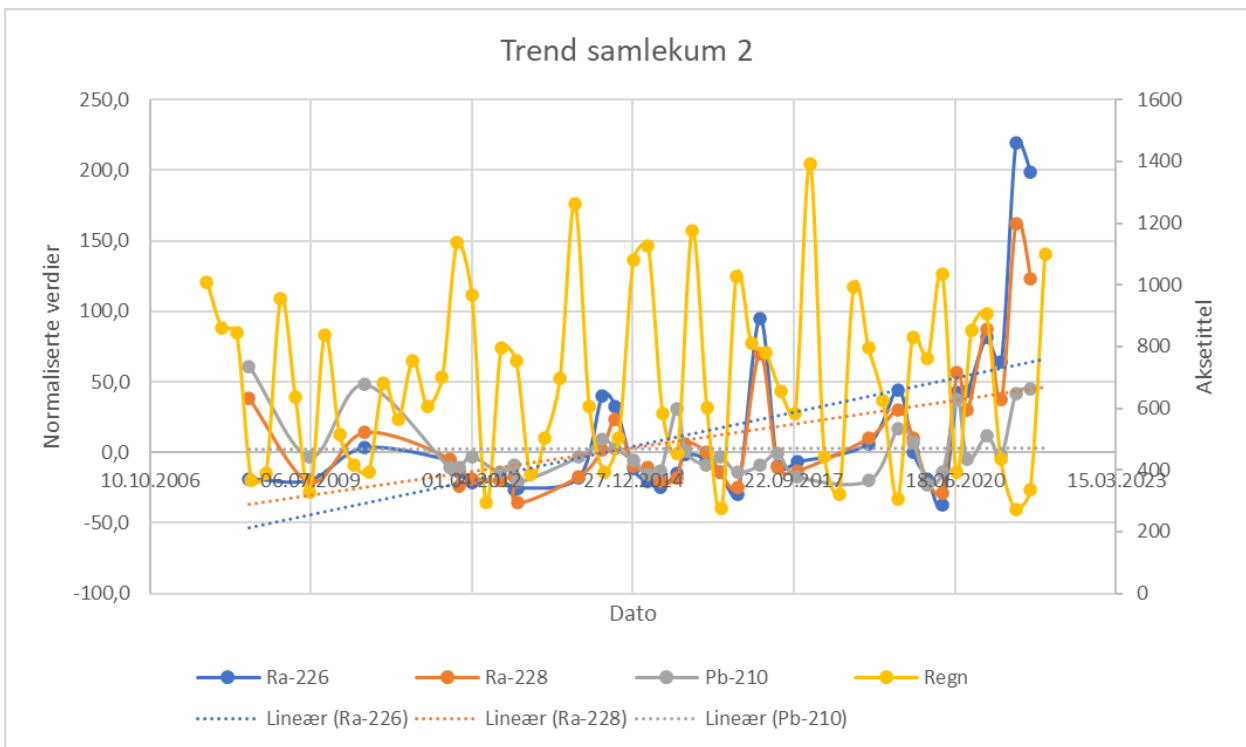
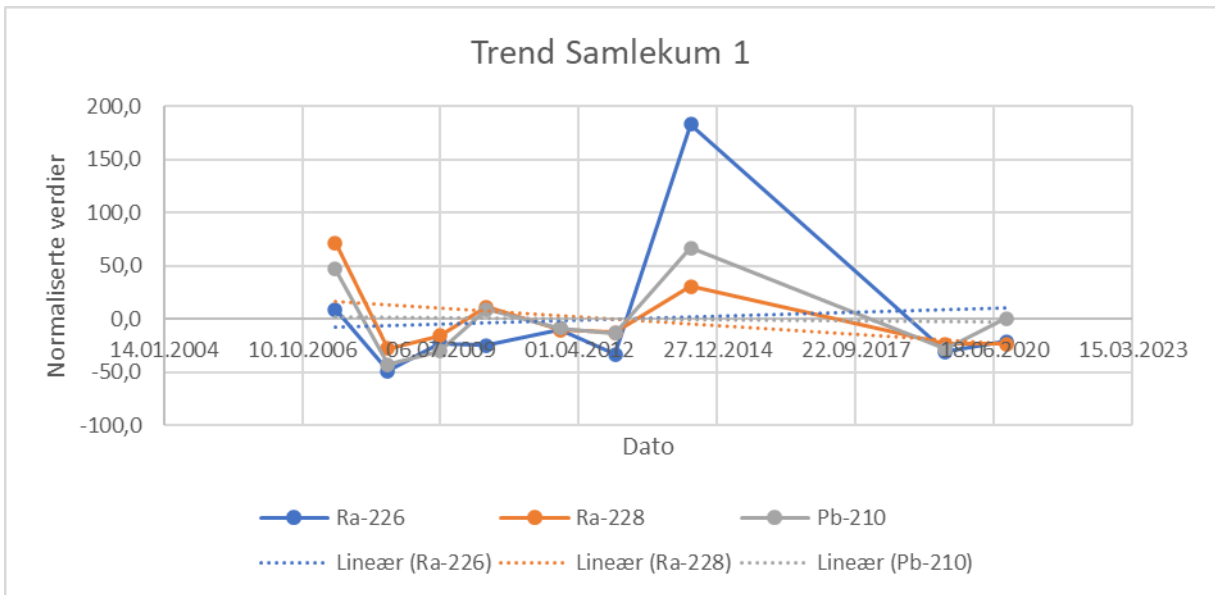




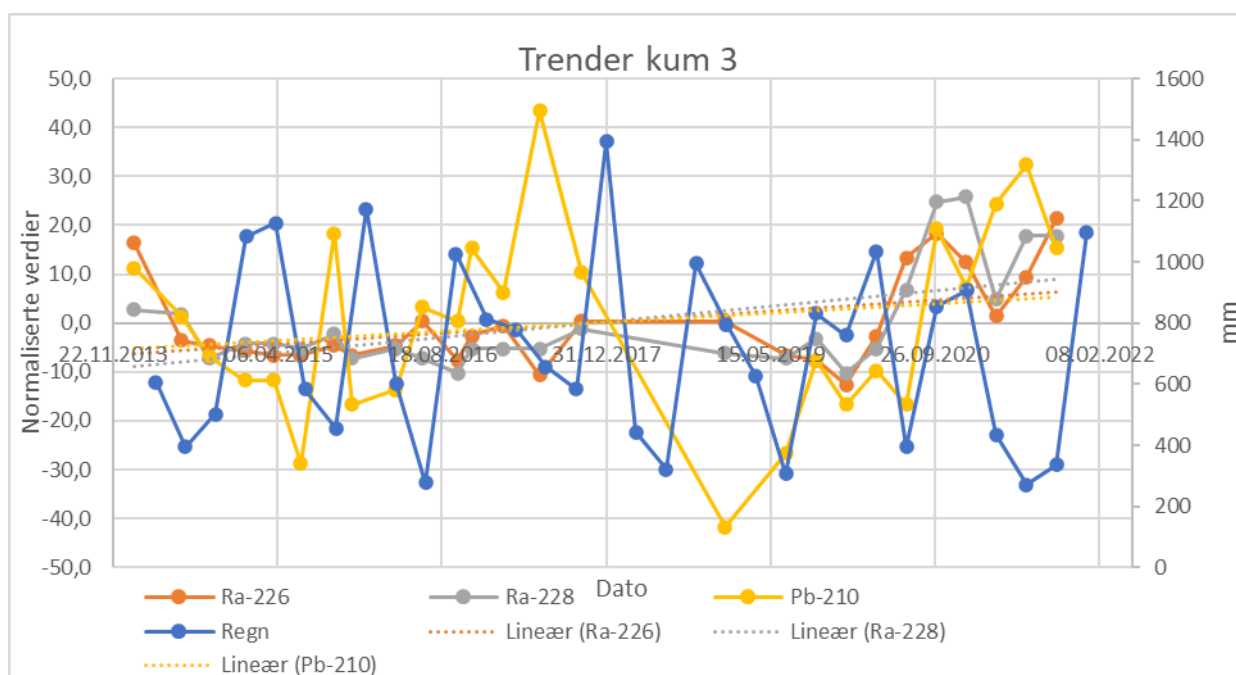








Verdiene til aktivitetene er normalisert. Regn er samlet i total mm per kvartal. Regn og aktivitet har sammenheng, med høye topper av aktivitet i tider med lite regn og lave topper ved mye regn. Trender er økende for Ra-226 og Ra-228 og flat for Pb-210. Regn verdier: meteorologisk institutt, Eikanger myr (SN52400).



1.5.2 Deponitunnel

I mottakstunnel blir all væske samlet opp i samlelum 1. denne blir testet årlig for aktivitet, og ved høy aktivitet blir vann sugd opp.

Grunnvann og regnvann som kommer inn i tunnelen, blir samlet opp i ulike kummer (samlekum 2 og 3). Vannet i disse kummene blir testet og overvåket for økning i aktivitet, olje og tungmetaller. Disse verdiene blir lagret og brukt til å detektere mulig lekkasje i deponiet. Vannet i samlelum 2 blir pumpet ut til egen tank utenfor deponiet. Når tanken er full testes vannet som er samlet opp for aktivitet før utslipp til Fensfjorden.

Vann fra de nye tunnelene vil bli koblet inn på eksisterende infrastruktur og vil bli tillagt samme prøvetakningsregime som i dag.

Radon blir holdt lav ved bruk av vifte som skaper overtrykk i tunnel, tester når vifte er på har vist lavt radon nivå.

1.6 Farlig og radioaktivt avfall (Konsesjoner)

Wergeland Halsvik tar imot farlig radioaktiv avfall og radioaktiv NORM/LRA (Naturally occurring radioactive material/ Lav radioaktivt avfall).

Avfallet vi tar imot er naturlig forekommende radionuklider, hvor U-238, U-235 og Th-232 seriene er mest relevante.

Lavradioaktivt avfall (LRA) fra oljeindustrien refererer til materialer som har blitt kontaminert med lave nivåer av radioaktive stoffer, hovedsakelig naturlig forekommende radioaktive materialer (NORM). Dette avfallet kan oppstå i flere deler av olje- og gassutvinningsprosessen.

1. Scale og avleiringer: Under olje- og gassutvinning kan det dannes scale eller avleiringer i rør og utstyr som inneholder små mengder radioaktive isotoper, som radium-226 og radium-228. Disse isotopene kan feste seg til innsiden av rør, ventiler og annet utstyr.
2. Forurenset slam og sedimenter: Borekaks, slam, og sedimenter som samles opp under bore- og produksjonsprosesser kan også inneholde spor av radioaktive stoffer.
3. Kontaminert utstyr: Ulike deler av bore- og produksjonsutstyr som har vært i kontakt med radioaktive stoffer kan bli forurenset, og må behandles som LRA når de tas ut av bruk.

Avfallet er hovedsakelig fra petroleums industrien. Hvor Ra-226, Ra-228 og Pb-210 er mest relevant. Avfallet kan komme fra flere ulike kilder, som scale, sediment fra olje og gass separatorer, sedimenter fra ilandføring av olje og gass og kontaminerte objekter tilhørende olje og gass industrien. Vi har også fått inn noe avfall fra annen prosessindustrier som er aske/støvmasser samt tunellmasser etter rengjøring av tunneller for biltransport. Avfallet skal være inert/dødt med verken fysiske, kjemiske eller biologiske prosesser pågående. For å holde lagringen trygg skal det ikke forekomme fritt vann med unntak av svartstøv- eller olje i fatene.

H₂S Produksjon holdes lav ved lav jordoljeprosent. Vi tar ikke imot avfall med over 50% oljeinnhold, og tilsetter adsorbent ved over 20%. Avfallet skal heller ikke være lettantennelig.

Avfall av svartstøv motas også, hvor avfallet skal være definert som modent og væske skal tilsettes til all materie er vått og vannflaten er litt over avfallet i tønnene. Tester på antennelses temperatur fra sertifisert laboratoriet vil også bli krevd.

Ventiler, rør eller andre metalleder kan motas ved tillatelse. Avfallet vil da bli «som det er» pakket med plastfolie og surret godt med gaffateip, pakken stropes så på en plast Palle og plassert i HDPE fat om mulig.

Lavradioaktivt avfall (LRA) fra tunnellmasser refererer til stein, jord, og annet materiale som er utvunnet under bygging av tunneler og som inneholder lave nivåer av naturlig forekommende radioaktive materialer (NORM).

Vi ønsker ikke mottak av Alunskifer eller andre syredannende avfall i løs masse deponiet, i løs masse deponiet skal det kun tas imot avfall som er stabilt.

Sand og støvmasser fra for eksempel tunellrengjøring samt fra annen prosessindustri fra for eksempel metallindustri og gjødselindustri. Disse fraksjoner er ofte kun radioaktiv og ikke farlig radioaktivt avfall.

Kilder til LRA i tunnelmasser:

1. Naturlig forekommende radioaktive materialer (NORM): Tunnelmasser kan inneholde NORM, avhengig av geologien i området der tunnelen bygges. Noen bergarter og jordtyper har høyere konsentrasjoner av radioaktive isotoper.
2. Kontaminering fra anleggsutstyr: I noen tilfeller kan anleggsutstyr som har vært brukt i miljøer med høye nivåer av NORM føre til en viss grad av kontaminering av tunnelmassene.

Lavradioaktivt avfall (LRA) fra prosessindustrien refererer til avfall som oppstår i industrielle prosesser som bearbeider materialer som inneholder naturlig forekommende radioaktive materialer (NORM). Slike avfallsstoffer kan inneholde lave nivåer av radioaktive isotoper, men kan likevel kreve spesiell håndtering og deponering.

Kilder til LRA i prosessindustrien:

Raffinering og kjemisk bearbeiding: Industriprosesser som involverer raffinering av petroleum, metallutvinning, eller kjemisk bearbeiding av mineraler kan frigjøre eller konsentrere NORM. For eksempel kan raffinering av fosfat, bauxitt eller sjeldne jordarter føre til avfall blir definert som LRA

Produksjon av byggematerialer: Produksjon av visse byggematerialer som betong eller gips kan resultere i avfall som inneholder NORM, spesielt hvis råmaterialene har høye nivåer av radioaktive isotoper.

Papir- og tremasseindustrien: Denne industrien kan også produsere LRA, spesielt hvis råmaterialene inneholder naturlige forekomster av radioaktive materialer som radon eller thorium.

Vi vil kun deponere avfall som er innenfor begrepet NORM

Avfallskoder som ønsket benyttet og som er benyttet er:

EAL	(NS 9431) stoffnummer	Kode 3000
170903	7081	3081-1 og 2
170901	7081	3081-1 og 2
130502	7081	3081-1 og 2
170903	7091	3091-1 og 2
130502	7091	3091-1 og 2
190211	7091	3091-1 og 2
100405	7096	3096-1 og 2
120116	7096	3096-1 og 2
130502	7081	3081-1 og 2
190211	7025	3025-1 og 2
130502	7025	3025-1 og 2
160708	7022	3022-1 og 2
130899	7022	3022-1 og 2
150202	7022	3022-1 og 2
130502	7022	3022-1 og 2
		3911-1 og 2
		3851-1 og 2

1.8 Utvidelse drift

Nye tunneler vil få en eller flere kummer ved laveste punkt for oppsamling av inntrengende vann. Dette vil bli testet og overvåket for økning i aktivitet ved start av ny drift.

Radioaktivstøv målere vil bli del av overvåkningen av de nye tunnelene.

Radon tester vil bli gjort regelmessig under utdrivelse av nye fjellhaller. Deretter minimum hvert år etter utdrivelse av fjellhaller er ferdiggjort.

Radon nivå i tunnel vil bli holdt lavt via luftesystem.

Vi skal ikke drive behandling, kun deponering av NORM.

Aktiviteten er allerede konsekvens utredet og siden det ikke er vesentlig endringer av driften finner vi at den er tilpasset og i henhold til det vi driver i dag. Vi kan også vise til at vår aktivitet ikke har påvirket miljøet siden 2008. Basert på disse erfaringer mener vi at vi skal fortsette den deponering vi har bedrevet i 13 år og ikke gjøre endringer i selve deponeringen, vi vil bygget de nye hallene på samme prinsipp som de andre.

De samme barrierer vil være som for sist konsekvensutredning. Da avfallstyper som er ut over de vi i dag deponere er stabile steinmasser som slik sett har mindre skadelig effekt på miljøet enn dagnes olje og gass avfall. Alle analyser og målinger gjort viser at aktiviteten ikke har hatt negativ påvirkning på miljøet i og rundt deponiet.

1.9 Oppsummering

Søknad gjelder utvidelse av adkomsttunnel og 2 nye deponeringshaller samt tverslag, det er kun radioaktivt og radioaktivt farlig avfall som skal deponeres i begge tunneller.

Deponering av inntil 3500 tonn radioaktivt avfall årlig

Prosjektdeponering av inntil 10 000 tonn pr år med forhåndsgodkjenning av DSA

Total radioaktivt avfall i tillatelsen økes fra 7500 tonn til 40 000 tonn

Vi søker ikke om ny spesifikk aktivitetsgrenser og vil beholde 1-300 Bq/g.

Vi beholder også dagens NORM/LRA mottakskriteriene

2 Lokasjon og geologi

2.1 Beliggenhet og topografi

Deponianlegget er lokalisert i gulen kommune, Vestland fylke. Virksomheten er sør for Rv. 57 på nordsiden av Fensfjorden, nær Sløvåg fergeteie. Selve området er regulert til deponiformål.

Det er lite vekst i område med området rundt deponiet er regulert til industri og lite og tynn vekst på berget over deponi.



Figur 1.3: Viser deponiområde (rød ring) Norm deponi-inngang (rød pil) og området rundt.



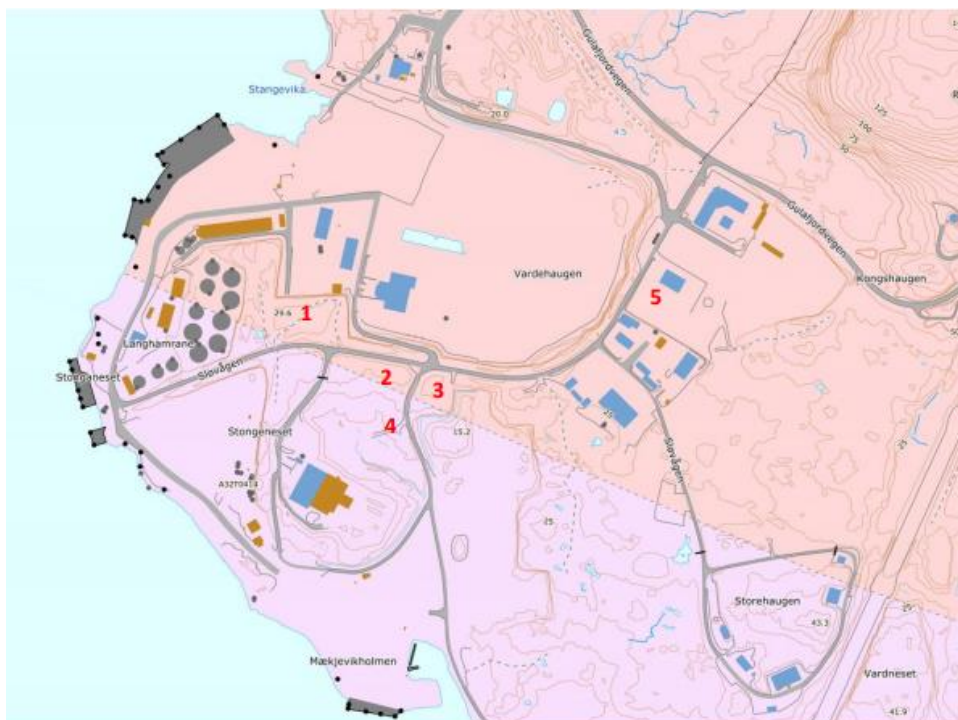
Figur 1.4: Plantegning som illustrerer eksisterende fjellhallanlegg i gult og nye haller i grått. På tilsendt tegning er det tegnet inn et tverrslag mellom hallene (rosa) Tunnel 4 strekker seg til P 85

Nærmeste bebyggelse er 1000 meter i luftlinje øst for deponiet, over Ramnfjellet og Nibbfjellet, som er 100 meter høyere enn deponi og bebyggelsen. Deponiet ligger 150-200 meter fra Fensfjorden og inngangstunnel ligger på kote 3-3.5.

2.2 Berggrunn

Norges Geologiske Undersøkelses kart viser at området består av gneis, som har varierende komposisjon av monozogranittisk, granodiorittisk og migmatittisk.

Kartlegging gjort av Norges geotekniske institutt viser steile nord-sør-gående sprekker og øst-vest-gående foliasjon. Videre viser utførte fjellboringer at grunnvannet først og fremst strømmer fra noen få sprekker og at fjellet for øvrig er tett.



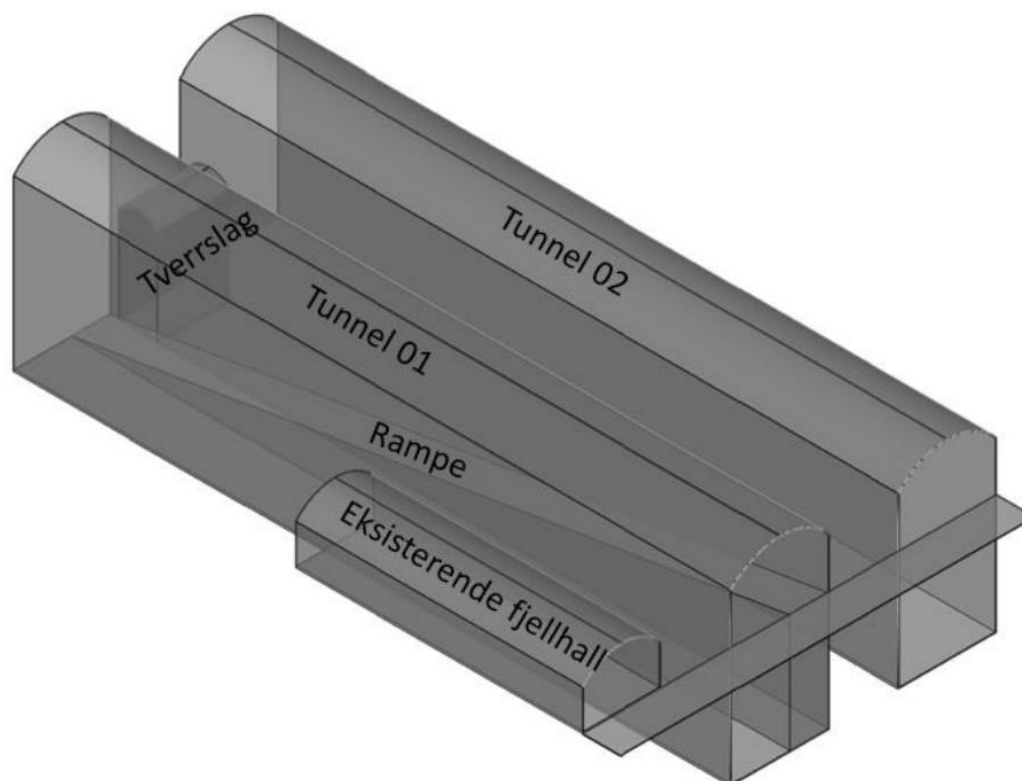
Figur 2.1: Berggrunnskart 1:250 000 (NGU). Lys rosa indikerer fin- til middelskornet monzogranittisk til granodiorittisk gneis, mens lys lilla viser migmatittisk gneis. Befarte lokaliteter er markert: 1, Eksisterende fjellhallanlegg; 2, blotning i dagen; 3, byggegrøp/dagbrudd; 4, vegskjæring; og 5, ny lagerhall

2.3 Befaring

Eksisterende fjellhallanlegg, ny lagerhall som er under driving og bergskjæringer i dagen ble befart av Christoffer Taule fra Multiconsult Norge AS sammen med Krister Turøy fra Wergelandsgruppen den 4. mars 2021. Figur 2.1 viser de befarte lokalitetene.

3 Fjellhaller

3.1 Tunnel 1 og 2

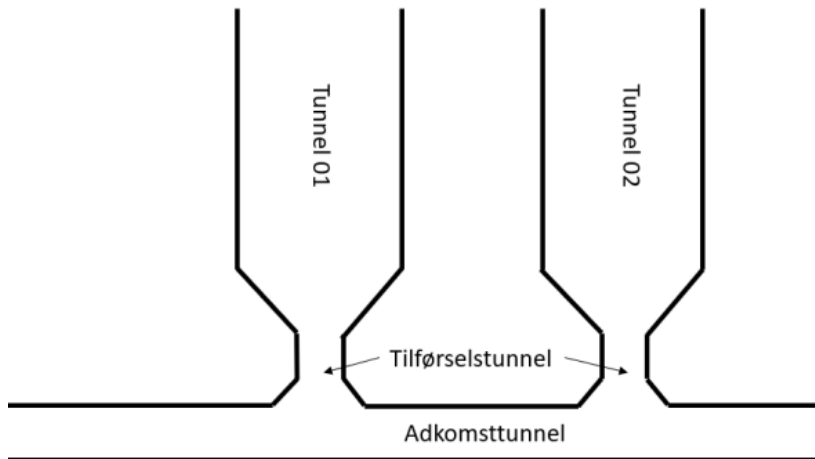


Figur 3.1: Tilsendt illustrasjon av planlagt fjellhaller. Den minste hallen nærmest er eksisterende fjellhall.

Tunneler planlagt er knyttet til adkomst tunnel, som er tenkt forlenget 5 meter forbi tunnel 2 (figur 3.1). Adkomsttunnelen og tak skiven drives først ut i eget enterprise, mens resterende bergvolum tas ut i andre enterprise. Det er planlagt permanent rampe i tunnel 1 og tverrslag til tunnel 2 for å ta ut resterende bergvolum.

Tunnelene er planlagt med en bredde på 20 meter, vegg høyde på 40 meter, og lengde på 190 meter. I senter heng vil høyden være 43 meter. Plassering av tunnel 1 og 2 vil være 5 meter under adkomst tunnel for å øke minste overdekning av fjell fra 7 til 13 meter i vestre del av fjellhaller. Adkomsttunnel vil ha helning for å legge tunnel 2 dypere enn tunnel 1, da tunnel 2 er mer sårbar grunnet plassering.

Tilførselstunneler mellom tunnel 1,2 og adkomsttunnel vil være optimalisert ved å ha 4.3 meter bredde i 11 meter inn i tunnel 1 og 2. deretter økes bredden jevnt til 20 meter



Figur 3.2: Tilførselstunneler til tunnel 1 og 2 fra adkomsttunnel

Det vil være en avstand på 10 meter mellom nye tunnel 1 og gamle deponitunnel 10. (Det vil legges inn et hakk, for å tilfredsstille 10 meterregelen) 3.2.3

3.2 Rampe og tverslag

Rampen er planlagt å gå fra tilførselstunnelsiden ned til tverslagstunnelen i tunnel 1. Med sikring mot utforkjøring langs rampen. (Se Figur 3.2)

Mellom tverslag og rampen vil det være 10 meter klarning, for å gjøre det enklere for anleggsmaskiner å snu.

4 Sikring av bergrom

Sikringsomfanget vil være ulikt for henholdsvis adkomsttunnel og fjellhaller. Volumet i fjellhaller vil trinnvis fylles igjen med fulle LRA tønner, som støpes inn i etapper helt til hallen er helt full. Selve hallene vil anses som permanente arbeidsplasser grunnet personer jobbende der til siste etappe er støpt inn. Arbeidet i tunnel er i hovedsak deponering og støpning, samt vedlikeholde og ettersyn av bergrom, tunneler og installasjoner.

Det vil bli utført etterkontroll av berg anslagsvis hvert 3. år. Når innfylling av LRA er fullført, vil hall fullstendig fylles med betong. Og når NORM-deponi avsluttes skal adkomsttunnelene fylles med inert materiale og adgangen blokkeres med en tetningsplugg, ref Avslutningsplanen for NORM-deponiet.

Bergmassen anslås å ha en Q-verdi på mellom 5.8 og 75. tabell 4.1 oppsummerer antagelsene av bergmassen basert på feltkartlegging av tilstøtende bergrom, bergskjæringer og blotninger.

Tabell 4.1: antatte Q-verdier på feltkartlegging.

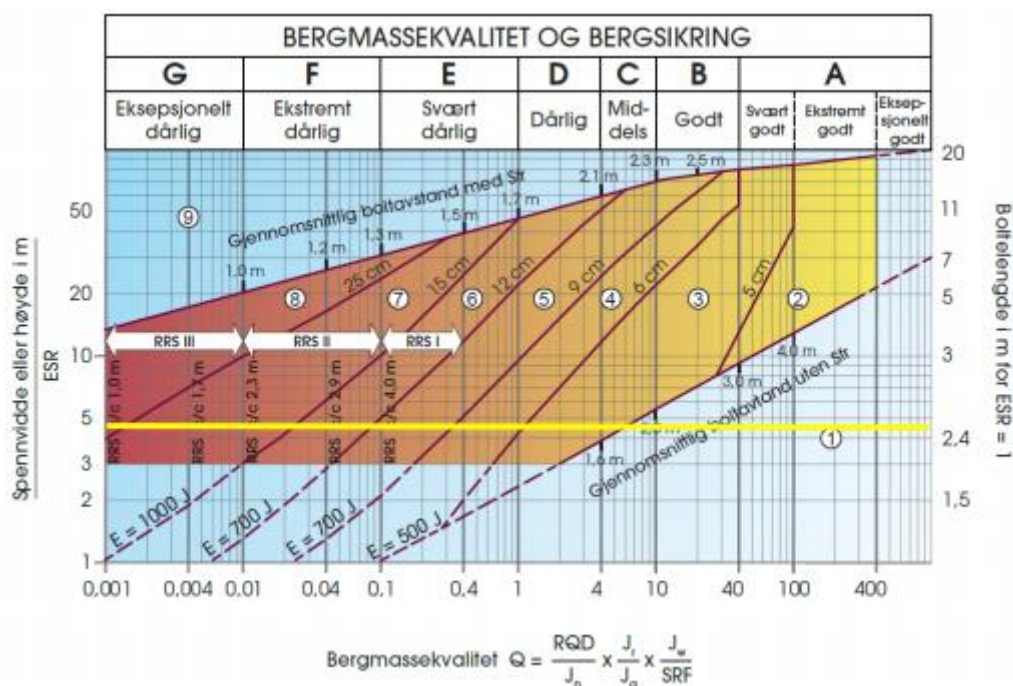
Parameter	Lav Q-verdi	Høy Q-verdi	Kommentar
RQD	70	100	Generelt stor avstand mellom sprekkene, men kan være lokalt med oppsprukket.
Jn	9	4	Avhengig av lokalitet er det registrert 2-3 gjennomgående sprekkesett.
Jr	1,5	3	Sprekkeflatene er ru og hovedsakelig planær, men det er registrert et undulerende sprekkesett i den migmatittiske gneisen.
Ja	2	1	Det er generelt ikke registrert noe sprekkebelegg.
Jw	1	1	Forutsetter tett konstruksjon med sementbasert forinjeksjon.
SRF	2,5	2,5	Lave spenninger i kompetent berg
Q-verdi	2,3	30	

Den geotekniske prosjekteringen av bergsikring vil utføres med kartlegging i utsprenget bergrom, og dette skal bli gjort før sprøytebetong blir påsatt. Det vil bli tatt foto og tatt boredata samt befaringer for å oppdatere data fortløpende. Frekvens på befaringer vil være høyest i oppstartfasen og ved driving av tak skivene.

4.1 Adkomsttunneler

Sikring utføres etter Q metoden (figur 4.1) samt skal hele tunnelen sikres med minimum 4 cm E700 sprøytebetong fra midt vegg til midt vegg for å forhindre mindre nedfall og redusere behovet for framtidig vedlikehold.

Med en ca. 6 meter bred tunnel med en ESR = 1.3 (se figur 4.1)

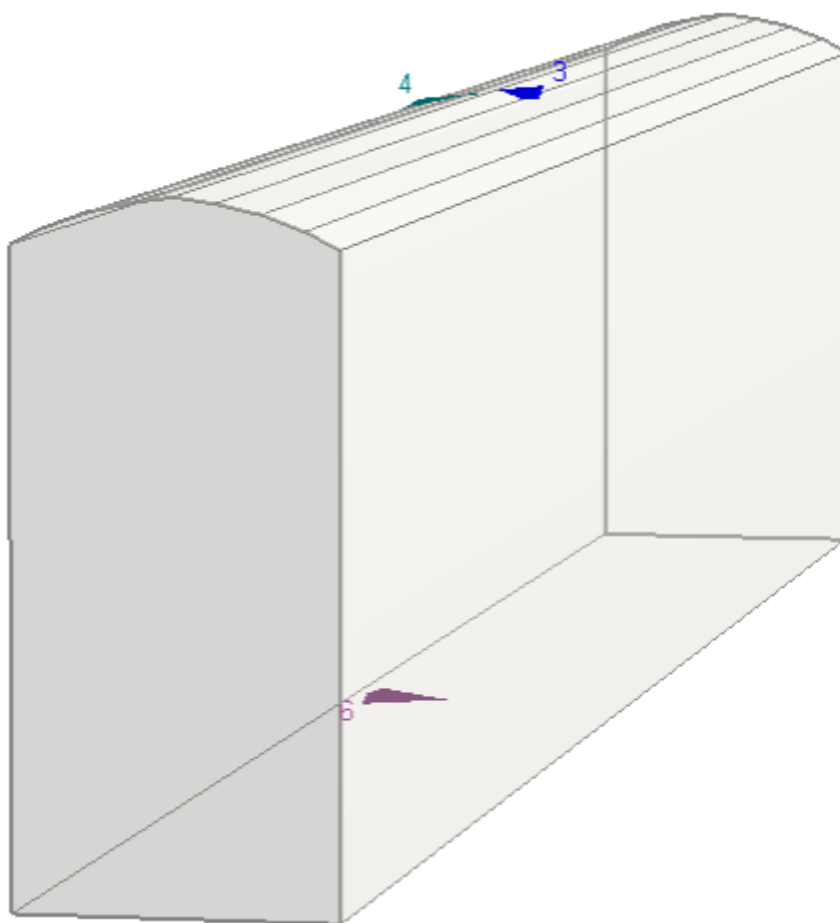


Figur 4.1: sikringsmetode for adkomsttunnel basert på Q-metoden.

vil det trengs 2.5 m lange $\varnothing 25$ mm polyesterforankrede bolter, og dette gir en nødvendig bolt lengde på 3 m. ved behov lengre om sprekkavstanden tilsier det eller spennvidden til tunnelen gjøres bredere. Boltene vil være pulverlakkerte og varmforsinket.

4.2 Fjellhaller

Fjellhallene får en høyde på 43 meter og ifølge Palmestrøm [4] bør det gjøres egne betraktninger for bergrom med spenn over 20 meter for å ivareta større kiler. Stabiliteten har blitt analysert med UnWedge fra Rocscience. Med designmetode 3 i eurokode 7. Prosjektet legger til grunn en friksjonsvinkel på 27° . med en kohesjon på 0.1 MPa. Basert på observasjoner lagt fram i kapittel 2.2 i 10233013-01-RIGberg-NOT-02_rev02. Figur 4.2 viser en analyse i Unwedge av kilepotensiale på kartlagte sprekk sett i eksisterende adkomsttunnel. Det er to gjennomgående sprekksett, som betyr at det bare vil oppstå kiler der det kommer inn et tredje mer opptredende sprekksett. Den lokale sikringen som ivaretar lokalstabiliteten, vil dermed være tilstrekkelig på bakgrunn av kartlagte sprekker. Dette kan forandre seg ved nye vurderinger under driving.



Figur 4.2: likevektsanalyser i programmet Unwedge fra Rocscience basert på kartlagte sprekker i eksisterende tunnelsystem.

Likevektsanalyser basert på kartlegginger viser at det er lite kilepotensiale i bergmassen. Det vil hovedsakelig være aktuelt å bruke 4 meter lange $\varnothing 25$ mm polyesterforankrede bolter med senteravstand c/c 2.5 meter i fjellhallene, og lokalt noe tettere senteravstand og lengre bolteavstand om oppsprekking tilsier det. Endelig sikring vil baseres på ingeniørgeologiske observasjoner under driving. Boltene vil være pulverlakkert og varmforsinket.

Sikring av tak ned til vederlag sikres med fiberarmert sprøytebetong. Kvalitet og tykkelse vil bli bestemt etter bergets egenskaper (Q-verdi)

4.3 rampe og tverslag

Rampen vil sikres med 4 til 12 meter lange $\varnothing 32$ mm fullt innstøpte forbolter og sprøytebetong, i tillegg til endeforankrede bolter som installeres radielt i profilet for å sikre enkeltbolter.

Endelig sikring vil bestemmes av byggherrens ingeniørgeolog.

Tverslaget vil endre spenningsbilde og det vil derfor bli mer omfattende sikring av tverslaget i form av høyere grad av energiabsorberende (E700), lengre bolter og tettere boltemønster enn i fjellhallene ellers.

5 Injeksjonsstrategi

5.1 injeksjon-generelt

Det vil bli brukt mikroement eller industrisement ved hver injisering. Og herdetid vil bestemme tidspunkt for videre boring.

Injeksjonsarbeid vil bli bestemt av ingeniørgeolog underveis i driving.

5.1.1 Framgangsmåte injeksjon i fjellhall

Eksempel på framgangsmåte for injeksjon i fjellhallene ved krav til innlekkasje mindre enn 20L/min pr hall

Takskive

Injeksjonen av tak skiven foregår på fullt tverrsnitt. Det vil bli boret subhorisontale hull med aktuell lengde på 21 meter. Og ved mye vannlekkasje 10 meter forbi endeveggen. Hullene vil gi en stikning på 7 meter i vegger og 3 meter i hengen på grunn av begrenset overdekning. Det vil være en senteravstand på 1 meter mellom injeksjonshullene, fra nederste del av vegg (overgang til tak skivens såle) til tilsvarende punkt på motsatt side; tak skivens såle injiseres ikke. Men fem hull vil injiseres i stoff. Grunnet lav overdekning vil det injiseres med 25 bar. Detaljert injeksjonsplan vil bli utarbeidet av ingeniørgeolog i samråd med entreprenør under bygging.

Etter endt injeksjon og herding vil det borres 2 kontrollhull på 18 meter. Om de er tørre skal to salver skytes før ny sonderboring for å determinere nødvendighet for ny injeksjonsrunde. Ved lekkasje kontaktes ingeniørgeolog.

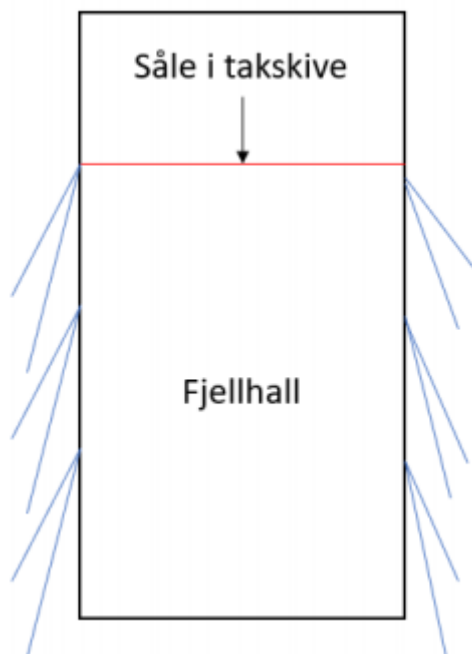


Figur 5.1: Prinsippskisse for injisering av takskive, såle og adkomsttunnel sett i snitt langs fjellhall og adkomsttunnel. Blå linjer markerer injeksjonsskjermer med 1/3 overlapp

Nedpalling

Det vil borres subvertikale hull langs kranen med senteravstand 1 meter mellom injeksjonshullene. Lengden tilpasses entreprenørens nedpallingslengde, men det vil minst være 1/3 overlapp mellom skjermene.

Det kan bli aktuelt å gi hullene en stikning på 3 til 5 meter, og injisere med 50 bar. Detaljert plan utarbeides av ingeniørgeolog i samråd med entreprenør i byggefasen etter hvert som faktiske forhold avdekkes.



Figur 5.2: Prinsippskisse for injisering under nedpalling. Snitt på tvers av hallen. Blå linjer markerer injeksjonsskjermer med 1/3 overlapp og stikning på 3-5 meter.

Såle

Det vil injiseres i sålen med tilsvarende hull lengde og stikning som for hengen av tak skiven (Figur 5.2). Dvs. det vil injiseres ut ifra erfaring fra foregående enterprise i hengen av

takskiven. Detaljert plan blir utarbeidet av ingeniørgeolog i samråd med entreprenør under bygging.

6 Forslag til rekkefølge for driving av bergrom

1. Forlengelse av eksisterende adkomsttunnel.
2. Takskive i fjellhallene, med enhver tid 50 meter avstand mellom fjellhallene.
3. Nedpalling i bergrommene.
4. Rensk og sluttinjeksjon i såle.

7 konsekvens, risiko og miljørisiko vurdering

Barrierer

Stabilitet ved deponering

Plasttønnene hindrer at NORM kommer i kontakt med omkringliggende betong.

Plasttønnene er laget av HDPE som har høy kjemisk bestandighet mot oljer (for referanse, se for eksempel http://www.ides.com/generics/PE/PE_features.htm). Selv om innholdet av olje i tønnene er inntil 50% vil dette ikke medføre at de innstøpte tønnene brytes ned.

Før plasttønnene mottas til deponiet fjernes overskuddsvann og flytende væsker fra aktørene som forbehandler avfallet før det skal til deponi, og i henhold til beskrivelse i retningslinjer for deponiet, hvordan avfallet skal være pakket og type dokumentasjon som må følge avfallet.

Bergromsdeponiet er etablert under havnivå, og tønnene blir lagret i et kjølig og termisk stabilt miljø. Etter mottak i deponiet etterfylles tønner med sand slik at det ikke er hulrom inni fatene. Etter at plastlokket er satt på vil det derfor være begrenset tilgang på oksygen i tønnene. I den grad det foregår biologisk aktivitet vil denne derfor være en langsom og svært begrenset prosess. Verken plasttønnene eller betongen rundt er diffusjonstett slik at eventuell gass som dannes vil kunne unnsnippe uten å bygge opp noe gasstrykk i tønnene, men eventuell gassproduksjon vil være så begrenset at det ikke vil kunne dannes kanaler i den omstøpte betongen.

Betong til bruk for innstøping av tønner (HDPE, kokille 1) skal det benyttes B30 M60 CL0,1 Dmax22 45% som er vanntett i henhold til NS-EN-206-1

Her er en typisk betong benyttet i Norm deponiet

1635	B30 M60 CL 0,10 Dmax22 45%
1629	Tillegg for D. max 8mm (finsats)
1626	Tillegg for D.max 16mm
1631	Steinreduksjon R75 (ca. 75%)
1621	Tillegg for Vanntett Betong
1618	Tillegg for synk 200 - 240

Betongen som brukes til (kokille type 2) skal være av klassen B30 M45 C10,1 Dmax22 45% og tilfredsstillende kravene i XA3 i NS-EN-206-1 og er tilsatt sulfatresistent sement for å hindre nedbryting av betongen selv om avfallet skulle komme i direkte kontakt med denne.

Spesifikasjonen Betong

- trykkfasthet, f. eks. B35
- bestandighetsklasse, f. eks. M60
- største tillatte kloridklasse, f. eks. C10,40
- største nominelle steinstørrelse i mm, f. eks. Dmax22
- densitet: klassebetegnelser som angitt i tabell 9, eller tilsiktet verdi, f.eks. D1,8.

NB! Hvis ikke densitetsklasse er oppgitt anses betongen som normalbetong.

- konsistens: klassebetegnelse som angitt i tabell om synkklasser eller tilsiktet verdi, f. eks S4 eller 200

Eks. I: B30, M60, C10.40, Dmax 22, 200

Eks II: LB30, M60, C10.10, Dmax 16, D1.8, S4

Beskrivelse av trykkfasthet, bestandighetsklasse, kloridklasse og Synkklasse

FASTHETSKLASSE NS **B10** **B20** **B25** **B30** **B35** **B45** **B55** **B65** **B75** **B85** **B95**

CEN betegnelse		C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C55/67				
Karakteristisk sylindrefasthet f _{ck}	10	20	25	30	35	45	55	65	75	85	95
Karakteristisk terningfasthet f _{ck}	12	25	30	37	45	55	67	80	90	100	110
Tidligere betegnelse	C12	C25	C30		C45	C55		C80	C90	C100	C110

¹⁾ For fasthetsklasse B55 og høyere kan andre verdier benyttes om forholdet mellom disse og referansefastheten for sylindere er etablert med tilstrekkelig nøyaktighet og dokumentert for den aktuelle betongsammensetningen

Tabell NA.11 – Valg av bestandighetsklasse etter nasjonalt tillegg til NS-EN 206-1

EKSPONERINGSKLASSE

BESTANDIGHETSKLASSE

	M90	M60	M45	MF45	M40	MF40
X0						
XC2, XC3, XC4, XF1, XC1						
XA1, XA2 ^{a)} , XA4 ^{b)} , XD1, XS1						
XF2, XF3, XF4						
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3 ^{a)}						
XSA ^{a)}	Betongsammensetning og beskyttelsestiltak fastsettes særskilt. Betongsammensetningen skal minst tilfredsstillende kravene til M40.					
^{a)} Om det i eksponeringsklasse XA2, XA3 eller XSA er mulighet for kontakt med sulfater i konsentrasjoner høyere enn grenseverdien for XA2, skal det i produksjonsunderlaget presiseres at det skal anvendes sulfatbestandig sement ^{b)} For konstruksjoner utsatt for husdyrgjødsel, skal det i produksjonsunderlaget angis at det skal anvendes minst 4 % silikastøv						

Eksponeringsklassene er delt inn i følgende hovedklasser for eksponering:

X0 For betong uten armering eller innstøpt metall

XC Karbonatisering

XD Klorider som ikke stammer fra sjøvann

XS Klorider fra sjøvann

XF Fryse-/tineangrep

XA Kjemisk angrep

1 Ingen risiko for korrosjon eller nedbrytning		
X0	For betong uten armering eller innstøpt metall: Alle miljøer, unntatt der det er fryse/tining, slitasje eller kjemisk angrep For betong med armering eller innstøpt metall: Meget tørt	Betong inne i bygninger med meget lav luftfuktighet
2 Korrosjon framkalt av karbonatisering		
XC1	Tørt eller permanent vått	Betong inne i bygninger med lav luftfuktighet Betong som permanent er neddykket i vann
XC2	Vått, sjelden tørt	Betongoverflater i kontakt med vann over lengre tid Fundamenter
XC3	Moderat fuktighet	Betong inne i bygninger med moderat eller høy luftfuktighet Utvendig betong som er beskyttet mot regn
XC4	Vekselvis vått og tørt	Betongoverflater i kontakt med vann, som ikke er i eksponeringsklasse XC2
3 Korrosjon framkalt av klorider som ikke stammer fra sjøvann		
XD1	Moderat fuktighet	Betongoverflater utsatt for luftbårne klorider
XD2	Vått, sjelden tørt	Betong utsatt for industrivann som inneholder klorider Svømmebasseng
XD3	Vekselvis vått og tørt	Brudeler utsatt for sprut som inneholder klorider Vegdekker Deler av parkeringsanlegg i kontakt med klorider
4 Korrosjon framkalt av klorider fra sjøvann		
XS1	Utsatt for luftbårne klorider, men ikke i direkte kontakt med sjøvann	Konstruksjoner nær eller på kysten
XS2	Permanent neddykket	Deler av marine konstruksjoner
XS3	Tidevannssoner, skvalpesoner og sprutsoner	Deler av marine konstruksjoner
5 Fryse-/tineangrep med og uten avisingsmiddel		
XF1	Moderat vannmetning, uten avisingsmiddel	Vertikale betongoverflater utsatt for regn og frost
XF2	Moderat vannmetning, med avisingsmiddel	Vertikale betongoverflater i vegkonstruksjoner utsatt for frost og luftbårne avisingsmidler
XF3	Høy vannmetning, uten avisingsmiddel	Horisontale betongoverflater utsatt for regn og frost
XF4	Høy vannmetning, med avisingsmiddel eller sjøvann	Veg- og brudekker utsatt for avisingsmidler Betongoverflater utsatt for frost og direkte sprut som inneholder avisingsmidler Skvalpesonen i marine konstruksjoner utsatt for frost
6 Kjemisk angrep		
XA1	Lite kjemisk aggressivt miljø	
XA2	Moderat kjemisk aggressivt miljø	
XA3	Meget kjemisk aggressivt miljø i	
7 Kjemisk angrep fra husdyrgjødsel		
XA4	Konstruksjoner i kontakt med husdyrgjødsel	Klassen omfatter bl.a. konstruksjoner som spalteplank, gjødselkjellere osv.
8 Særlig aggressivt miljø		
XSA	Konstruksjoner utsatt for sterkt kjemisk angrep som ikke er dekket av de andre eksponeringsklassene og som gjør særskilte beskyttelsestiltak påkrevd. Dette kan kreve spesialkomponert betong, membraner eller lignende.	Klassen omfatter bl.a. konstruksjoner som er i kontakt med væsker med lav pH, eksempelvis førsiloer

oljeinnhold i avfallet vil ikke medføre økt fare for nedbrytning av betongen dersom oljen skulle komme i kontakt med denne.

For at vann skal kunne komme i kontakt med avfallet og danne sigevann med mulig innhold av miljøgifter, må barrierene rundt avfallet bryte sammen, dvs. at betong og plasttønner må smuldre opp/ødelegges.

Det vil bli benyttet to typer kokiller: en type (kokilletype 1) for innstøping av HDPE plasttønner/plastduk med mineralisk LRA.

(kokilletype 2) for deponering av LRA innstøpt i sulfatbestandig betong. denne er enda ikke benyttet, men vi har den med dersom det skulle være behov for den i fremtiden. Vi har ingen erfaring med blanding av sement og LRA da vi kun har støpt inn avfall med HDPE tønner.

De ferdigstøpte kokillene plasseres nede i deponitunnelen. Plasttønnene i HDPE vil hindre at LRA kommer i kontakt med omkringliggende betong i kokillen.

Deponitunnelen vil ha støpt gulv over et dreneringslag for å sikre god og sikker stabling.

Etter at en del av bergrommet er oppfylt av kokiller, for eksempel etter ifylling av sju rader, støpes det opp en tett vegg foran rommet og rommet fylles fullstendig med hydratiseringen materiale (betong) som har større tetthet enn berget.

Den beskrevne ifyllings- og deponeringsmåten betyr at avfallet vil bli omgitt av flere barrierer som forhindrer at verken radioaktivt materiale eller tungmetaller og eventuelt olje kan lekke ut.

Barriere 1.

Den første barrieren er enten plasttønnen (Kokilletype 1) som er av radontett høytetthets polyetylen, eller selve avleiringen som blandes med betong for at den skal være på fast, immobil form (Kokilletype 2).

Barriere 2.

Barriere nummer 2 dannes av omstøpningen. Det skal sprøytes inn flytende betong som vil omgi kokillene på alle kanter. Omstøpningen vil være en effektiv barriere mot vanninntrengning i deponitunnelen og dessuten fylle alle hulrom. Avstanden mellom ytre kokille og tunnel- vegg antas å være minimum 0,2-0,5 meter.

Barriere 4.

Barriere nummer fire utgjøres av fjellet som omgir deponitunnelen sammen med deponitunnelens endevegg. Fjellet vil være en meget effektiv barriere, som vertikalt opp mot dagen vil ha en tykkelse på minimum 10 m Tunnelens endevegg mot adkomsttunnelen vil bestå av støpt betong. Etter avslutning av driftsfasen, vil gjenstående hulrom i deponitunnelen bli gjenstøpt med betong. Dette sikrer mot menneskelig inntrengning samtidig som det forsterker endeveggbarrieren. Minste avstand mellom deponert LRA og ytre overflate vil være mer enn 6 meter.

Med bakgrunn i de beskrevne hydrogeologiske forholdene i området så vil det bli små mengder vann som vil lekke inn i bergromsanlegget. Det som er av grunnvannsstrøm, er forsvinnende lite i forhold til overflateavrenningen. Lokalisering av deponianlegget under en fjellrygg med svært begrenset nedbørsfelt, er spesielt gunstig og bidrar til en redusert innlekkasje.

Grunnvannet i området vil få en øket gradient inn mot det fremtidige utsprengte deponi anlegget. Bunn av Deponi A og B ligger på ca. kote 3. LRA-deponiet, som blir liggende lavere enn Deponi A og B, vil fra alle kanter få innadrettede strømningsgradienter for grunnvannet. Men den svært lave permeabiliteten i berggrunnen vil gi tilsvarende lite grunnvanns sig.

Det er gjort overslagsmessige beregninger av hvor store vannmengder som kan lekke inn i deponiet og som må pumpes fra pumpesumpen til sjøen via sivevannsledningen i driftsfasen. Med den planlagte plasseringen av deponitunnelen vil grunnvannet ha innadrettet gradient mot deponiet og det vil ikke være mulighet for diffus lekkasje gjennom

berggrunnen fra deponiet og ut til sjøen. I det etterfølgende er det likevel gjort et meget konservativt anslag for vann- strøm fra anlegget gjennom berggrunnen og ut til sjø, ved det tilfelle at anlegget blir liggende noe høyere og dermed får en svakt utadrettet grunnvannsgradient i driftsfasen.

Med utgangspunkt i en k-verdi på 10^{-8} eller 10^{-7} , vil grunnvannet i fjell strøme med en fart på ca. 1 eller 3 meter per år, dvs. at det kan ta fra 100 til 1000 år for grunnvann å strøme fra deponianlegget gjennom fjell til resipienten, en horisontalstrekning på ca. 160 meter. I etter driftsfasen er det mulig at grunnvannet kan reetablere seg til dagens nivå.

Grunnvannsnivået i dag antas å ligge omkring kote 5. Det betyr at det vil være en svært liten strømningsgradient mellom grunnvannsnivå i deponiområdet og havnivå, slik at det ikke er snakk om særlig strømming av vann med de antydde hastigheter.

Bergmassekvalitet

I følge bergrunnskartet for det aktuelle området tilhører Stangeneset det såkalte nordvestre gneisområdet som består av proterozoiske bergarter med kaledonske skjærsoner. Disse bergartene utgjorde trolig underlaget for skyvedekken som bygde seg opp under den kaledonske kollisjonsfaren. De ble derfor sterkt deformerte. Forsenkingen langs Fensfjorden er kartlagt som en kaledonsk skjærson. Berggrunnen er ellers preget av migmatiske gneiser og grå monzogranittisk til granodiorittisk biotittgneis. De migmatiske gneisene varierer mellom lyse, røde, granittiske bånd og biotitt- og amfibolrike bånd. Den grå gneisen er kvartsrik og forholdsvis ensartet, men inneholder enkelte granittiske årer som ligger tilnærmet parallelt med foliasjonen i bergarten. Bergarten stryker omkring NV/SØ og faller $10-20^\circ$ mot sørvest. Flere omkring nord-sørgående og regionale sprekeretninger eller lineasjoner (Brandangersundet, Halsvika/Langevatnet, Steinsvatnet/Eidsfjorden) kjennetegner ellers området.

NORSAR og NGI har på oppdrag for Norges Byggstandardiseringsråd utarbeidet en rapport som tar for seg jordskjelvfaren for norske sokkel- og landområder. Denne tar blant annet for seg forventede maksimale grunnakselerasjoner på bakgrunn av ulike årlige nominelle sannsynligheter for jordskjelv. Denne analysen viser at havområdene utenfor kysten av Vestlandet (Sogn og Fjordane) utgjør en av tre hovedansamlinger for forventede episentra. Analyser som gjelder for regionen rundt Stangeneset viser likevel at disse grunnakselerasjonene er relativt lave sammenliknet med de rystelsene som bergmassen vil bli utsatt for under sprenging av tunnelene. De forventede rystelsene generert av jordskjelv er oppsummert under.

Retur-periode [år]	Nominell årlig sannsynlighe	Maksimal akselerasjon i grunnen [m/s^2]	Beregnet svingehastighet $v/f=50\text{Hz}$, mm/s
10 000	10^{-4}	3,3	105
1 000	10^{-3}	1,3	40
475	$2.1 \cdot 10^{-3}$	0,9	20
100	10^{-2}	0,4	12

Til sammenlikning vil en ved sprengningsarbeider nær bergrommene der det pågår virksomhet sette krav til største tillatte svingehastighet på om lag 50 mm/s. Fare for nedfall i sikrede bergrom vil normalt oppstå ved et nivå der svingehastigheten er ca 150 mm/s. Bergrom er overalt i verden anerkjent for å tåle svært store jordskjelvlaster før det oppstår stabilitetsproblemer. Et eventuelt gjenfylt bergrom vil tåle enda mer fordi det ikke vil være mulig at ras oppstår. Fare for spredning av avfall vil først oppstå ved store geologiske bevegelser i jordskorpen som følge av endringer i jordklodens platetektonikk, eller plutselig oppstått vulkanisme, da er vi over i scenarier som omhandler hendelser med sannsynlighet mindre enn 1 pr million år.

Den mest utberedte sprekkeretningen er ett sett med steile/vertikale sprekker som stryker omkring N-S. Disse sprekkeene er en del av et regionalt sprekke-mønster. I tillegg finnes sprekker parallelt med foliasjonen (NV/SØ strøk og SV fall 10-20°). Begge disse sprekeretningene tilkjenngis i landskapet i form av delvis løsmassedekte søkk i terrenget mellom oppstikkende rygger.

Det ble i 1996 utført flere boringer i området (ref.IS/). Blant annet ble det boret to 50 m lange hull i en avstand på ca 1 km fra deponiet. I det ene hullet ble det boret i grå båndet gneis med amfibol, feltspat, biotitt og noe kvarts. I det andre hullet ble det boret i grå til rødlig gneis med feltspat, kvarts og amfibol. I begge hullene ble det observert relativt moderat borsynk.

Fotografi av kjernene (ref.IS/) viser at bergmassen er relativt lite oppsprukket. I de to kjernene ble det registrert en gjennomsnittelig sprekkeavstand på 28-30 cm. Sprekkeene er relativt jevnt fordelt mellom de mafiske (mørke amfibol- og biotittrike) og felsiske (lyse feltspat- og kvartsrike) båndene i gneisen. Sprekkeflatene er i all hovedsak ru og plane, men stedvis er det også observert mer undulerende sprekkeflater.

Berggrunnen vurderes videre til å være av en såpass god kvalitet at verken kjemisk eller mekanisk forvitring vil forekomme i et signifikant omfang for valg av bergrom som deponeringsmetode. En erosjon av bergmassen ned til deponert volum vil kreve utvikling til en ny istid med en viss varighet. Erosjon på grunn av høye temperaturer vil kreve drastiske endringer fra temperert til tropisk klima.

Hydrogeologi

Bergarten er generelt vurdert å være svært tett, og resultatet av tidligere utførte prøveboringer tyder på at også sprekke- og sleppe soner i bergmassen er forholdsvis tette og lite vannførende. Vi antar at vannledningsevnen er størst parallelt med de regionale bruddstrukturene i nord-sørretning. Med bakgrunn i typiske verdier for tilsvarende gneisbergarter, og dersom en ser bort fra forseglende effekter av løsmasser og innspenning på sprekkeflatene, antar vi at den hydrauliske konduktiviteten, K, er 10⁻⁶ - 10⁻³ m/s i nord-sørretning og 10⁻⁷ - 10⁻⁹ m/s i øst-vest retning.

Sannsynligvis ligger de reelle konduktiviteten i øvre sjikt av disse intervallene.

Den relativt tette grunnen fører til at bare en svært liten del av nedbøren trenger ned i grunnen og blir magasinert som grunnvann (dypt og grunt grunnvann). Det som er av grunnvannstrøm i området er derfor forsvinnende lite i forhold til overflateavrønnen.

Sprengningsarbeider

Sprengning i skjæringer, tunneler og bergrom må generelt tilpasses gjeldende retningslinjer i forhold til sikkerhet, støy og utslipp.

Sprengningsarbeider i bergrom og tunneler må utføres med krav til begrensning av vibrasjoner slik at en hindrer spesielt at det dannes sekundære sprekker som er gjennomgående helt opp i overflaten.

Slike krav er normale, og spesifiseres i beskrivelse av sprengningsarbeidene. Generelt vil det dessuten være fordelaktig å begrense all form for sprengingsinduserte sprekker i bergmassen slik at en ivaretar den bergmekaniske stabiliteten i bergrom og tunneler og den lave vannledningsevnen rundt anlegget.

Strengt krav til tunnelsprengning generelt og kontursprengning spesielt vil være viktig for så jomfruelige konturer som mulig i bergrommene. Dette vil gi en klart definert kontur med lite sikring, det blir lettere å oppnå en tett stabling av kokillene med lavt forbruk av innstøpingsmateriale og overflatearealet, og potensialet for inn- og utlekkasje begrenses.

Etter at deponiet er ferdig innfylt støpes det opp en tett veg foran rommet, og det fylles fullstendig med hybridisert materiale (betong), med tetthet større enn berget. Deponiet vil da ikke dreneres videre. Med den tette berg- og betongmassen som da omslutter avfallet vil vannledningsevnen bli minimal og langt mindre enn 10-7 m/s som er en sannsynlig

Et gjenfylt bergrom vil ikke påvirkes av endringer i bergets stabilitet over lang tid som følge av for eksempel korrosjon av bolter. Igjenfylling vil totalt forhindre nedfall av berg. Fare for ras kan dermed neglisjeres.

Bergrom er i Norge ellers anerkjent for å tåle svært store jordskjelvlaster før det oppstår fare for stabilitet. Gjenfylte bergrom tåler enda mye mer fordi det ikke vil være mulig at ras oppstår. Fare for spredning av avfall vil først oppstå ved store geologiske bevegelser i jordskorpen som følge av endringer i jordklodens platetektonikk, eller plutselig oppstått vulkanisme. Dette regnes for å være svært lite sannsynlig.

I utgangspunktet er risikoen for skader på mennesker og miljø svært liten for slike hendelser (geofarer). Når en i tillegg minimerer faren for blokknedfall og jordskjelvskader ved å fylle anlegget med betong, og reduserer lekkasjefarene ved å plassere avfallet innstøpte kokiller vurderer vi at risikoen for tap, skade eller utslipp knyttet til bergrom (geofarer) vil være akseptabel under drift og i hele etter driftsfasen.

Mulige spredningsveger til biosfæren for forurensede stoffer fra avfallet

Følgende spredningsveger for avfallsstoff er mulige både på kort (drifts- og etterdriftsperioden) og lang sikt:

- Via lekkasje på ledningssystem for overvanns- og sigevannshåndtering i behandlingsanlegget inkl. mellomlager. Gjelder bare i driftsfasen.
- Via lekkasje på utslippsledning til terreng og sjøen. Gjelder bare i driftsfasen.
- Via sprekker i berggrunnen til grunnvannet, og videre herfra til sjøen. Ved innadrettede strømningsgradienter inn i deponiet, dvs. ved deponiplassering under havnivå, vil dette gjelde kun i etterdriftsfasen. Ved utadrettede gradienter, som neppe blir aktuelt, kan det gjelde både drifts- og etterdriftsfasen.

Det forutsettes at man legger opp til en fleksibilitet under detaljprosjektering og bygging slik at justeringer i deponianleggets plassering kan gjøres dersom lokale geologiske forhold tilsier det.

Aktuelle uønskete hendelser er jordskjelv, effekt av klimaendringer og forvitring og oppløsning av bergarten (denudasjon). Jordskjelv er i seg selv en episodisk og akutt hendelse, men som i sin tur kan føre til en langvarig, uønsket effekt på avfallets spredning til biosfæren. De to andre effektene er av meget langsiktig karakter og uaktuelle i driftsfasen

Bergrom er i Norge ellers anerkjent for å tåle svært store jordskjelvlaster før det oppstår fare for stabilitet. Et eventuelt gjenfylt bergrom vil tåle enda mer fordi det ikke vil være mulig at ras oppstår. Fare for spredning av avfall vil først oppstå ved store geologiske bevegelser i jordskorpen som følge av endringer i jordklodens platetektonikk, eller plutselig oppstått vulkanisme.

På grunnlag av dette vurderes det som svært lite sannsynlig at jordskjelvaktivitet med permanente deformasjoner i bergmassivet som følge, skal kunne føre til skade på bergrommene av betydning for deres funksjon. Det er svært liten sannsynlighet for at deformasjoner langs sprekker som eventuelt fører sivevann fra deponiene skal få økt permeabilitet, eller at det av samme årsak skal oppstå nye spredningsveger langs sprekker i berggrunnen.

Mekaniske forhold av betydning for stabilitet av bergrommene vil bli fortløpende kartlagt, observert og rapportert under driving av bergromsdeponiet.

Under oppfylling sikres deponiet midlertidig mot drypp ved oppspenning av presenning i flammehemmende materiale. Tunnelduken vil i seg selv beskytte mot mindre nedfall. Betongblokkene med LRA-materialet stables opp til ca 1 meter under under taket i tunnelen. Eventuelle steinblokker som mot formodning måtte komme ned får da så liten fallhøyde at skader på betong unngås, Dersom ikke eventuelle nedfall kan fjernes, støpes de inn sammen med materialet i neste fase.

Etter at et bergrom er oppfylt støpes det opp en tett veg foran rommet som deretter fylles fullstendig med hydratisert materiale (betong), med tetthet større enn berget. Et gjenfylt bergrom vil ikke påvirkes av endringer i bergets stabilitet over lang tid som følge av for eksempel korrosjon av bolter. Dette vil totalt forhindre nedfall av berg.

Berggrunnen på Stangeneset består, i likhet med de fleste norske bergmassiver, av en bergarts- type der vannstrømning hovedsakelig foregår i komplekse nettverk av sprekker og kanaler - såkalte sprekkeakviferer. Det er berggrunn med sprekkekontrollerte, permeable bergartstyper der det intakte berget mellom sprekke i praksis er uten porøsitet og vannledningsevne. Det teoretiske grunnlaget og det matematiske formelverket som benyttes for å karakterisere væske- strøm i porøse medier vil ikke kunne benyttes på væskestrøm i oppsprukket fjell. På grunnlag av de beskrevne hydrogeologiske forholdene ventes det at det blir ubetydelige vannlekkasjer inn i deponiet. Eventuelt er det mulig å tette i form av injeksjon ved stuff, om dette vurderes som nødvendig.

I driftsfasen legges det opp til en deponiplassering slik at det vil bli innadrettede grunnvannsgradienter, og med kontrollert oppsamling av innlekkasjevann, som ikke vil komme i kontakt med avfallet fordi det vil ha flere barrierer.

Betongen som fylles i deponitunnelen rundt tønnene, vil ha en permeabilitet på minst 10^{-9} m/s, noe som i praksis vil være vanntett. På lang sikt, dvs. lenge etter at deponiet er avsluttet og grunnvannsnivået er reetablert, antas et "worst case scenario" der alle barrierer, med unntak av bergmassivet, bryter sammen. På den måten vil det bli mulighet for en utadrettet grunnvannsstrøm der sigevann, dvs. innlekkasjevann som har infiltrert gjennom avfallet siver ut gjennom berggrunnen og ut til sjøen.

Berggrunnen

Bergarten er et inert materiale, og den er ikke reaktiv i praksis. Den mineralogisk sammensetning er følgelig lite relevant.

Grunnvannet

Grunnvannet er i utgangspunktet "rent" og har ikke egenskaper som fører til tæring eller ned- brytning av berggrunnen. Utsprengingen av deponianlegget vil gripe inn i hydrogeologien ved at grunnvannsgradienter endres. Endring i poretrykksforhold og økte gradienter gir hurtigere innstrømming til bergrommet langs sprekker og soner i berggrunnen rundt og over. Nærmest bergrommet kan dette føre til erosjon og utvasking av sprekke materialet på sprekke soner nærmest bergrommet. Men de hydrauliske forholdene vurderes å stabilisere seg raskt, slik at grunnvannets sammensetning vurderes å bli ubetydelig endret som følge av dette.

Under og i en kort periode etter utsprengning av bergrommet kan innlekkasjevann til en viss grad være påvirket av sprengstoffer (nitrogenforbindelser). I tillegg kan det påvirkes noe av den betongen som skal anvendes som sikring og barrierer, slik at vannet i en kort periode kan bli basisk. Dette vurderes å være ubetydelig både på kort og lang sikt.

Eventuelle geokjemiske effekter som fører til større vannledningsevne, kan gi økt gjennomstrømning på sprekker og slepper i driftsfasen. Dette er imidlertid mindre interessant så lenge drenasjevannet inn til bergrommene samles opp og tas hånd om før det når sjøen.

Når deponiet er oppfylt med avfall som er omsluttet av vanntett betong, og grunnvannsnivået eventuelt reetableres, vil dette redusere den hydrauliske innstrømningsgradienten til bergrommet slik at en eventuell utvaskingsprosess avtar eller stopper.

Sprekkefyllingsmateriale

Fra tidligere kjerneboring og kartlegging i området er det påvist at sprekke i berg- grunnen består av et sprekkefyllingsmateriale av mørke amfibol- og biotittrike og lyse feltspat- og kvartsrike mineraler. Det er registrert en gjennomsnittlig sprekkelengde på 28 - 30 cm. Sprekkeflatene er i all hovedsak ru og plane, men stedvis er det også observert mer undulerende sprekkelater.

Biosfæren i dette tilfellet er først og fremst sjøresipienten Fensfjorden. I driftstiden, under forutsetning av at avfallsbarrierer fungerer, vil eneste utslipp være innlekkende grunnvann samt eventuelt oppsamlet vann fra mellomlageret/mottakshallen. Dette skal

ledes inn på eksisterende utslippsledning via sedimenterings-/prøvetakingskum. Det kontrollerte utslippet til sjøen vil derfor være ubetydelig.

I etter driftstiden og/eller ved fullstendig nedbryting av barrierene kan også den øvre delen av grunnvannet i berggrunnen mellom deponiet og sjøen bli berørt av forurenset grunnvann (sivevann) dersom dette har vært i direkte kontakt med avfallet. Dette forurensete vannet kan da teoretisk sive ut i sjøen via slepper og sprekker i bergmassivet. Et eventuelt utsig av denne typen er vurdert å ha ubetydelig effekt, basert på resultater fra utlakingstester på avfallet kombinert med beregninger av sivevannsmengder og mulige transportmekanismer. Partikkelbundne forurensninger vil holdes igjen i berggrunnen og oppløste forurensninger som felles ut vil også filtreres i berggrunnen.

Mulig påvirkning av miljøtilstanden i sjøen eller i strandsonen fra utsig via berggrunns sprekker eller utslippsledning vurderes å være liten.

Avslutningen av deponeringsperioden vil bestå i at ifylling av kokiller med avfall opphører og at hulrom mellom kokiller og bergromsvegg injiseres med vanntett betong. Alle installasjoner, inkludert pumpe for kontrollert bortledning av innlekkasjevann til pumpeumpen, vil bli fjernet. Deponitunnelen plugges igjen med en vanntett betongvegg. Deretter kan grunnvannsnivået naturlig reetableres over tid. Deponiet vil ikke lenger være tilgjengelig i etter driftstiden.

Kortsiktig risikovurdering

Hendelse	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko
1. Blokknedfall i deponi	Lav	Liten	Lav
2. Økt permeabilitet på berggrunnsprekker	Lav	Liten	Lav
3. Økt strømningsgradient	Middels	Liten	Lav

4. Økt grunnvannsinnsig til ferdig oppfylt deponi	Lav	Liten	Lav
5. Hull/brudd på utslippsledning	Lav	Liten	Lav
6. Svikt i sedimenteringskum på utslippsledning	Middels	Liten	Lav
7. Nedbryting av bygde barrierer /konstruksjoner	Lav	Liten	Lav
8. Sigevannslekkasje til sjø	Lav	Liten	Lav

Langsiktig vurdering

Hendelse	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko
1. Blokknedfall i deponi	Lav	Liten	Lav
2. Økt permeabilitet på berggrunnssprekker	Lav	Liten	Lav
3. Økt strømningsgradient	Lav	Liten	Lav
4. Økt grunnvannsinnsig til ferdig oppfylt deponi	Lav	Liten	Lav
5. Nedbryting av bygde barrierer /konstruksjoner	Lav	Liten	Lav
6. Forvitring/nedbrytning av bergarten	Lav	Liten	Lav
7. Forvitring/nedbrytning av bergarten og bygde barrierer	Lav	Middels	Lav
8. Sigevannslekkasje til sjø	Lav	Liten	Lav
9. Stigning havnivå	Middels	Liten	Lav

Risikovurderingen både på kort og lang sikt viser at det ikke knytter seg uakseptable risikoer til geologiske, geomekaniske, hydrogeologiske og geokjemiske forhold. På kort sikt er kanskje den uønskede hendelsen med størst risiko for spredning at det skal oppstå lekkasje gjennom en av betongbarrierene, men miljørisikoen er også her lav og akseptabel.

Sannsynligheten for at noe slikt skal skje er liten. Også på lang sikt er trolig den uønskede hendelsen med størst risiko for spredning at det skal oppstå lekkasje gjennom barrierene, ved at disse nedbrytes. Men også på lang sikt vurderes sannsynligheten for å være liten og miljørisikoen å være akseptabel.

Størst risiko for spredning til biosfæren er dermed knyttet til barrierene, både på kort og lang sikt, men risikoen er likevel lav, og vurderes derfor som uproblematisk. Dette er

forbundet med at avfallet i seg selv, med dets utlekkingssegenskaper vurderes som et avfall det er forbundet lav risiko med.

Risikovurdering daglig drift:

Risiko kalkulerings matrise		
	Sannsynlighet	Alvorlighet
1	Sjelden	Ubetydelig
2	Usannsynlig	Mindre alvorlig
3	Enkelttilfeller	Betydelig
4	Sannsynlig	Alvorlig
5	Nesten sikkert	Svært alvorlig

Sannsynlighet	Alvorlighet				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Risiko kalkulerings tabell:	
1 - 3 (LAV)	Risikoen er Akseptabel Jobben kan bli gjort med normal oppmerksomhet og overvåkenhet
4-12 (MIDDELS)	Risikoen er Betydelig . Risikoreducerende metoder må legges til grunn, ekstra kontrollbarrierer må på plass, eller redusere aktivitet/operasjoner innenfor aktiviteten for å redusere sannsynlighet
15-25 (HØY)	Risikoen er Uakseptabel . Jobben kan ikke gjennomføres

Arbeidstrinn	Farer	Fare konsekvens (Inkluder hvem som kan komme til skade)	S	A	R	Barrierer	S	A	RR	ALARP	
										Ja	Nei
Mottak og NORM	Skli, snuble og fall farer	Operatører og besøkende. Blåmerker, kuttskader, bruddskader	3	2	6	Minimer ferdsel på området når en har pågående losseoperasjoner Bruk av oppmerket område, avsperrt området, dedikert området Sørge for at området er rent. Ta høyde for vær og føreforhold ute. God belysning	2	2	4		
	Strukturell svikt i oppbevarings enheter, utslipp til miljø, feil type avfall.	Forurensing, personskade, skade på utstyr	2	3	6	Alle operatører opplært i prosedyre ved søl. Absorbent tilgjengelig nært arbeidsområdet. Øvelser i søl og utslipp Ikke løfte usikker emballasje, sjekk stropping og emballasje. Visuell kontroll av lastebærere før operasjon starter. Sjekk dokumentasjon og analyser før mottak Kun sertifiserte løfteutstyr og sjåfør, benytt hjelpemann om mulig	1	3	3	J	

Kontroll, etterfylling og veiing av NORM	Overfylling, emballasje kollaps, gass utvikling, eksponering av stråling	Søl, eksponering av radioaktivitet, H2S fare, kvelning, alvorlig personskade, død	3	4	12	Evakueringsplan på plass, og testes jevnlig Benytte dosimeter alltid ved arbeid i tunell Nød dusj og øyeskyl Benytte heldekkende ansiktsmaske med fungerende filter som er beregnet for eksponering, ved åpning av fat, og gassmåler som er sertifisert God orden og renhold. Benytter sertifisert utstyr og trent personell Rømningsveier holdes åpne og ryddig Trent personell i førstehjelp Korrekt verneutstyr Sjekk at avfallet er i henhold til analyser, deklarasjon og deponikrav	2	2	4		
Lagring av emballasje/NORM klar for deponering i mottakstunell	Påkjørsler, kollisjoner, søl	Søl, glatt området, skade på utstyr og personell	2	3	6	Ekstra personell til dirigering ved behov Sertifikat påkrevd for bruk av kjøretøy Sertifisert kjøretøy og kompetente ansatte Benytter verneutstyr og dosimeter Absorbent Avgrenset område som ikke har avrenning til miljø	1	3	3		
Håndtering av svartstøv	Kjemiske reaksjoner, Kjemisk brannskade, brann og eksplosjon	Allergier, kjemisk brannskade, og brannskade pusteproblemer, blindende, død	2	5	10	Bevissthet ved håndtering av svartstøv Forsikre seg om at stabilitetsbevis er med for hele	1	5	5		

						forsendelsen Vernemasker som dekker hele ansiktet Gassmåler som er sertifisert Verneutstyr og dosimeter Øyeskylle-stasjoner og førstehjelpsutstyr			
Nedkjøring av NORM fra mottakstunnel til Deponiet	Påkjørslar, kollisjoner, søl,	Søl, glatt området, skade på utstyr	2	4	8	Ekstra personell til dirigering ved behov Sertifikat påkrevd for bruk av kjøretøy Sertifisert kjøretøy og kompetente ansatte Benytter korrekt verneutstyr og dosimeter. Absorbent Avgrenset område som har ingen avrenning til miljø Tunnelen ned til deponiet skal kun benyttes av fraktende kjøretøy, det skal holdes god avstand til forankjørende kjøretøy og maks 2 kjøretøy i tunnelen samtidig. Det skal ikke være personer i nedkjøringstunnelen under transport som ikke er fører av maskiner. Ekstra personell til dirigering ved behov	1	4	4
Deponering av NORM	Søl, eksponering av radioaktivitet, strukturell svikt av emballasje, fallende gjenstander, fallskader, påkjørsel	Søl, eksponering av radioaktivitet, H2S fare, fallende gjenstander, klemskader, bruddskader, kvelning, alvorlig personskade, død	3	4	12	Sertifikat påkrevd for bruk av kjøretøy Sertifisert kjøretøy og kompetente ansatte Industrivern tilgjengelig Absorbent tilgjengelig Avgrenset område som ikke har avrenning til miljø Ikke gå under hengende last Benytt korrekt verneutstyr, dosimeter og gassmåler	1	4	4
Innstøping av norm	Klemskader, våt sement, kjemikalier, fallskader, besøkende/utrent personell, søl, eksponering av radioaktivitet og kjemikalier.	Brist av forskaling med våt sement ut over person og utstyr, tønner med norm kan falle ned og forårsake søl og fallende gjenstander, sjåfør med liten erfaring fra slik jobb kjører betongbil	2	3	6	Ekstra personell til dirigering ved behov Forklare alle som jobber der om de fare som er tilstede og holde et vaksomt øye med hele operasjon. Dedikere en ansvarlig person for hele operasjon. Sørge for at forskaling er forsvarlig sikret før innstøping Støpe kun 50% og la herde før en støper resten. Tenke sikre arbeidsposisjoner og plassering av seg selv, kollegaer og utstyr. Benytte riktig og korrekt verneutstyr og dosimeter	1	3	3
Grunnvann	Forurensing til miljø	Fare for forurensing av grunnvann. Ødeleggelse av marint liv og biota. Nedleggelse av deponiet. Ødeleggelse av miljø på veldig lang sikt.	2	5	10	Måleprogram. Lukket krets med manuell utpumping av grunnvann fra samletank. Prøvetaking før utslipp. Flere prøvepunkt som kan indikere forurensing før det når oppsamlingstank. Alt avfall blir lagret i HDPE tønner som er tett, samt de blir innstøpte i betong. Strålevernansvarlig som gjør en vurdering av avfall som skal deponeres slik at det ikke påvirker deponiet.	1	5	5

8 Andre forhold

Sprengningsarbeid vil utføres med krav til begrensning av vibrasjoner slik at dannelse av sekundære sprekker til overflaten unngås og at det kan påvirke avfallet som er allerede støpt inn i tunnelen, det skal minst være 10 meter fjell mellom allerede innstøpt avfall og ny tunell. Det skal ikke være avfall som ikke er støpt inn som står eksponert i fjellhall eller det skal ikke pågå deponering i hallene under skyting og arbeid med tunell, det må lages en plan basert på avfall som kommer inn og tunell drivere i perioden dette pågår slik at alt arbeid kan utføres på en trygg måte og at betong får tilstrekkelig herdetid før en ny salve skal drives. Tunnelen blir valgt basert på bergets utforming med de minstekrav som beskrevet over.

Det vil bli utarbeidet en særskilt plan og risikovurdering for tiltaket etter gjeldene regler for utdriving av tunell som også skal inkludere avfallet som er inne i tunnelen. Prioritet en er og få tillatelse på plass om utvidelse av dagnes konsesjon, når denne foreligger vil det bli utarbeidet en plan og risikovurdering for selve tiltaket og de begrensinger som må legges til grunne for arbeid i tunell. Det er gjort en vurdering at den gjenstøpte tunnelen vil ha bedre styrke en selve berget. Det er gjort en vurdering på den neste fulle tunnelen at risikoen er lav for ødeleggelse av barriere ved utdriving av nye tunneler.

Det kommer frem i avslutningsplanen for deponiet hvordan tunnelen tettes og avsluttes, den blir totalt innstøpt fra gulv til tak, dette gjøres fortløpende.

Vår erfaring med etappevis oppfylling er flere, det er ikke grunnlag for å lage mange tunneller jo flere tunneller du lager med en gang øker risikoen for at en får masse hulrom inne i deponiet. Dette medfører igjen store økonomiske utfordringer med tanke på avslutningskostnader dersom avfallet opphører og deponiet stenger, da er det mye som må fylles opp med steinmasser før en kan endelig avslutte deponiet. Det blir større grunnvansintregning i uutnyttet areal som hele tiden må pumpes ut. Det er bedre og ta dette etappevis og i henhold til hva markedet har av avfall, dette vil også være mere miljøvennlig slik at en ikke tar ut mere tunneller en nødvendig og slik sett bevarer de naturlige barriere så mye som mulig. Videre vil en ved og ta ut mindre steinmasser over tid ha bedre utnyttelse av steinmasser slik at disse ikke ligger lagret, men går rett i steinknuser produksjonen over en lengre periode.

Det og fyller opp deponiet slik i gjør i dag er en måte vi skal ta med oss i videre drift, det redusere eksponeringstiden slik at vi har kun folk nede når vi har nok avfall til en etappe som vi har planlagt. Vi får større støper og mindre forskalingsarbeid og avfallet står ikke eksponert i tunnelen over lengre tid.

Vi effektiviserer bruk av maskiner og personer med og gjøre dette.

Målinger av berggrunn:

Tabell 4.8: Resultater fra bestemmelse av 226Ra, 228Ra og 210Pb i overvåkningsprøver: berggrunn.

Beskrivelse	Dato	Enhet	Aktivitetskonsentrasjon (Bq/kg)								
			Ra-226			Ra-228			Pb-210		
Berggrunn-Stangeneset	07.06.2005	Bq/kg	41,5	±	1,5	23,5	±	5,0	62,0	±	18,0
Berggrunn-Stangeneset	22.06.2006	Bq/kg	59,0	±	5,0	63,0	±	7,0	67,0	±	16,0
Berggrunn-Stangeneset	22.06.2006	Bq/kg	61,0	±	6,0	53,0	±	6,0	65,0	±	18,0
Berggrunn-Stangeneset	22.06.2006	Bq/kg	56,0	±	4,0	53,0	±	6,0	45,0	±	22,0
Berggrunn-Stangeneset	14.06.2011	Bq/kg	73,0	±	6,0	35,0	±	3,0	76,0	±	8,0
Berggrunn-Stangeneset	23.05.2012	Bq/kg	47,0	±	5,0	40,0	±	3,0	46,0	±	5,0
Berggrunn-Stangeneset	31.10.2018	Bq/kg	50	±	5	44	±	11	47	±	18

Prøvetype	Enhet	BAKGRUNNSNIVÅ								
		Ra-226			Ra-228			Pb-210		
Berggrunn	Bq/kg	54,4	±	8,8	48,1	±	17,1	60,0	±	10,0

Grunnvann

Grunnforholdene er tidligere vurdert i forhold til egenskaper ved berggrunn, løsmasser og grunnvann. Hydrologiske og hydrogeologiske vurderinger har tidligere slått fast at mesteparten av nedbøren som faller ned over deponiene renner av uten at det i noen særlig grad bidrar til nydanning av grunnvann. Kjerneboringer utført i området i 1996 viste at

berggrunnen er relativt lite oppsprukket. Den relativt tette grunnen fører til at bare en svært liten del av nedbøren trenger ned i grunnen og blir magasinert som grunnvann (dypt og grunt grunnvann). Det som er av grunnvannstrøm i området er derfor forsvinnende lite i forhold til overflateavrenningen. Lokalisering av deponianlegget under en fjellrygg med svært begrenset nedbørsfelt, er spesielt gunstig og bidrar til en redusert innlekkasje.

Grunnvannet i området vil få en øket gradient inn mot det fremtidige utsprengte deponianlegget. Bunn av Deponi A og B ligger på ca. kote 3. LRA-deponiet, som blir liggende lavere enn Deponi A og B, vil fra alle kanter få innadrettede strømningsgradienter for grunnvannet. Men den svært lave permeabiliteten i berggrunnen vil gi tilsvarende lite grunnvannssig. Det er gjort overslagsmessige beregninger av hvor store vannmengder som kan lekke inn i deponiet og som må pumpes fra pumpeumpen til sjøen via sigevannsledningen i driftsfasen.

Med den planlagte plasseringen av deponitunnelen vil grunnvannet ha innadrettet gradient mot deponiet og det vil ikke være mulighet for diffus lekkasje gjennom berggrunnen fra deponiet og ut til sjøen. I dag blir grunnvannet prøvetatt med referanse til samleikum 2 og 3, her blir alt grunnvann med tilsig inn til tunnelen prøvetatt, så lenge deponiet er i drift vil det alltid komme noe tilsig av grunnvann inn i tunnelen, dette vannet blir så pumpet på tank, prøvetatt så sluppet til sjø. Det blir ikke sluppet ut vann før en har tatt prøve og fått svar på analysene, i snitt slipper vi ut ca 400m³ grunnvann fra Normdeponiet med dagens drift. Det er forventet noe høyere tall jo større tunnelen er. Grunnvannet er derfor godt dokumentert i våre prøver, det ligger også et stort avfallsdeponi klasse 2 over normdeponiet. Vi mener det ikke vil være hensiktsmessig med grunnvannsbrønner tilknyttet deponiet da det er tilsig av grunnvann inn i deponiet som prøvetas, det kan vurderes i etter driftsfasen om en skal lage til en grunnvannsbrønn i deponiet etter endt avslutning. Slik at grunnvann kan hentes opp i et foringsrør i selve proppen som er beskrevet i avslutningsplanen.

Grunnvann 2020

Parameter	Dato:	31.03.2020		
TOC	11	mg/l	11	mg/l
Fe	460	µg/l	0,46	mg/l
Ba	62	µg/l	0,062	mg/l
V	36	µg/l	0,036	mg/l
Mn	14	µg/l	0,014	mg/l
Cr-tot	10	µg/l	0,01	mg/l
As	12	µg/l	0,012	mg/l
Ni	5,2	µg/l	0,0052	mg/l
Cu	16	µg/l	0,016	mg/l
Pb	0,72	µg/l	0,00072	mg/l
Zn	16	µg/l	0,016	mg/l
Co	0,64	µg/l	0,00064	mg/l
Cd	0,018	µg/l	0,000018	mg/l
Hg	0,005	µg/l	0,000005	mg/l
Sb	9	µg/l	0,009	mg/l

Oversikt over prøver av grunnvann kvartalsvis 2022

Gjennomsnitt år 2022 utslipp RAPPORTERING		
	TOC	10,06 mg/L
As	Arsen	3,09 µg/L
Pb	Bly	0,50 µg/L
Cd	Kadmium	0,02 µg/L
Cu	Kobber	10,41 µg/L
Cr	Krom	3,28 µg/L
Hg	Kvikksølv	0,12 µg/L
Ni	Nikkel	3,19 µg/L
Zn	Sink	9,28 µg/L
Sb	Antimon	2,41 µg/L
Ba	Barium	102,88 µg/L
Fe	Jern	936,25 µg/L
Co	Kobolt	4,38 µg/L
Mn	Mangan	242,83 µg/L
V	Vanadium	11,01 µg/L

Vi har gjort en kalkulasjon basert på det vi kjenner i dag samt injeksjon strategi for å forhindre tilsig av grunnvann i tunnelen, vi vurderer på bakgrunn av de tallmaterialet vi har i dag at utslippet av grunnvann vil ha følgende årlig mengde:

basert på 1000m³ grunnvann blir sluppet ut pr år:

1000m ³		Gjennomsnitt kg/år
	TOC	8,98125
As	Arsen	0,00236
Pb	Bly	0,00091
Cd	Kadmium	0,00005
Cu	Kobber	0,01447
Cr	Krom	0,00446
Hg	Kvikksølv	0,00004
Ni	Nikkel	0,00510
Zn	Sink	0,01476
Sb	Antimon	0,00128
Ba	Barium	0,18429
Fe	Jern	0,83813
Co	Kobolt	0,00274
Mn	Mangan	0,18642
V	Vanadium	0,00811
Se	Selen	0,00060
Sn	Tinn	0,00010

Prosessvann.

Vi søker ikke om utslipp av prosessvann, vi skal kun forta deponering, all behandling av Norm før deponering utføres av 3rd part. Deponiet har ikke hatt utslipp av prosessvann da det er

3rd part som har pakket og klargjort avfallet til deponiet. Det vil derfor ikke være behov for rensesanlegg eller utslipp av prosessvann.

Emballering

Avfall skal emballeres med samme prinsipp, avfall-HDPE membran- betong-fjell.

Dette for og følge konsekvensutredningen, og at vi har gode resultater med denne måten og deponere avfall på en trygg og god måte.

Sprengning

Det vil ikke være avfall som skal stå uten innstøpninger når sprenging pågår, betongvegger mot avfall skal dekkes til med skytematter som et ekstra tiltak. Det skal ikke pågå deponering under tunelldriving og arbeid med tunneldriving skal stoppe når det gjøres deponering i tunell systemet.

vurderinger

Vi har vurdert at den konsekvensutredningen som ble utført i og tillegg konsekvensutredningen er dekkende for denne utvidelsen da det er bare en utvidelse på mengde avfall som skal inn i deponiet og at vi opplever økning på avfallsmengder til deponiet årlig. Vi har vurdert alle påvirkning deponiet har hatt på miljø og funnet den helt i tråd med konsekvensutredningen slik at vi er trygge på at en økning ikke vil skape større eller negativ påvirkning på miljøet.

Marked

Det er meget viktig at deponiet kan drives i mang år fremover, da den jevne tilgangen på dette avfallet er mellom 300-500 tonn årlig, det betyr at dersom DSA ikke gir samtykke til utvidelse vil vi årlig opp akkumulere samme mengden avfall her i landet, som på sikt vil gi store utfordringer. Deponiet er straks fullt, eller det vil si at dersom vi ikke har begynte tunell driving innen Januar 2024 så vil en fremtidig utvidelse være ødelagt og vi har da maksimalt 3 år igjen med drift før endelig avslutning.

Fjell og berggrunn.

Det er utført befaring og beskrivelse av de sprekker som er mulig å identifisere i rapport premissnotat, det er ikke utført injeksjoner etter tunnelen var ferdig bygget og innsiget av grunnvann er relativt liten.

Oversikt over mottatt avfall (4639,11)

År	Kat 1 (tonn)	Kat 2 (tonn)
2008		184,256
2009		16,037
2010		179,96
2011		205,425
2012	4,863	94,82
2013	91,56	64,268
2014	63,99	91,564
2015	107,846	162,087
2016	49,61	96,898
2017	162,195	155,04
2018	125,39	192,683
2019	143	617,595
2020	228,329	283,949
2021	183,368	148,746
2022	178,097	580,912
2023	53,42	173,217
Tot. Tonn	1391,668	3247,457

Wergeland-Halsvik AS og Norse Decom AS (2004). Konsekvensutredning for deponi og behandlingsanlegg for LRA på Stangeneset, Gulen kommune sier følgende i punkt 3.2

For at

bergoverflaten ikke skal svekkes fra tunneldriften er det forutsatt en minimum minste påvist fjelloverdekning på 5 meter berg for adkomsttunnel og 10 meter berg for deponitunnel.

Vi har derfor lagt til grunne at minimumsavstanden mellom gammel og ny tunnel er med minst 10 meter bergrom i mellom slik KU anbefaler og at alt avfall er støpt inne slik at sprenging ikke kan ha ytre påvirkning på avfall som står i lager tunneler. Videre er det vurdert at det som eventuelt måtte komme av nedfall der det er støpt tunnel men ikke avsluttet helt opp at steinblokker ikke kan ødelegge barriere.

Wergeland-Halsvik AS og Norse Decom AS (2004). Konsekvensutredning for deponi og behandlingsanlegg for LRA på Stangeneset, Gulen kommune sier følgende i punkt 3.4.2.1

Konseptet tillater ytterligere utvidelse hvis behandlingen av denne konsekvensutredningen skulle vise at det er behov for det.

Stein som blir tatt ut fra tunellen blir kjørt til områdetes steine knuseverk og stein vil bli omsatt på markedet enten som offshorestein eller stein til andre industrielle formål.

Kort om DC Halsvik:

Uttaket av stein i Sløvåg i Gulen kommune ble startet opp i 1994. Her brytes det gneis som er 1,5 milliarder år gammel. I 2017 ble Yeoman Halsvik kjøpt av belgiske Group de Cloedt (100%) og opererer i dag under navnet DC Halsvik Aggregates As (DCHA). DCHA sitter også på utvinningsrettigheter i Kvalsund i Finnmark.

Per i dag foreligger det konsesjon på et uttak rundt 160 millioner tonn, og med en opsjon for utvidelse. De siste årene har driften stabilisert seg på et salgs- og produksjonsvolum på om lag 2 millioner tonn årlig til primærmarkedene i de nordeuropeiske kystområder, samt store offshoreprosjekter.

DCHA har etablert seg som en anerkjent og foretrukket leverandør av kvalitetstilslag i det nordeuropeiske tilslagsmarkedet og har som mål å bygge videre på denne posisjonen i fremtiden.

DC Halsvik Aggregates As er ISO-sertifisert for kvalitet og miljø og har miljøsertifikat EPD for sine produkter

Nettsider og resultater.

Pr i dag ligger ikke resultater ute på nettsider, det har det aldri gjort meg bekjent. Men på norskeutslipp ligger årsrapportene åpent for deponiet. Det er ikke noen klager meg bekjent fra lokalbefolkningen på dette deponiet, deponiet betaler en kommunal avgift til kommunen som skal komme innbyggeren til gode og er noe vi skal fortsette med.

Det ligger en statlig garanti til deponiet, i tillegg til de midler som blir satt av til etter drift av deponiet fra bedriften.

9 Referanser

- [1] Wergeland-Halsvik AS og Norse Decom AS (2005). Tilleggsutredning til KU for deponi og behandlingsanlegg for LRA på Stangeneset, Gulen kommune
- [2] Multiconsult ASA (2004). Bergdeponi Stangeneset – Ingeniørgeologiske forhold. Bergromsutforming og utsprengning.
- [3] Norges Geotekniske Institutt (2006). Kommentar til ny plassering av deponiet. Fjelldeponi for LRA på Stangeneset, Hydrogeologisk og Ingeniørgeologisk vurdering.
- [4] Palmström, A og Broch, E. (2006). Use and misuse of rock mass classification systems with particular reference to the Q-system. Tunnels and Underground Space Technology. Vol. 21, pp. 575-593.
- [5] Wyllie, D. og Norrish, N. (1996). Landslides: Investigation and Mitigation. Chapter 14: Rock Strength Properties and their Measurements. Special report 247.
- [6] Norsk Bergmekanikkgruppe (2011) Veiledning til Eurokode 7, versjon 1.
- [7] Wergeland-Halsvik AS og Norse Decom AS (2004). Konsekvensutredning for deponi og behandlingsanlegg for LRA på Stangeneset, Gulen kommune
- [8] Multiconsult (2021) Optimalisering av bergrom, sikringsstrategi og injeksjonstrategi rev 02
- [9] Multiconsult (2021) Premissnotat rev 01
- [10] Årsrapport til DSA 2020
- [11] Tillatelse mottak av farlig og radioaktivt avfall Wergeland halsvik AS