

AVFALLHÅNTERINGSPLAN NYE SULITJELMA GRUVER

UTARBEIDET FOR
NYE SULITJELMA GRUVER
FAUSKE

UTARBEIDET AV
INGAR F. WALDER
SARB CONSULTING NORGE AS

Kjeøy,
26. juni, 2020

INNHALDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	3
1.1	Forekomst.....	3
1.2	Driftsform	5
1.3	Opplysninger om undersøkelser, utvinning og foredling	5
1.4	Utvinningsmetode.....	7
1.5	Avfallsmengder	7
1.5.1	Avgang	7
1.5.2	Gråberg.....	8
2	AVFALLSKARAKTERISERING	9
2.1	Geologisk bakgrunn	9
2.2	Forekomsten	9
2.3	Omgivende bergarter.....	9
2.3.1	Kjemisk og mineralogi sammensetning av avgang,	10
2.3.2	Produkt.....	12
2.4	Forekomstenes størrelser og geometri	12
2.5	Tidligere Miljøundersøkelser	12
2.6	Kjemisk/mineralogisk forvitring og overflatenær omdannelse.....	12
3	POTENSIELLE MILJØ OG HELSE EFFKETER AV MINERALAVFALLET	14
3.1.1	Surt vann	14
3.1.2	Kobber	15
3.1.3	Partikkel transport.....	15
4	FORSLAG TIL AVBØTENDE TILTAK	16
4.1	VANN FORURENNINGER.....	16
4.1.1	Avgang	16
4.1.2	Gråberg.....	17
4.1.3	Annet.....	18
4.2	LUFT FORURENSINGER.....	18
5	KONTROLLPROGRRAM.....	19
5.1	Mineralogiske og geokjemiske kontrollprogram.....	19
5.2	Kontrollprogram for Vannkvalitet.....	19
6	AVSLUTNINGSPLAN MED OPPFØLGENDE KONTROLLPROGRAM	21
6.1	Avslutningsplan	21
6.2	Kontrollprogram etter avslutning.....	21
7	KOSTESTIMAT FOR AVSLUTNINGSPLAN MED KONTROLLPROGRAM.....	22
8	REFERANSER	23

1 INNLEDNING

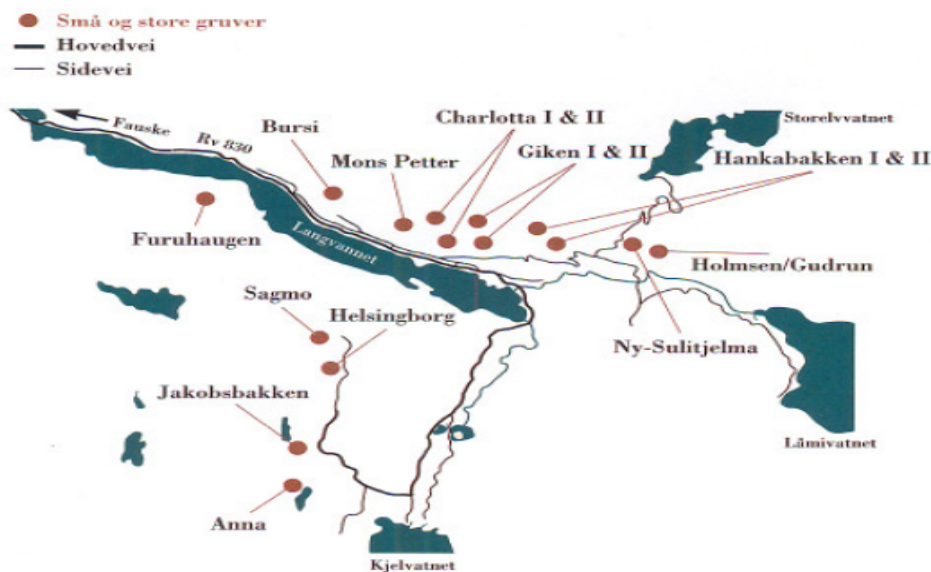
SARB Consulting Norge AS har fått i oppdrag av Nye Sulitjelma Gruver AS (NSG) å utarbeide en Avfallshåndteringsplan i følge Avfallsforskriften. Denne avfallsplanen er utarbeidet i samarbeide med NSG og de fleste momenter som fremkommer her er også beskrevet i utslippssøknaden. Selve avfallshåndteringen og avslutningsplanene er utdypet videre i denne avfallshåndterings-planen som følger Avfallsforskriften paragraf 17 om mineralavfall.

Sulitjelma gruvedistrikt har en lang historie hvor den første kobbermalmen ble tatt ut i 1885. Gruven var under flere eiere og i de siste 40 årene eiet av Den Norske Stat til nedleggelsen i 1991. Nedleggelsen skyldes primært de lave metallprisene. Det var på det tidspunktet fremdeles mer kjent kobber- og sink-mineralisering igjen. Ca. 2/3 av den kjente malmen i distriktet var tatt ut ved nedleggelsen.

Sulitjelma gruvedistrikt har en lang forhistorie med gruvedrift fra sent på 1800 tallet. Tidlig på 1900 tallet var Sulitjelma Gruver en av de største industribedrifter i Norge. Gruvedriften som i de siste årene var eiet av staten ble nedlagt i begynnelsen av 1990 tallet. Det var ennå kjent mineralisering men pga lave metallpriser var det den gang ikke mulig å holde gruvedriften i gang. I dag er hovedaktiviteten rundt kraft verk og en økende turistaktivitet.

1.1 Forekomst

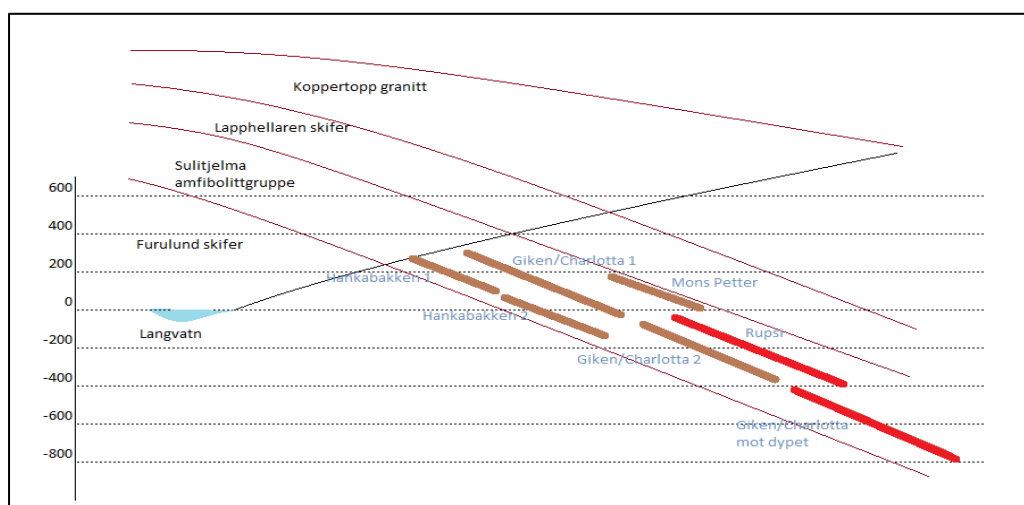
Et 20-talls malmkropper hadde vært drevet i den over 100 års lange gruehistorien både på nordsiden og sørsiden av Langvatnet (Figur 1). Kobber var hoved-metallet som var utvunnet, med mindre mengder sink. I den først tiden var også uttak av svovel et viktig element.



Figur 1. Kart over Sulitjelma med de viktigste malmforekomstene i nordfeltet og sørfeltet (etter Ellingsen et al. 1996)

Sulfidforekomstene er antatt å være dannet ved vulkansk-eksalative sedimentære prosesser på havbunn i et forkastningskontrollert basseng under en osean sammenpressing. Dannelsen av sulfidforekomstene har sammenheng med et underliggende gabbromassiv (Pedersen et al. 1991).

Malmene/mineraliseringene er tabulære og elongerte. Hittil største oppdagete malmkroppen er 1200 meter lang, 300 meter bred og opp mot 5 meter tykk. Sulfidmalmene består hovedsakelig av svovelkis kvarts, plagioklas og amfibol med kobberkis og sinkblende utgjør hoveddelen av malm-mineralene. Gjennomsnittlig innhold av utbrutt malm er om lag 20 % svovel, 1,8 % kobber, 0,4 % sink, 0,5 gram gull og 30 gram sølv pr tonn. Malmene opptrer både som båndet og massiv malm (Cook 1996).



Figur 2. Forenklet geologisk modell med gruvenes plassering (brunt gml gruver, rødt planlagt nye gruver)

1.2 Driftsform

Ny gruvedrift er planlagt i forlengelsen av de tidligere drevne gruvene i nord-feltet, samt Sagmo og Diamanten i sydfeltet. Det planlegges å først starte gruvedrift på Rupsi-forekomsten helt vest i nord-feltet. Rupsi har ikke vært drevet på tidligere. Forekomsten ble funnet på 1970-tallet etter omfattende diamantboring fra dagen.

Malmfeltene i nordgruvefeltet vil ikke få installasjoner i terrenget pga stor overdekning. All infrastruktur som elektrisitet og ventilasjon må føres inn gjennom Bursi-stoll og inn til gruveområdene.

Det er planlagt å drive ut Sagmo forekomsten og herifra er å drive en tunell til Diamanten. Adkomst til Sagmo og Diamanten planlegges gjennom Avilon stollen. Stollen er i dag adkomst til Sagmo gruve og har en lengde på ca 4,5 km. Stollen er drevet ca 1 km forbi Sagmo gruve og må forlenges med ca 6 km fram til Diamanten malmkroppen.

Infrastruktur i sydfeltet vil føres inn Avilon tunnel. Avilon er felles adkomst til Sagmo og Diamanten. Avlufting av Sagmo er planlagt gjennom gamle Sagmo gruve. I Diamanten malmfelt planlegges det luftesjakt ut i dagen med en enkel inntakskonstruksjon.

Metode for drift i gruvene vil være tilpasset malmens beskaffenhet, både med hensyn på mektighet og fall. Med dagens kjennskap til malmsonene vil det være naturlig å drive en form for rom og pilar. Malmens fall og mektighet vil avgjøre tverrsnittet på produksjonsortene. Feltorter vil i den grad det lar seg gjøre legges i malmsonene for å minske gråbergsandelen. Gruveutstyret tilpasses produksjonsmetode. Det bestrebes på å bruke elektrisk utstyr, både av hensyn til arbeidsmiljø, men også for dimensjonering av ventilasjon.

Oppredningen vil foregå på de gamle produksjonsområdene ved Sandnes industriområdet. Flere av bygningene som ble brukt av Sulitjelma Gruver AS vil bli tatt i bruk igjen. Malm fra Sagmo og Diamanten vil bli utkjørt fra Avilon-stollen til oppredningsverket. Malm fra Rupsi transporteres gjennom Rupsistollen. Malm fra Giken og Charlotte vil sannsynligvis tas ut via et nytt tilslag fra Rupsistollen.

1.3 Opplysninger om undersøkelser, utvinning og foredling

Det har vært flere selskaper involvert i prospektering i Sulitjelma distriktet de siste 10 årene. NSG sitter med rettigheter på flere av de kjente forekomstene og deres hoved plan har vært å gjenåpne noen av disse, Sagmo, Giken og Charlotte samt å drive på kjente forekomster som ikke har vært drevet på tidligere, Diamanten og Rupsi. NSG har derfor kunnet basere seg på kunnskapen fra den tidligere driften når planene for ny drift er laget. Dette gjelder så vel malmkroppene, driftsmåter og prosessering.

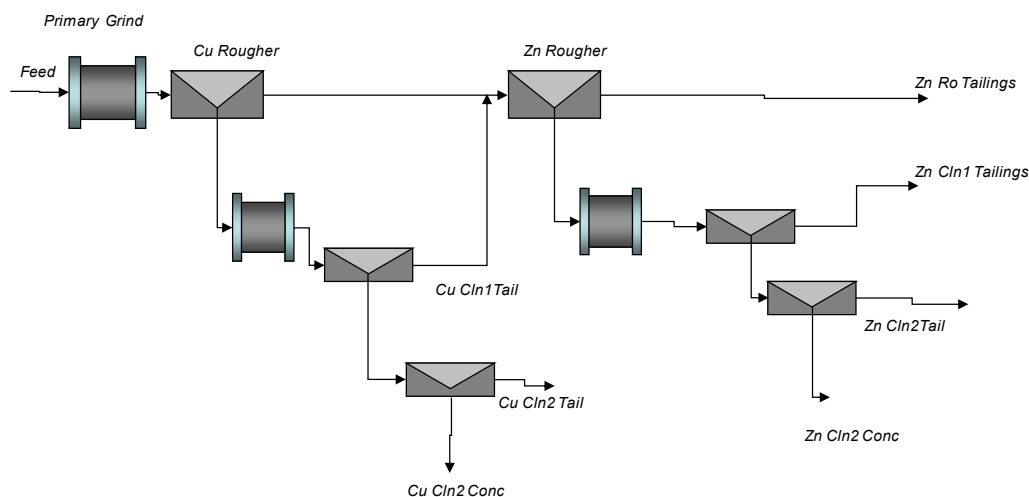
NSG har hatt Outokumpu Tech, Finland til å gjennomgå det gamle utstyret og driftsbygningene samt å vurdere prosesseringsmåter. I tillegg har NSG hatt malm sendt til SGS laboratoriet i Vancouver, Canada for å teste flotasjonsprosedyre samt å produsere frisk avgang for utlakingstester på en slik måte som fremtidig prosessering sannsynligvis vil se ut.

NSG har også fått utført mange miljøundersøkelser som en del av planprogrammet rundt en konsekvensanalyse. Dette har vært gjort i tillegg til de mange utredninger og studier som Mineral Direktoratet har fått utført de siste årene.

NSG planlegger drift på tre malmer med total uttak av ca. 15 Mton malm med ca. 1,5 vekt% kobber og 0,5 vekt% sink. Denne malmen vil komme fra:

- Rupsi med tilslag fra Rupsistollen
- Diamanten og Sagmo med tilslag via Aviron-Sagmo stollen
- Giken/Charlotte med mulig tilslag fra Rupsistollen

Prosesseringen av malmen vil foregå ved bruk av flotasjon hvor kobbersulfider separeres først fra sinkulfid og silikater. Her brukes flotasjonskemikalier (skummdanner, samler, deaktivere og pH regulerer). Avgangen fra kobberflotasjonen (Cu Rougher og Cu Cln 1) går til sinkflotasjonen (Figur 1).



Figur 2. Flytskjema for flotasjon som ble brukt i forbindelse med testing av malm og produksjon av avgang for utlakingstester (SGS, 2019).

Sinksulfider ekstraheres fra avgangen fra kobbersulfid-flotasjonen hvor det tilsettes ytterligere flotasjonskemikalier for å danne et sinksulfid konsentrat (Figur 2). Kobbersulfat tilsettes for å reaktivere sinksulfid. Konsentratene vil bli sendt til smelteverk i Europa. Avgangen som utgjør ca. 90% av inngående malm, kommer fra flere av disse flotasjonsstegene, men samles i et utslippsrør. Hoveddelen av denne avgangen kommer fra "Zinc Rougher" steget.

Avgangsdeponeringen vil forgå via et PVC rør hvor enden av røret blir liggende på ca. 2 meter over sjøbunnen (Driftsplaner). Røret vil være sunket ned til ca. 2 meter fra overflaten slik at det ikke fryser eller forstyrrer båttrafikk. Volum forholdet vann til avgang vil være på ca. 70:30. Deponeringen foregår kontinuerlig året rundt.

1.4 Utvinningsmetode

Utvinningsmetoden baserer seg på underjordsdrift, med flere kilometer tunneller for å gi tilgang til malmen. Dette gir lav mengde gråberg som er sulfid-mineralisert i forhold til dagbrudd, mens det gir gråberg fra umineraliserte metamorfe bergarter med sedimentær opprinnelse.

Metoden for drift i gruvene vil være tilpasset malmens beskaffenhet, både med hensyn på mektighet og fall. Med dagens kjennskap til malmsonene vil det være naturlig å drive en form for rom og pilar. Malmens fall og mektighet vil avgjøre tverrsnittet på produksjonsortene. Feltorter vil i den grad det lar seg gjøre legges i malmsonene for å minske gråbergandelen. Gruveutstyret tilpasses produksjonsmetode. Det bestrebes på å bruke elektrisk utstyr, både av hensyn til arbeidsmiljø, men også for dimensjonering av ventilasjon og redusert CO₂ utslipp.

1.5 Avfallsmengder

1.5.1 Avgang

Den planlagte mengden malm utgjør ca 400 000 tonn/år ved full drift. Konsentratet av kobberkis og sinkblende vil utgjøre ca 25 000 tonn/år. Dette gir ca 375.000 tonn avgang/år som planlegges deponert i Langvatn.

Tabell 1 viser suspendert stoff, forbruk av prosesskjemikalier og vann. Erfaring viser at en god del av kjemikaliene følger med kobber- og sink-konsentratet, noe som gjør utslippsmengdene noe mindre enn tilført mengde. Miljøvurderinger av tilsatskjemikaliene finnes i egen rapport utarbeidet som et vedlegg til utslippssøknaden (Dombrowsky og Rushfeldt, 2020).

Type	Utslippsmengde Døgnmiddel kg/døgn	Konsentrasjon mg/l	SGS test g/tonn
Avgangsmasse, suspendert stoff (pyritt, kvarts, feltspat, kloritt, glimmermin.)	1 150 000	760 000	
Brent kalk (regulering av pH)	950	690	
Brent kalk fra SGS test	2070		2015
Kalium Amyl Xantat (kobbersamler)	20	14	
3418A (kobbersamler) SGS test			50
Kalium Etyl Xantat (sinksamler)	20	14	
Sinksulfat (deaktivere sinkblende) SGS test			850

Kobbersulfat (aktivere sinkblende)	65	47	
Dow 250 (skumdannede)	30	20	
MIBC Methyl isobutyl carbinol SGS test			51
Superflock 550 (øke synkehastighet i fortykker)	3	2	
Magnafloc 10 (flokkuleringsmiddel i avgang)	5	3	
Vann (øke knuse- og oppredningsegenskaper)	1 400 000	1 000 000	

Tabell 1. Forbruk av kjemikalier. Rapport fra Outotech basert på tidligere brukte kjemikalier og kjemikalier som ble brukt av SGS under testforsøk (blå skrift i forbruk g/tonn)

Vannmengden (vanlig L:S – 70:30) i utslippsrør skal begrenses mest mulig slik at partikkelspredningen ved deponeringen minimeres.

1.5.2 Gråberg

Det totale uttaket av gråberg er estimert til ca. 1.170.000 tonn. Største delen av disse stollene/tunellene vil gå gjennom umineraliserte bergarter: skifer og gneiser av sedimentære bergarter. Disse bergartene er dog lite egnet til veibygging pga av dårlig slitestyrke, men materialet kan brukes til utfyllinger slik som planlagt ved Avilon området. Dette gråberget vil komme fra:

- Adkomst til Rupsimalmen med tunell via Bursi gruver på nordsiden av Langvatnet. Inkludert utstrossing av eksisterende adkomst til Bursi, og flytting av påhugg ca 150 m mot vest vil produsere ca. 50.000 m³ gråberg (Norconsult, 2015). Denne tunellen vil være ca. 1300 m lang.
- Adkomst til Giken/Charlotte vil produsere 160.000 m³ gråberg (Norconsult, 2015). Denne tunellen vil være ca 4000 m lang.
- Diamanten på sydsiden av Langvatnet via Avilon stollen og Sagmo gruver. Denne tunellen vil være ca 6000 m lang. Dette vil produsere 240.000 m³ gråberg.

Gråberg fra tunelldriften utgjør da ca 450.000 m³ og utgjør det meste av og med egenvekt på 2.6 tilsvarer dette ca 1.170.000 tonn.

2 AVFALLSKARAKTERISERING

2.1 Geologisk bakgrunn

Geologien i Sulitjelma distriktet er beskrevet av flere (Cook m.fl., 1990). Området regnes å være en del av et ofiolitt kompleks hvor grønnstenen er vertsbergarten til sulfid forekomstene som ble dannet nær en spredningssone (vulkanogen massive sulfidmalm). Underliggende gabbroiske bergarter og sedimentære bergarter over forekomsten. Malmforekomstene viser liten eller ingen oksidering etter at de ble dannet, men det er betydelig mineralomvandling under de metamorfe prosessene.

2.2 Forekomsten

Malmene er stratiforme og lagbundne å følger stort sett amfibolitten i et ofiolitt-kompleks. Vulkanogene massive sulfidmalmer er en typisk forekomsttype i Norge (e.g. Røros og Grong feltene etc.). Malmene er ofte omsluttet av klorittiserte amfibolitter (opprinnelige mafiske vulkanitter). Svovelkis (FeS_2) er det dominerende sulfidmineralet, mens kobberkis (CuFeS_2) er det dominerende malmmineralet. Sinkblende (ZnS) er også vanlig i mange av malmkroppene og skal også foredles til et salgsprodukt. Gang-mineralene magnetkis (FeS) og arsenkis (AsFeS_2) er vanlig i mange av mineraliseringene (Cook m.fl., 1990).

2.3 Omgivende bergarter

Den planlagte gruvedriften (underjordsdrift) baserer seg i stor grad på den gamle infrastrukturen, hvor deler av stollene for å nå malmkroppene allerede er tilrettelagt. Dette resulterer i en lav produksjon av gråberg. Ved å ha egen stoll til Giken/Charlotte malmen er det ikke nødvendig å tømme dagens gruve for vann.

Gråberget er i stor grad fra heng og liggvegg bergarter: meta-sedimenter og intrusiver i et ofiolitt-kompleks. Den inneholder både mafiske (amfibol, kloritt) og felsiske mineraler (feltspat og kvarts). I nærheten av malmkroppene er det sannsynlig sulfidholdige meta-vulkanitter (basalter omvandlet til grønnstener). Det er disse meta-vulkanittene (grønnstener/amfibolitter) med betydelig sulfid-innhold som er påvist i de fleste tippene fra både Nordfeltet og Sørfeltet i Sulitjelma (Stopa, 2018; Walder m.fl., 2017).

Den planlagte Rupsitunellen vil i hovedsak gå gjennom umineralisert Furulundskifer. Først i de indre deler nærmere malmkroppen skjære den gjennom potensielt mineralisert Sulitjelma amfibolitter ved grensen for NSG utvinningsrettigheter (Kjell Nilsen, 2018). Den planlagte tunnel til Diamanten fra Sagmo er ikke vurdert i forhold til de geologiske formasjonene. Det antas dog at også denne vil i hovedsak gå gjennom umineraliserte Furulundgruppens sedimentære bergarter.

Stollen til Giken/Charlotte vil bli påbegynt noen år etter at uttak av Rupsi-malmen er kommet i gang. Dette vil gi anledning til å forberede en stoll primært gjennom sedimentære bergarter for å redusere mengde syredannende gråberg.

Det er ikke samlet inn gråbergsprøver fra potensielle tunneller da slike prøver ikke foreligger på det nåværende tidspunktet. Det er viktig at dette blir vurdert når tunelldriften starter slik at potensiell syredannende gråberg kan holdes separert fra materialet som kan brukes for fylling. Det potensielt syredannende material skal tilføres kalk for å redusere syredannelsen og etter noe år kan det potensielt transporteres inn i gruvene igjen når det er plass til tilbakefylling av dette materialet.

2.3.1 Kjemisk og mineralogi sammensetning av avgang,

For å få en oversikt over avgangens beskaffenhet har Sintef Molab og ALS Luleå analysert avgangsmaterialet fra tidligere drift (Tabell 2). Da ny gruvedrift skal produsere samme type malm, vil prøver fra den tidligere driften gi en god forståelse for sammensetning av nytt avgangsmateriale. Hovedsakelig består avgangen av kvarts, feltspat, pyritt, kloritt, glimmerminerale og svovelkis. Det er sporkonsentrasjoner av sinkblende og kobberkis. Densitet 2,26 g/cm³. Avgangen fra den gamle gruvedrift inneholder ca 0,02 vekt% kobber og 0,04 vekt% sink. Tabell 2 gir en oversikt over konsentrasjoner av mange andre elementer.

Ele ment	Navn	Pågang	Avgang	Pågang	Avgang	Ele ment	Navn	Pågang	Avgang	Pågang	Avgang
		andel mg/kg	andel mg/kg	andel %	andel %			andel mg/kg	andel mg/kg	andel %	andel %
Ag	Sølv	5,53	0,46	0,000553	0,000046	Nb	Niob	2,10	2,90	0,00021	0,00029
Al	Aluminium	49 200	66 200	4,92	6,62	Ni	Nikkel	33,00	27,00	0,0033	0,0027
As	Arsen	130,50	25,80	0,01305	0,00258	P	Fosfor	450	600	0,045	0,06
Au	Gull	-	-	-	-	Pb	Bly	85,50	25,30	0,00855	0,00253
Ba	Barium	180	490	0,018	0,049	Pd	Palladium	-	-	-	-
Be	Beryllium	0,65	0,96	0,000065	0,000096	Pt	Platina	-	-	-	-
Bi	Bismut	2,55	0,87	0,000255	0,000087	Rb	Rubidium	60,40	75,30	0,00604	0,00753
Ca	Kalsium	5 800	10 200	0,58	1,02	Re	Rhenium	0,018	0,005	0,0000018	0,0000005
Cd	Kadmium	7,06	0,38	0,000706	0,000038	S	Svovel	200 000	36 500	20,00	3,65
Ce	Serium	24,10	30,60	0,00241	0,00306	Sb	Antimon	2,46	0,87	0,000246	0,000087
Co	Kobolt	111,50	39,40	0,01115	0,00394	Sc	Scandium	-	-	-	-
Cr	Krom	73,00	94,00	0,0073	0,0094	Se	Selen	33,00	6,00	0,0033	0,0006
Cs	Cesium	9,20	13,00	0,00092	0,0013	Sn	Tinn	3,60	1,90	0,00036	0,00019
Cu	Kobber	16 900	201	1,69	0,0201	Sr	Strontium	96,10	232,00	0,00961	0,0232
Fe	Jern	189 000	94 000	18,9	9,4	Ta	Tantal	0,15	0,22	0,000015	0,000022
Ga	Gallium	15,25	19,65	0,001525	0,001965	Te	Tellur	0,90	0,30	0,00009	0,00003
Ge	Germanium	0,23	0,12	0,000023	0,000012	Th	Thorium	2,10	5,30	0,00021	0,00053
Hf	Hafnium	1,70	2,00	0,00017	0,0002	Ti	Titan	0,32	0,41	0,000032	0,000041
In	Indium	0,58	0,06	0,000058	0,0000058	Tl	Thalium	1,46	1,48	0,000146	0,000148
K	Kalium	10 600	14 100	1,06	1,41	U	Uran	1,40	1,80	0,00014	0,00018
La	Lantan	10,00	13,10	0,001	0,00131	V	Vanadium	107	144	0,0107	0,0144
Mg	Magnesium	32 200	44 800	3,22	4,48	W	Wolfram	0,30	0,50	0,00003	0,00005
Mn	Mangan	581	736	0,0581	0,0736	Y	Yttrium	13,30	16,10	0,00133	0,00161
Mo	Molybden	15,75	3,06	0,001575	0,000306	Zn	Sink	2120	407	0,212	0,0407
Na	Natrium	14 000	19 200	1,4	1,92	Zr	Zirkonium	63,3	78,5	0,00633	0,00785

Tabell 2. Metaller i pågang og avgang produsert i 1991. Analyser utført av Sintef-Molab 2018.

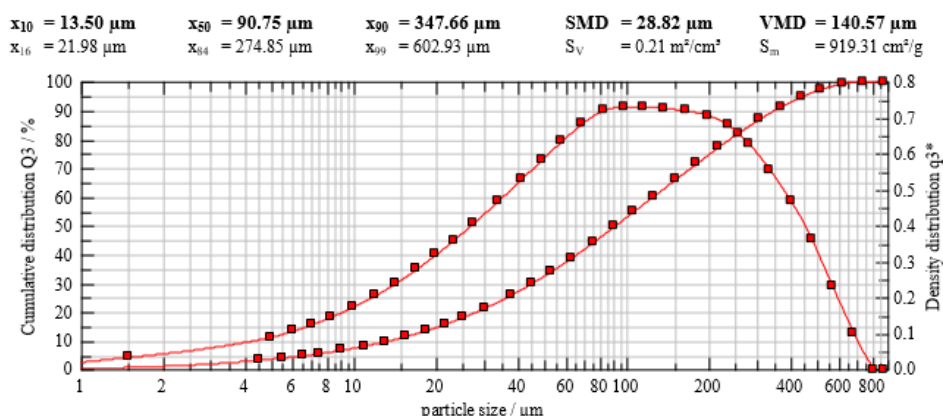
Det ble utført prosesserings eksperimenter ved SGS, Vancouver, Canada våren 2019. Disse resultatene bekrefter den høye utvinnings graden med kobber og sink konsentrasjoner på henholdsvis 95 vekt% og 50 vekt%. Vannanalyser av prosessvann viser meget lave tungmetallkonsentrasjoner og med en pH mellom 10.5 og 11 (se Walder, 2020 geokjemi rapport og SGS Canada rapport for flotasjonstest for mer informasjon).

Malmen som ble kjørt gjennom flotasjonen ble analysert ved fire-syre oppløsning og ICP. Dette gir en kobberkonsentrasjon på ca 3,2 vekt% og 0,4 vekt% sink (Tabell 3). Svovel utgjør ca. 35 vekt%, hvilket tilsier ca. 65 vekt% sulfidinnhold. Dette materialet inneholder nærmere det dobbelte av kopper og sannsynligvis betydelig mer pyritt enn det som er forventet av malmen under drift.

PARAM.	ENHET	FEED	Cu Cln2	Cu Cln2	Zn Cln2	Zn Cln2	Zn Cln1	Zn Ro
		Malm	Kons.	Tail	Kons.	Tail	Tail	Tail
Mengde	gram	1890	224	19,2	9,7	5,8	22,2	1610
Cu	Vekt %	3,2	32,0	6,71	7,73	4,18	0,86	0,17
Zn	ppm	4110	1,6	3,37	45	2,19	0,46	0,08
Fe	Vekt %	33	29,6	29,4	11,4	29,2	32,8	30,8
Ca	Vekt %	1,15	0,12	0,52	0,12	1,19	1,41	1,44
K	Vekt %	0,44	0,26	0,27	0,36	0,37	0,72	0,57
Mg	Vekt %	1,34	0,20	3,06	0,40	2,62	1,84	1,53
Ni	ppm	<300	<300	<300	<300	401	<300	<300
SiO2	Vekt %	13,4						
Sr	ppm	40	<10	14	25	31	448	2635
As	ppm	<1200	<1200	<1200	<1200	<1200	<1200	<1200
Pb	ppm	<800	<800	903	1181	<800	<800	<800
Se	ppm	<2000	<2000	<2000	<2000	<2000	<2000	<2000
S	Vekt %	35,4						
Cd	ppm	<40	<40	133	1605	73	<40	<40
ZnSO4 til.	mg/kg	850						
CuSO4 til.	mg/kg	250						
CaO	mg/kg	1000						

Tabell 3. Konsentrasjoner av hoved- og sporelementer i malm (feed) konsentrat, og avgang (tail; hele listen av parametere finnes i SGS rapport, 2019). Siste tre radene viser hvor mye som ble tilført av kalk, kobbersulfat og sinksulfat per kg prøve i flotasjonstesten.

Det ble i 2018 utført kornfordelingsanalyse på avgangen fra 1991 i følge Helos Partikkelstørrelse analysemetode (Laser diffraksjon). Malingen ble den gang utført med kulemølle som gir en relativt bre kornfordeling.



Figur 3. Kornfordelingskurve i avgang 1991 viser 10 % < 0,010 mm. 50 % < 0,091 mm. 90 % < 0,348 mm

2.3.2 Produkt

Det skal produseres to produkter, et kobberkonsentrat og et sinkkonsentrat. Det vil være noe sølv også med i sinkkonsentratet. Kobberkis er hoved-mineralet for kobber, mens sinkblende er hoved-mineralet for sink. Disse konsentratene vil bli transportert med lastebil til kai i Fauske for utskipping til et smelteverk. I et senere mulighetsstudie (feasibility study) vil det bli vurdert om også andre mineraler/komponenter kan bli ekstrahert.

2.4 Forekomstenes størrelser og geometri

Malmkroppene er linseformet deponert på sjøbunnen nære utslippspunktet (black smokers). Mineraliseringen med den høye konsentrasjonen av sulfider og kvarts ble overdekket med sedimentære bergarter og undergikk senere flere metamorfe deformasjonsfaser. Dette har resultert i noe bevegelse av sulfidene til områder med lavere trykk under deformasjonen og dermed varierende sulfidinnhold. Linsene kan være opptil 5 meter tykke som beskrevet i avsnitt 1.1.

2.5 Tidligere Miljøundersøkelser

I perioden 2014-2017 har det vært utført mange utredninger av Norsk Geoteknisk Institutt (NGI, 2017) og COWI på oppdrag for Mineraldirektoratet. Før dette har NIVA (Norsk institutt for Vannforskning) utført et utall av utredninger som vesentlig har fokusert på vannkjemi. De siste studiene av NGI har sett på kildene til potensiell forurensing, vurdert påvirkningen av innsjø og vassdrag og vurdert mulige tiltak. Det er ikke foreslått noen tiltak, men å heve tiltaksgrensen for kobber fra 10 µg/L til 20 µg/L ved Hellarmo, utløpet av Langvatn.

2.6 Kjemisk/mineralogisk forvitring og overflatenær omdannelse

Det høye innholdet av svovelkis sammen med magnetkis og mangel av karbonater gjør at mineralavfallet har et høyt syredannende potensial. Dette er synlig på de gamle deponeringsstedet - Sandnes hvor avgangen har gått sur. Dette er også synlig ved de mange veltene i Nord- og Sørfeltene som er sterkt syredannende.

Det er tatt mange jord-pH tester på disse gamle veltene og sandmagasinet på Sandnes som alle gir pH mellom 2-5 (Stopa, 2018). Dette indikerer at det dannes lettløselige jernsulfat mineraler som ved første regnskyll vil gi sur avrenning. Langtids kinetiske tester (stort sett tilsvarende fuktkammer forsøk) gir sur avrenning med til dels høye metallkonsentrasjoner e.g. kobber i mg-konsentrasjoner (Stopa 2018; Walder m.fl. 2017).

Vannprøver tatt nære avrenning fra mange av veltene viser også sur avrenning med til dels høye metallkonsentrasjoner (Stopa, 2018).

Det ble i 2018-2019 utført kinetiske tester med frisk avgang fra Sulitjelma produsert ved SGS laboratoriet i Canada. Denne malmen hadde noe høyere sink, kobber og sulfidinnhold en gjennomsnittlige malmen som ble drevet ut tidligere. De kinetiske testene (duplikater) ble utførte med ca 2 kg prøve og 4L resirkulerende vann hentet fra Langvatnet. Testene ble utført for å vurdere langtids utlaking fra avgang deponert under vann. Disse testene viser en utløsning av kobber og sink straks etter deponering av avgang i vannet og derefter en effektive reduksjon av kobber til bakgrunnsverdier i Langvatnet. Sinkkonsentrasjoner gikk også ned men ikke like raskt som for kobber (Walder, 2020).

Vannet fra Langvatnet har god pH-bufferkapasitet og fungerte effektivt i hele den 4 måneders perioden disse testene ble kjørt. Luft var tilgjengelig i dette resirkulerende vannet og ble ved noen ganger målt hvor det var noe redusert oksygeninnhold i vannet (70-80% metningsgrad). Buffringen gjelder også for basisk vann slik som avgangen vil være.

Avgangsvann fra flotasjonstestene ble ekstrahert og analysert. Dette vannet ga meget lave konsentrasjoner av sink og kobber (godt under innholdet i dagens Langvaten) (Walder, 2020).

Gråberget av amfibolittiske bergarter som tas ut nære forekomstene må antas å være syredannende slik som observert i veltene i Sulitjelma malmfeltet. Aktinolitt og plagioklas som er av hoved-mineralene i amfibolitten har god buffer-kapasitet, hvor oksidasjonshastigheten til svovelkis og magnetkis er redusert. De syredannende reaksjonshastighetene på denne buffringen er langsommere enn syredannelsen når det er god tilgang på luft, åpne velter og avgangsdeponier.

I flotasjonen tilføres kalk for å redusere flotasjonen av svovelkis og magnetkis. Dette øker den effektive pH-buffer, ved så å legge dette sterkere syredannende mineralavfallet under vann, er oksidasjonshastigheten sterkt redusert og utgjør ikke lenger en fare for syredannelse og/eller økt metall-løselighet.

3 POTENSIELLE MILJØ OG HELSE EFFKETER AV MINERALAVFALLET

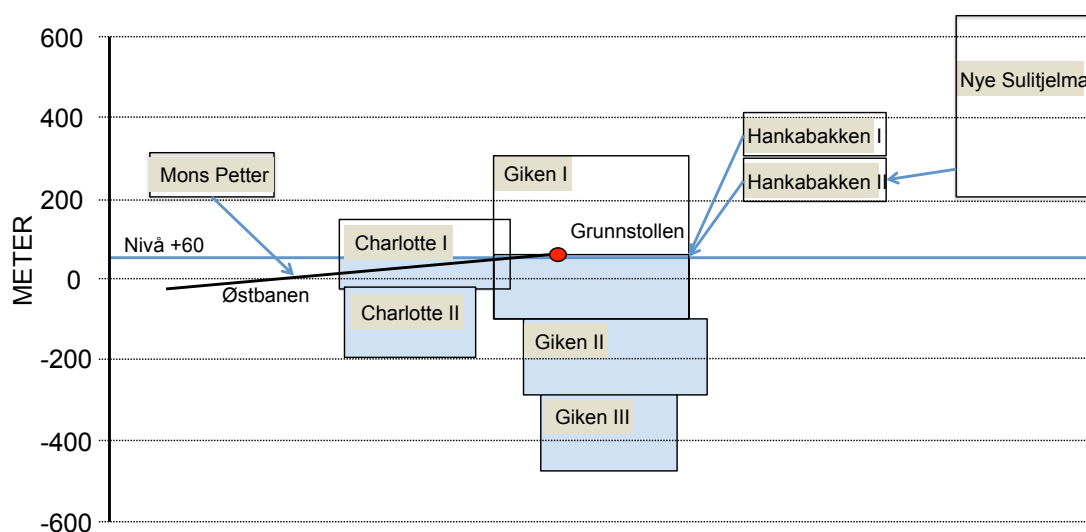
3.1.1 Surt vann

Syredannelse pga sulfidmineral-oksidering og økt metalltransport i løst form (Acid Rock Drainage) er klart en av de store utfordringene ved gruvedrift i Sulitjelma. Historisk har dette vært, ved siden av sur nedbør fra smelteverkets urensede avgasser, det store problemet i Sulitjelma. Smelteverkets SO₂ avgassing ble løst med å stegne smelteverket i 1986, mens gruvedriften pågikk i ytterligere noen år før det også ble stengt pga økonomiske problemer med lave metallpriser. Lite er gjort med de mange forurensningskildene.

Syredannelse foregår i dag i stor grad pga tidligere eiers mangelfulle avslutningshåndtering. Ifølge miljørapporter som er laget siden midten av 1980 tallet er hoveddelen av forurensingen (surt metallholdig vann) fra Giken elven inn i Langvatnet. Det er dog store usikkerheter med hvor mye forurensing som kommer til Langvatnet fra andre kilder. Disse andre kildene er også fra tidligere tiders gruvedrift både i Nordfeltet og Sørfeltet, for eksempel fra Jakobsbakken, Furuhaugen, Aviron stollen, Bursi stollen, Nye Sulitjelma og Sandnes avgangsdeponi.

Den største delen av forurensingen til Giken kommer i dag fra grunnstollen som samler vann fra flere av de tidligere gruvene Nye Sulitjelma; Hankabakken; Giken I, II; Mons Petter; og Charlotte I og II (Figur 4). Giken II og II samt Charlotte II ligger under grunnvannstand som er utløpet av Grunnstollen 60 meter over Langvatnet.

Den foreslåtte driften skal i utgangspunktet ikke berøre dette vannsystemet og grunnvannstanden, men ha en egen stoll til de dypere gjenværende forekomstene i Giken og Charlotte ved å la det stå igjen en betydelig mengde malm mellom gammel drift og ny drift.



Figur 4. Vannstrømkontakt mellom gruver på nordsiden av Langvatnet. Dette er laget av Direktoratet for Mineralressurser og er en del av et kontrollert utslipp fra gruvene i Sulitjelma. Langvatnet er referansenivået på 0 meter.

3.1.2 Kobber

Kobber akkumuleres i vannlevende planter og virvelløse dyr. Konsentrasjonen av kobber i ellevann og havvann ligger rundt 3-5 µg/l. Tiltakskriteriet for kobber er satt til 10 µg/l i Hellarmo prøvetagningsplass som er utløpet av Langvatnet. NGI har gjennom flere undersøkelser kommet til at denne grenseverdien bør heves til 20 µg/l i dette målepunktet, da det ikke ses merkbar påvirkning av dagens forhold som varierer stort sett mellom 15 og 40 µg/l.

Kobber er et sporelement som er kritisk for levende organismer, men er akutt toksisk i høyere konsentrasjoner.

Ander sporelementer er relativt lave i Langvatnet og ved Hellarmo og under tiltaksnivåer.

3.1.3 Partikkel transport

Partikkelspredning kan være et problem ved utslipp til Langvatnet. Dette er beskrevet som et potensielt problem i NIVAs årlige overvåkningsrapporter mot slutten av Sulitjelma Bergverk AS drift (NIVA, 1987). Det er dog ikke beskrevet hvor det var synlig redusert sikt i vannet. Det var ikke gjort mye avbøtende tiltak den gang for å redusere partikkelspredning annet enn at utslippet ble flyttet fra strandsonen ved Sandnes til en rørledning ut i Langvatnet.

Et 10 cm sediment profil som var tatt ved Glasstunes, øst for Avilondemningen i 1988 viser høyt kobber innhold (ca 0.5 wt.%) mens avgangen har kun 0,02 wt% kobber (NIVA, 1989). Dette viser at kobber-innholdet i sediment profilet kommer fra utfelling og absorpsjon fra vannfasen og ikke sedimentering av partikler. En noe forhøyet sediment mengde kan derfor fungere som en rensende effekt sammen med den naturlige høye buffringskapasiteten i Langvatnet som også var påpekt allerede i NIVAs overvåkningsrapporter på slutten av 1980 tallet.

4 FORSLAG TIL AVBØTENDE TILTAK

4.1 VANN FORURENNINGER

4.1.1 Avgang

Det er velkjent at avgangen fra oppredning av malmene i Sulitjelma vil være sterkt syredannende hvis luft er tilgjengelig. Det er derfor ikke kjørt egne kinetiske tester for å vise det som allerede er kjent blant annet fra Sandnes deponiet. Det høye sulfidinnholdet i malmen med både svovelkis og magnetkis og liten eller ingen karbonat mineraler tilsier at sterk og rask syredannelse vil være tilfelle. Det er derfor nødvendig med spesielt avbøtende tiltak for å unngå denne syredannelsen helt fra starten av. Det eneste virkelige effektive og sikre avbøtende tiltak er at avgangen helt fra produksjonen blir liggende under vannspeilet enten dette er i et landdeponi eller i et vann.

Det er teoretiske sett mulig å etablere et landdeponi, men med mange ulemper, stor risiko for katastrofal og få fordeler relativt til et innsjødeponi:

- Beslaglegger store naturområder i østre delen av Sulitjelma (se Norkonsult, 2015)
- Må bygges med en tett kjerne for å sikre at hele deponiet kan ligge under vann under drift og etter avslutning
- Lang rørledning fra oppredning til deponi med muligheter for brudd og store forurensings problemer
- Risiko for dambrudd med store miljøkonsekvenser, hvor store mengder vannholdig avgang ukontrollert flommer ned i Langvatnet og sannsynligvis gjennom hele Langvatnet og videre nedover i vassdraget.
- Høy kostnad
- Mindre sedimenttransport i Sulitjelmavassdraget

Fordelen med et slikt alternativ er at materialer er tilgjengelig for annet bruk eller ekstraksjon av andre elementer/komponenter. Det høye sulfidinnholdet med syre dannelse reduserer en slik mulighet.

Deponering av avgang i Langvaten har en del fordeler, men det er også ulemper med et slikt alternativ.

- Sediment transport ned i vassdraget
- Oppvelling med oksidering av sulfidmineraler og øket sediment transport
- Utlaking av tilsattskjemikalier og metaller under deponeringen.
- Båndlegger innsjøarealer

Østre basseng i Langvaten, Basseng I er benyttet som deponeringssted for tidligere produsert avgang. Denne delen av Langvaten er allerede definert som avgangsdeponi. Deponeringen som foreslås av NSG bruker de dypere deler av bassenget og fyller opp til maksimum 10 meter under overflaten. Geokjemiske laboratoriestudier av avgang i Langvaten viser svært lite metallutlaking og tilfører ingen signifikant økning av kobber.

Dette er også konklusjonene av langtidslagring i Langvaten hvor kobber konsentrasjonene i Langvaten er relativt lave (dog over tiltakskravet på 10 µg/L. Hoveddelen av kobberet til Langvaten kommer fra grunnstollen via Giken (NGI, 2018) og utlaking fra deponiet.

Sediment transport i derimot forventet å potensielt kunne skape et problem. For å avbøte dette planlegger NSG følgende tiltak:

- Tilførsel sedimenteringsfremmede kjemikalier for å redusere partikkeltransport (beskrevet i vedlegg til utslippssøknaden Dombrowsky og Rushfeldt (2020)
- Avlufting av avgangsvannet før deponering for å begrense oppvelling.
- Begrense resirkulering av prosessvann for å redusere oppvarming av vannet som brukes under utslippet.
- Kontinuerlig måling av turbiditet nære utslippet og ved utgangen av Basseng I og Basseng II.

4.1.2 Gråberg

Store deler av gråberget kommer fra lange tilgangsstoller for å komme til malmen. Som beskrevet tidligere går disse stollene i hovedsak gjennom ikke mineraliserte bergarter. Dette materiale er derfor å regne som ikke forurensende og kan brukes i forbindelse med utfylling nære Aylon demningen samt forsterke demningen og anvendes på følgende måte.

- Bruk av gråberg for fylling
- Bruk av gråberg for å forsterke Aylon demningen
- Anleggsveier under for gruvedrift
- Deponering av syredannende gråberg under vann og som tilbakefylling av udrevne områder
- Tilførsel av kalksten i syredannende gråberg

Under drivingen av tunellen vil materialet som tas ut vurderes av en gruvegeolog for å bestemme om det er mineralogiske forandringer i bergartene som tilsier det må analyseres for å kontrollere om det har et syredannende potensialet. Et lavere syredannende potensiale tilsier tilsetning av kalksten og vurdering om det kan brukes som fyllingsmateriale eller ikke.

Materialet vil bli fortløpende analysert for total svovel og karbonatinnhold. Klassifiseringen for behandling er foreløpig satt til:

- Total svovel: < 0,2 vekt%
ingen videre behandling eller miljøgeokjemisk begrensinger på bruk
- Total svovel: 0,2 – 1,0 vekt%
Tilsetning av knust kalksten for å gi 3:1 syrenøytraliserende til syre dannende forhold. Brukes til utfylling

- Total svovel: >1,0 vekt%

Tilsetning av knust kalksten for å gi 3:1 syrenøytraliserende til syre dannende forhold.

Legges under vann i fyllingsområder med lavere syrendannende potensiale utenfor mot vannsiden og overdekkes med materiale som har lavere syredannende potensiale; høysvovel gråberg skal vurderes fortløpende om det kan tilbakefylles i utdrevet område som vil bli under vannspeilet ved avslutningen.

Hvis gråberget inneholder magnetkis vil det bli tilsatt noe klak for å ha umiddelbar syrenøytraliserende effekt. Det vil bli utarbeidet et mer detaljert analyseprogram straks før oppstart av drift for å kunne bestemme bedre om det er andre faser ved siden av de syredannende / syre-nøytraliserende problemstillingene, e.g. forhøyde konsentrasjoner av enkelte sporelementer utover det som er kjent i dag.

4.1.3 Annet

I dag går avrenning fra Aylon stollen ut i Basseng 3 i Langvatnet. Dette gir en ukjent tilførsel av kobber til Hellarmo som er punktet for kobberkonsentrasjonskravet 10 µg/L. For å redusere denne belastningen vil surt sigevann fra Aylon bli ledet ut i Basseng II øst for Aylon demningen. Vannmengde vil bli kontinuerlig målt sammen med månedlig prøvetagning for vannanalyser

- Avlede vannet til øst for Aylon-demningen
- Aylonavrenning til rensing – tilførsel av kalk om nødvendig

4.2 LUFT FORURENSINGER

Det vil potensielt var luftforurensinger i forbindelse med mineralavfallet. Dette kan komme fra støv under transport, knusing, maling, og vindbåren støv spesielt ved tørre perioder / dager.

For å reduserer på muligheten for støvdannelse ved transport i lastebiler kan det være nødvendig med vanning av malmen og gråberg. Vanning av gråbergslagrene/deponiet kan også være aktuelt hvis det oppstår støvdannelse fra disse deponiene.

Vanning, spyling og renhold i driftsbygningene er også tiltak som gjennomføres for å redusere støvproblematikken. Det blir i tillegg satt in støv-filetere for all ventilasjonsanlegg ved driftsbygningene.

5 KONTROLLPROGRAM

5.1 Mineralogiske og geokjemiske kontrollprogram

Det vil bli tatt prøver av malm og avgang som en del av kvalitetskontrollen for malmuttak og prosesseringen. Kvalitetskontrollen vil inkludere kjemiske analyserer vesentlig av komponenter som er kritiske for konsentratverdier e.g. kobber, sink, sølv og elementer som vil redusere salgsverdien av konsentrat e.g. arsen kadmium. Disse prøvene kan også brukes til miljøvurderinger hvor også andre komponenter er nødvendig å vite konsentrasjonene av. I tillegg er det nødvendig vite det syredannende og syre-nøytraliserende potensialet. Et systematiske utvalg av disse malm og prosesserings-prøver vil derfor bli designet som en del av mulighetsstudiet.

- **ABA analyser gråberg og avgang**

Det skal tas ut prøver ukentlig for ABA analyser av både gråberg og avgang ved normal drift. Alt gråbergsmaterialet skal vurderes av feltgeolog for mineralogisk sammensetning med systematisk prøvetagning. I første omgang er det total svovel som skal analyseres, da innholdet av sulfatsvovel og karbonatmineraler er forventet meget lav.

- **Mineralogiske og kjemiske analyser av avgang og gråberg**

Mineralogiske forandringer i malm, avgang, gråberg kan gi indikasjoner på mulig forandring i utlekkingsnaturen for mineralavfallet. Det vil derfor bli tatt ut prøver under drift for slike analyser om de ikke allerede utføres som en del av malm-kvalitetssikringen.

5.2 Kontrollprogram for Vannkvalitet

Å opprettholde en god vannkvalitet og ikke forverre, men heller forbedre forholdene i Sulitjelmavassdraget er viktig for Nye Sulitjelma Gruver. Det skal derfor utarbeides en egen veileder for et vannkvalitets-kontrollprogram. Denne veilederen vil beskrive:

- **Prøvepunkter**

Alle prøvepunkter skal beskrives og tydelig merkes i felt. Det skal også noteres hyppigheten av prøvetagningen for hvert prøvepunkt. De fleste prøvepunkter vil ha som minimum månedlig prøvetagning.

- **Prøvetagning**

Det er viktig at måten det prøvetas på er beskrevet. Det kan være forskjellige personer som tar prøver men samme måte brukes hver gang. E.g. prøveflasker skylles med det vannet som skal prøvetas.

- Det skal noteres hvilke feltparametere som skal måles (pH, Eh, O₂, temp, EC) på de forskjellige prøvetagningspunktene og hvordan dette skal utføres.
- Type flaske for de forskjellige typer av analyser skal beskrives
- Hyppighet av prøvetagning for de forskjellige prøvepunkter og parametere som skal analyseres.

- **Prøvehåndtering og lagring**

Det er viktig å notere om prøver skal filtreres, lagres kjølig eller fryses etc. og hvordan de skal transporteres til laboratoriene for analysering. Det må også noteres hvor lenge prøver kan lagres før de må analyseres.

- **Analysering**

Analyseparametere, minimum deteksjonsgrenser og analysemetoder skal beskrives.

- **Data tolkning og tiltak**

Det er viktig å beskrive hvordan data skal tolkes og hvilke parametere og grenseverdier som skal brukes for å igangsettelse av avbøtende tiltak.

Som en del av tolkningen skal kvaliteten av prøvetagningen og analysene vurderes. Det vil derfor bli tatt en del dubletter.

Som en del av vannkvalitets-programmet skal det settes opp stasjoner hvor det er kontinuerlig målinger av både fløde og en del geokjemiske parametere. Det vil i tillegg bli utført vannprøvetagning også i disse punktene. Punkter for kontinuerlig prøvetagning gjelder spesielt (men ikke nødvendigvis begrenset til):

- Avrenningsvann fra Aylon-stollen,
- Avrenningsvann fra Rupsi-stollen
- Gruvevann pumpet fra Charlotte-Giken
- Avgangsvann

Det vil bli laget et kontrollprogram med punkter for turbiditetsmålinger. Disse vil i første omgang gjelde nære utslipps området for avgangen og ved Aylon demningen. Dette programmet for kontinuerlig målinger vil starte før drift kommer i gang slik at det er et datasett tilgjengelig med informasjon om basisforholdene før oppstart på ny drift.

6 AVSLUTNINGSPLAN MED OPPFØLGENDE KONTROLLPROGRAM

6.1 Avslutningsplan

Det er viktig at detaljerte avslutningsplaner er laget samtidig som detaljer av driften designes. Dette vil redusere kostnadene ved avslutningen og sikre en optimal avslutning med minimal langsiktige miljøpåvirkning og en redusert belastning i forhold til dagens miljøbelastning. I en avslutningsplan vil det inngå følgende momenter:

- Overdekke av svakt syredannende gråbergsdeponi med kalksten og pukk blanding
- Sterkt syredannende gråbergsmaterialet tilføres kalksten straks etter uttak og mellomlagres til det enten kan kjøres tilbake til gruven eller legges under vann i forbindelse med utvidelse av Aviron-demningen
- Sette plugg i Rupsistollen og Aviron-stollen for å redusere avrenningsvann
- Vurdere muligheten for å legge et overdekke av finknust materiale på toppen av avgangen.
- Plugge luftsjakter

6.2 Kontrollprogram etter avslutning

Kontrollprogrammet som er brukt under drift vil fortsette etter avslutningen dog med justeringer for de områder som det ikke er lengre mulig å ta prøver e.g. avrenning fra Aviron- og Rupsi-stollene samt vann som er pumpet under drift fra Giken og Charlotte gruver og avgangsvann.

Kontrollprogrammet vil fortsette i noen år etter at miljøkravene ved avslutningen i utslippstillatelsen er møtt. Det vil bli foretatt oppfølgende biologiske undersøkelser i Langvatnet etter avslutning inntil Langvatnet er minimum tilsvarende dagens forhold.

Det foreslås at det må tas vannprøver ved ca 15 steder etter at driften er avsluttet og dette gjøres 8 ganger i året. Analysene skal inkludere både hoved- og sporelementer (sammen med uran og sølv); sulfat, nitrat, nritt, ammonium; alkalinitet; og standard parametere ved prøvetagningen (pH, Eh, O₂, temp, EC).

Det kan være nødvendig å analysere for organiske forbindelser, men dette er avhengig av hvilke tilsatts kjemikalier som brukes og erfaringen med disse analysene gjennom driften.

7 KOSTESTIMAT FOR AVSLUTNINGSPLAN MED KONTROLLPROGRAM

Den følgende tabell (Tabell 3) gir et kostestimat for gjennomføring av avslutningsplanen og det påfølgende kontrollprogrammet. Kostestimatet legges til grunn for den finansielle sikkerheten for å kunne gjennomføre avslutningen på en miljømessig tilfredsstillende metode.

KOSTNADER VED AVSLUTNING

Avslutning

Oppredningsverket

Demontering	
Knuserbygning	2,500,000
Oppredningsverk	5,000,000
Gjenbruksbygninger	
Lager-kontor bygninger	1,000,000
Div infrastruktur	1,000,000
Demontering av drifts-utsyr	3,000,000
Rydding av området	1,500,000

Gråbergsdeponi

Utjevning	500,000
Overdekke 30 cm tykt	1,500,000

Avgangsdeponi

Overdekke, malning og utlegging	
malning	1,500,000
utlegging	6,500,000

Stoller

Rupsi plugg	1,000,000
Avilon plugg	1,000,000
Plugger-Luftesjakter	2,000,000

Kostnader Avslutning	28,000,000
-----------------------------	-------------------

Kontrollprogram

Prøvetagning

Årlig 8 ganger feltarbeide	200,000
Analyser 8 prøvepunkter	150,000
Flødesmålinger oppfølging	150,000
Årlig miljørapport	120,000
Årlig kost	620,000
5 års program	2,500,000

Bunnundersøkelse	2,000,000
-------------------------	------------------

Kostnader for 5 års kontrollprogram	4,500,000
--	------------------

8 REFERANSER

- Cook, N., Halls, C. and Kaspersen, P., 1990, The Geology of the Sulitjelma Ore Field, Northern Norway - Some New Interpretations. *Economic Geology*, 85(1988), pp.1720–1737.
- Dombrowsky, J. og Rushfeldt, H., 2020: Økotoksikologirapport for Nye Sulitjelma Gruver. 2020-06-10. 21pp.
- Pedersen, R.-B., Furnes, H., and Dunning, G., 1991: A U/Pb age for the Sulitjelma Gabbro, North Norway: further evidence for the development of a Caledonian marginal basin in Ashgill–Llandovery time. *Geological magazine*, Vol. 128 141-153. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756800018331>
- Ellingsen, H., Haugaas, K.S., Eineset, F. and Evjen, H. (1996): *I bergmannens rike. Fotefar mot nord*. 28 pp.
- Norconsult AS, 2015: Områderegulering med konsekvensutredning for ny drift i Sulitjelma gruver. Utslipp til vann. Rapport 5134749 fra 16.3.2015. 100 pp
- Nilsen, Kjell. 2018: Tunnel vurdering Rupsi. Promin AS rapport laget for Nye Sulitjelma Gruver. 6pp.TA2715, 2010: Bergverk og avgangsdeponering, status, miljøutfordringer og kunnskapsbehov. Miljødirektoratet – Klif rapportserie. 109 pp.
- SGS, 2019: The flotation of a sample from Sulitjelma mine, Rapport laget for SARB Consulting. 14 pp
- Outotec, 2013. - Anrikningsverk Nye Sulitjelma Gruver AS, forstudie 2013
- Nilsen, Kjell. 2018: Tunnel vurdering Rupsi. Promin AS rapport laget for Nye Sulitjelma Gruver. 6pp.
- Walder, I. F., 2020: Miljøgeokjemisk vurdering av avgang for deponering i Langvatnet av Sarb Consulting Norge AS for Nye Sulitjelma. 29pp Gruver.
- NIVA, 1989a Sulitjelma bergverk AS, Kontrollundersøkelser 1988-1989. O-88012. 53 pp
- NIVA, 1989b Overvåkning av Sulitjelmavassdraget 1986 -1987. O-8000288. 48 pp
- NGI, 2014 - Sulitjelma gruver. Forurensningssituasjon og vurdering av behov for tiltak. Sluttrapport. Dok.Nr. 20140315-04-R