

► Heggvin Næringsområde - Innledende ingeniørgeologiske vurderinger Identifisering og karakterisering leirskifer

Sammendrag/konklusjon

Norconsult har i Q4 2021 utarbeidet planprogram for utvikling av nye næringsarealer på et område sør for Sirkula Heggvin gjenvinning og avfallsanlegg. Tomtearealet, Heggvin Næringsområde, ligger både i Hamar kommune og Løten kommune.

I forbindelse med utarbeidelsen av planprogram og detaljreguleringen er det utført innledende geotekniske og ingeniørgeologiske vurderinger. Denne rapporten omhandler de innledende ingeniørgeologiske vurderingene med generelle anbefalinger.

Kjemiske analyser utført på prøvemateriale fra totalsonderinger indikerer tilstedeværelsen av leirskifere fra Alunskifer- og Tøyenformasjonen. Disse formasjonene innehar begge bergartstyper med potensiale for syredannelse, utlekking av tungmetaller og svelling. Sprengstein av leirskiferen med potensiale for syredannelse kan ikke gjenbrukes på prosjektområdet, men skal leveres til godkjent mottak.

Det er ikke påvist radonkonsentrasjoner som medfører at materiale regnes som radioaktivt avfall, men det er påvist et strålingspotensiale som må håndteres ved bygging.

Leirskifer anbefales generelt ikke å benyttes i sprengsteinsfylling som oppbygning under lastbærende konstruksjoner da de anses som svake bergarter. Leirskifere som har et potensiale for svelling anbefales heller ikke benyttet som sprengsteinsfylling under konstruksjoner.

Før oppstart av byggearbeidene anbefales det å planlegge og utføre et mer omfattende undersøkelsesprogram for riktigere valg av løsninger. Undersøkelsene bør omfatte fagene geoteknikk, ingeniørgeologi, hydrogeologi og miljø.

Ved bygging i og på svarte leirskifere må fundamenteringsløsninger og rørtraseer prosjekteres av ingeniørgeolog med kunnskap om syredannende og svellende leirskifer, sammen med de andre prosjekterende fagene for å oppnå en helhetlig løsning for å ivareta krav til funksjon og levetid.

Innhold

1	Innledning	3
2	Berggrunnsgeologi	3
3	Resultater, vurderinger og anbefalinger	4
3.1	Gjeldende regelverk	5
3.2	Usikkerheter basert på prøveinnsamling	6
3.3	Analysemetoder	7
3.4	Potensiale for syredannelse	7
3.5	Potensiale for utlekking av tungmetaller	8
3.6	Potensiale for svelling	10
3.7	Uraninnhold	10
3.8	Mekanisk styrke	11
3.9	Identifisering og karakterisering av type leirskifer	11
3.10	Gjenbruk og deponering	11
3.11	Fundamentering	12
4	Oppsummering	13

Vedlegg

Vedlegg A – Analyserapport Totalkjemisk analyse, ALS Laboratories

Vedlegg B – Analyserapport Mineralidentifikasjon (XRD analyse), NTNU

J01	2021-11-25		AneDam	DeuTse	ArD
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

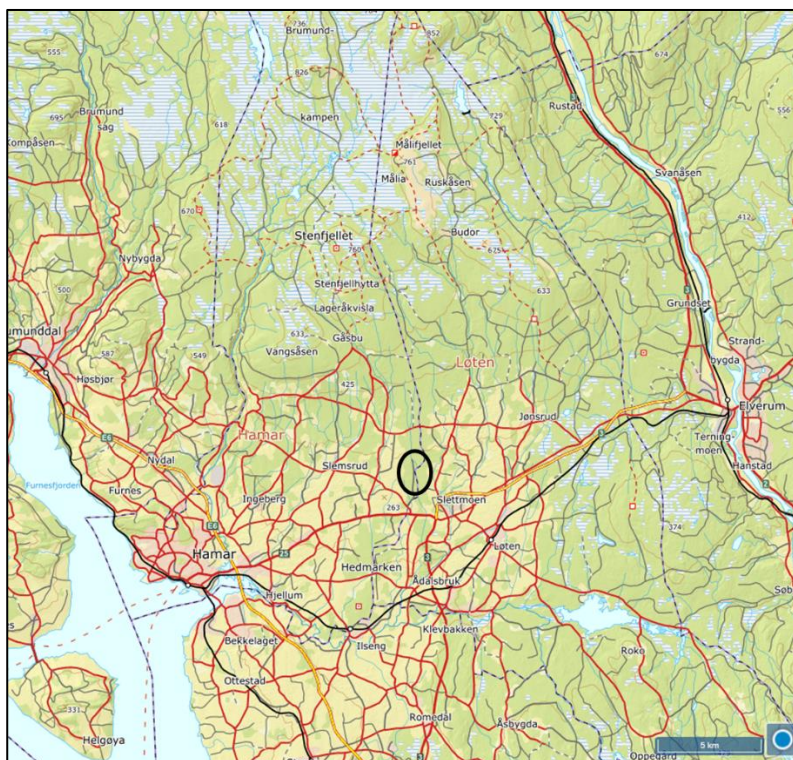
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

1 Innledning

Norconsult har i Q4 2021 utarbeidet planprogram for utvikling av nye næringsarealer på et område sør for Sirkula Heggvin gjenvinning og avfallsanlegg. Tomtearealet, Heggvin Næringsområde, ligger både i Hamar kommune og Løten kommune, vist i Figur 1 Planprogrammet legger rammene for det videre arbeidet med detaljreguleringsplanen og tilhørende konsekvensutredning.

I forbindelse med utarbeidelsen av planprogram og detaljreguleringen er det utført innledende geotekniske og ingeniørgeologiske vurderinger. For geotekniske grunnundersøkelser og vurderinger om løsmasser henvises det til rapporter utarbeidet av Løvlien Georåd høsten 2021 – «21446 Rapport nr. 1 Heggvin næringsområde, geoteknisk datarapport» og «21446 Notat RIG01 Heggvin næringsområde, geotekniske vurderinger».

De innledende ingeniørgeologiske vurderingene og generelle anbefalinger er presentert i de påfølgende kapitlene. Vurderingene er basert på generell kunnskap om området, tilgjengelig grunnlag fra nærliggende prosjekter samt tre kjemiske analyser utført på bergartsmateriale samlet inn under de geotekniske boringene på Heggvin Næringsområde.



Figur 1: Prosjektområdet Heggvin Næringspark vist med sort sirkel.

2 Berggrunnsgeologi

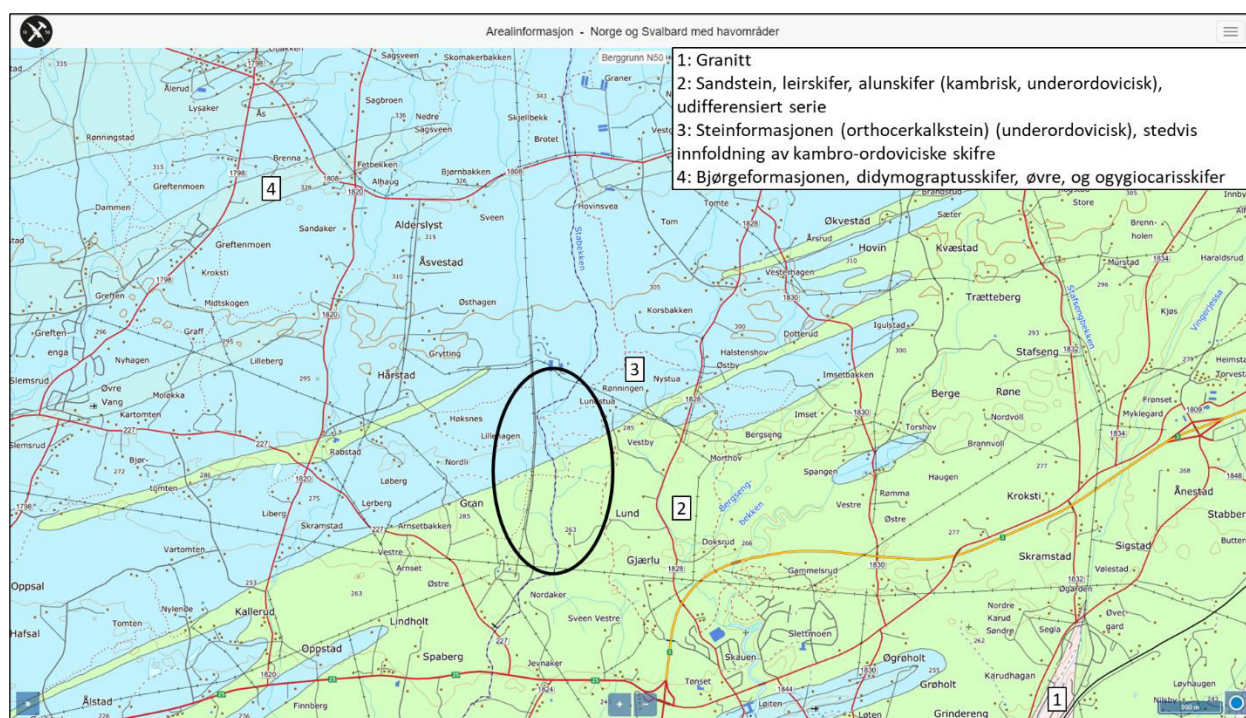
Generelt har de kambro-siluriske leirskiferhorisontene en slak helning mot nordvest, men leirskiferlagene i Hamar-Stange-Løtenområdet har også gjennomgått hendelser med folding og forkastninger. Over korte avstander kan en derfor påtreffe ulike leirskiferlag, samt en gjentakelse av lagdelinger av leirskifere og andre bergarter. De ulike bergartslagene har ulike kjemiske sammensetninger, som har ulike behov for tiltak. Det

berggrunnsgeologiske kartet til NGU vist i Figur 2, gir en indikasjon på type berggrunn i området, men bergartsgrensene vist i kartet er ikke eksakte.

Den kambro-siluriske lagrekken består av flere ulike typer grå (kalkrike) og svarte leirskiferlag. De kalkrike leirskifrene innehar normalt sett for lave konsentrasjoner av svovel til å danne et surt miljø. Dersom det påtreffes et lag med svart leirskifer, behøver det ikke å være Alunskifer. De svarte leirskiferlagene har ulikt potensiale for syredannelse og svelling. For bestemmelse av type leirskifer, inkludert potensiale for syredannelse og svelling, må det utføres geologiske undersøkelser med innsamling av representativt prøvemateriale til kjemiske analyser for identifisering og karakterisering av type leirskifer.

Fra undersøkelser knyttet til ulike prosjektfaser på Heggvin gjenvinning og avfallsanlegg, beskrives det forvitret Alunskifer i løsmassene og berggrunn bestående av Alunskifer. Norconsult har i vurdert kjemiske analyser fra Heggvin.

Fra de geotekniske boringene utført av Løvlien Georåd på Heggvin Næringsområde høsten 2021, se Løvliens rapporter, er det beskrevet at løsmassene består av torv over morene, over forvitret Alunskifer over svakt berg. Av 14 totalsonderinger ble det boret til antatt berg i 8 hull. Dybde til berg er tolket til å variere fra 3,5-11 m, men eksakte dybder er usikre da morenen kan opptre svært hard og berggrunnen kan bestå av svak leirskifer og Alunskifer.



Figur 2: Berggrunnsgeologisk kart, NGU. Heggvin Næringsområde markert med svart sirkel.

3 Resultater, vurderinger og anbefalinger

I dette kapittelet presenteres resultater, vurderinger og anbefalinger av de kjemiske analysene utført. Figur 3 viser et kart over borepunktene undersøkt av Løvlien Georåd. I boreloggen er det beskrevet observasjoner av antatt svart leirskifer i borepunkt 11, 12, 13 og 14. Det ble samlet inn tre prøver av svart/mørkt materiale, to prøver fra punkt 11 (navngitt 11 1-2 og 11 2-3) og en prøve fra punkt 14 (navngitt 14 borkaks). De tre prøvene ble sendt til totalkjemisk analyse og mineralidentifikasjon (XRD analyse).



Figur 3: Kart fra Løvlien Georåd som viser borepunktene plassering. Borepunkt 11 og 14 er markert med sorte sirkler.

3.1 Gjeldende regelverk

Helsebaserte tilstandsklasser

Berg som danner sur avrenning, er regnet som forurenset grunn dersom annet ikke blir dokumentert iht. forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) kapittel 2 § 2-3. Veileder TA-2553/2009 Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn er gjeldene veileder for forurenset grunn. TA-2553/2009 fastsetter grenseverdier og tilstandsklasser (Tabell 1) for helserisiko knyttet til antropogen forurensning, men oppgir ikke grenseverdier knyttet til syredannende potensial. Veilederen tar heller ikke hensyn til økt utlekking av tungmetaller forårsaket av et surt forvittringsmiljø. Grenseverdiene for tungmetaller kan benyttes ved sammenligning av prøver og gi en pekepinn på forventet utlekkingspotensiale.

Tabell 1: Tilstandsklasser for forurenset grunn og beskrivelse av tilstand iht. TA-2553/2009.

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	

Syredannende og svellende berg

For identifisering og karakterisering av type leirskifer, leirskiferens potensiale for syredannelse og svelling, samt håndtering av syredannende berg, er følgende veiledere tilgjengelige i Norge:

- Miljødirektoratets veileder: M-310/2015 Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter.
- Miljødirektoratets veileder: M-385/2015 Deponering av syredannende bergarter.
- RIF Veileder: Bygging på Alunskifer og andre svarte og grå leirskifere, 2019.

Radioaktivt berg

Bergartsmasser med mer enn 80 mg U/kg regnes som radioaktivt avfall hit. DSA, og skal håndteres etter Avfallsforskriften. DSA anbefaler at tilkjørte masser under og rundt bygninger for varig opphold, skal ha så lav radium- og urankonsentrasjon som mulig. Den anbefalte grensen for pukk og sprengstein er oppgitt til 12 mg U/kg.

M-310 beskriver at korrelasjon mellom uraninnhold og stråling kan tyde på at leirskifere med uraninnhold < 50 mg/kg, har tilnærmet neglisjerbar stråling.

3.2 Usikkerheter basert på prøveinnsamling

Da dette er en innledende vurdering, er det kun samlet inn et fåtall prøver, med formål om å undersøke kjemisk sammensetning av berggrunnen i de prøvetatte punktene. De tre prøvene som er analysert gir kun informasjon om de punktene de er samlet inn fra, og ikke informasjon om bergartstypenes utstrekning for hele Heggvin Næringsområde. Vurderinger og anbefalinger for næringsområdet i sin helhet er basert på erfaringer og antagelser fra omkringliggende prosjekter og tilgjengelig kunnskap.

Prøvene er samlet inn av Løvlien Georåd ut fra observasjoner under boring, av svart borkaks, antatt fra berggrunn bestående av svart leirskifer. Ingeniørgeolog har ikke deltatt under boring eller utvelgelse av prøvemateriale for analyse.

Ved innsamling av prøvemateriale fra borkaks, er det gjerne innblandet prøvematerialet fra høyere opp i borehullet. Dette vil påvirke den kjemiske sammensetningen i prøvematerialet. Det ble også benyttet spyling under boringen, som kan medføre utvasking av lette mineraler slik som leirmineraler, og dermed en oppkonsentrasjon av tyngre mineraler, slik som pyritt. Endring av kjemisk sammensetning og type mineraler som blir påvist i prøvene, kan medføre utfordringer med å identifisere og karakterisere type leirskifer, og over-/underestimering av potensiale for utlekking, syredannelse og svelling.

3.3 Analysemetoder

Det er utført total kjemisk analyse og mineralidentifikasjon (XRD) analyse for alle tre prøvene. Ved å utføre både total kjemisk og XRD analyse på det samme prøvematerialet, vil resultatene gi en bredere forståelse av prøvematerialet.

Total kjemisk analyse

De total kjemiske analysene benyttes for å identifisere og karakterisere type leirskifer, samt å vurdere potensiale for syredannelse og utlekking av tungmetaller. Se Vedlegg A for analyserapport fra ALS Laboratory Group Norway AS.

Mineralidentifikasjon (XRD) analyse

XRD analyser benyttes til å vurdere potensialet for forvitring ved lave pH verdier, i hvilket omfang leirskiferen har gjennomgått forvitring og om denne forvitring har skjedd ved lave pH verdier. I tillegg gir XRD grunnlaget for en mer nøyaktig vurdering av leirskiferens potensiale for svelling. Se Vedlegg B for analyserapport fra NTNU.

3.4 Potensiale for syredannelse

Forholdet mellom det nøytraliserende potensialet (NP) og det syredannende potensialet (AP) i de total kjemiske analysene gir en indikasjon på hvilket potensiale leirskiferne har for dannelse av surt miljø ved forvitring. Beregningene baserer seg på innholdet av svovel og uorganisk karbon (TIC) i prøvematerialet iht. M-310, se Tabell 2.

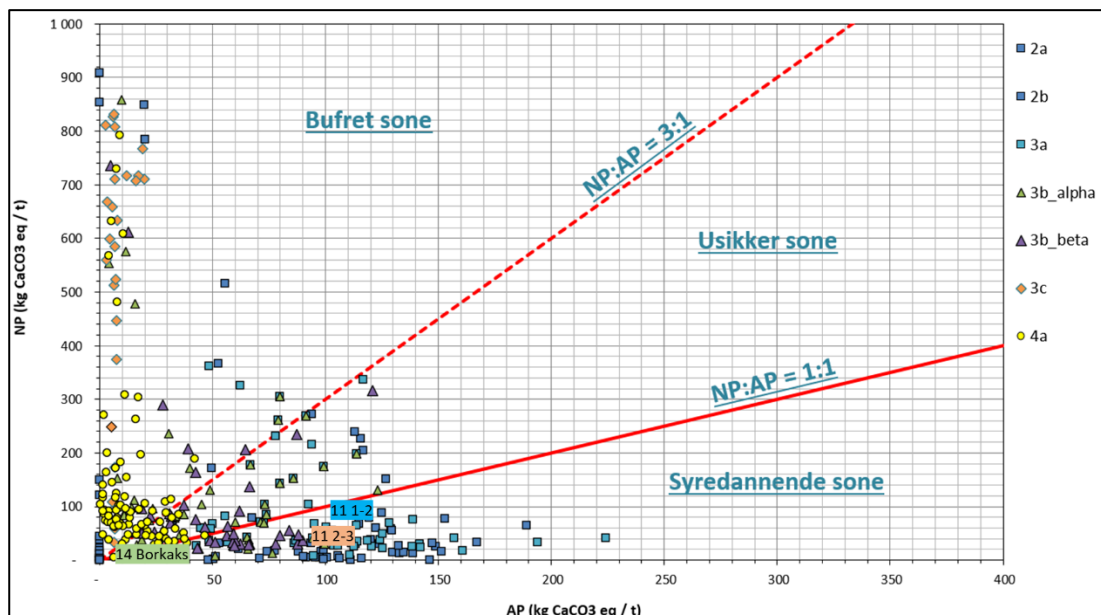
Tabell 2: Klassifisering av NP:AP, M310.

NP:AP	Beskrivelse
>3	Ikke syredannende
1-3	Usikker
<1	Potensielt syredannende

Basert på de kjemiske analysene er det gjort en beregning av NP:AP for de tre prøvene, vist i Tabell 3. Beregningene baserer seg på totalt innhold S og TIC, og ikke hvordan svovel er bundet i mineralene. Figur 4 viser hvor prøvene plasserer seg i NP:AP diagrammet.

Tabell 3: Beregning av NP:AP for prøvene iht. M-310.

Prøve	S	TIC	NP:AP
	mg/kg TS	ppm	
11 1-2	34 500	11 600	0,89
11 2-3	32 200	5 800	0,48
14 Borkaks	5 310	1 400	0,70



Figur 4: Prøvenes plassering i NP:AP diagrammet iht. M-310.

Begge prøvene fra punkt 11 viser $NP:AP < 1$ og svovelinnhold på $> 30\,000$ mg S/kg. Det vil si at begge prøvene indikerer et potensiale for syredannelse.

Prøven fra punkt 14 viser $NP:AP < 1$, men det lave svovelinnholdet og $AP < 30$ gjør at prøven ikke anses å ha potensiale for igangsettelse av syredannende reaksjoner med akselerert forvitring.

For å undersøke hvilke mineraler svovel er bundet i, og om svovel er tilgjengelig for å sette i gang forvitring ved lav pH, benyttes XRD analyser.

Prøve fra punkt 11 indikerer at mesteparten av svovel i materialet er tilgjengelig for forvitring, og at prosessen med forvitring ved lav pH allerede er igangsatt. Potensialet for akselerert forvitring og dannelsen av syre anses som høy.

Prøven fra punkt 14 indikerer at noe av svovelen allerede er forvitret, men mengden svovel som er tilgjengelig for videre forvitring er så lav at syredannende potensiale anses som lavt.

Pyrittkornenes størrelse og tilgjengelighet i bergarten bidrar også til bergartens potensiale for igangsettelse av syredannende reaksjoner. Generelt vil små sulfidkorn forvitres lettere enn store sulfidkorn. Det kan undersøkes ved SEM analyser, men slike analyser er ikke utført i denne fasen av prosjektet.

3.5 Potensiale for utlekking av tungmetaller

Ved forvitring av svart leirskifer vil tungmetaller og uran frigjøres til en vannfase. Utlekkingen av enkelte stoffer starter allerede ved nøytrale pH verdier. Det største utlekkingspotensialet oppstår når jern er bundet i sulfider, som pyritt. Når tungmetaller er bundet i silikater og oksider ($Fe:S > 2:1$), vil ikke tungmetallene være like utsatt for utlekking. Det bemerkes at dersom jern og svovel er bundet i større pyrittkorn, så vil svovel være vanskeligere tilgjengelig ved forvitring. Dette medfører et lavere potensial for forvitring ved lave pH verdier.

For å vurdere potensialet for utlekkingspotensialet for metallene, kan forholdet mellom jern (Fe) og svovel (S) i de totalkemiske analysene beregnes og klassifiseres etter M-310, vist i Tabell 4. Beregningene fanger ikke opp om Fe faktisk er bundet i sulfider eller om Fe er bundet i sulfater. Dette vil påvirke utlekkingspotensialet da metallene sitter fastere bundet i sulfatene

Tabell 4: Klassifisering av Fe:S, M310.

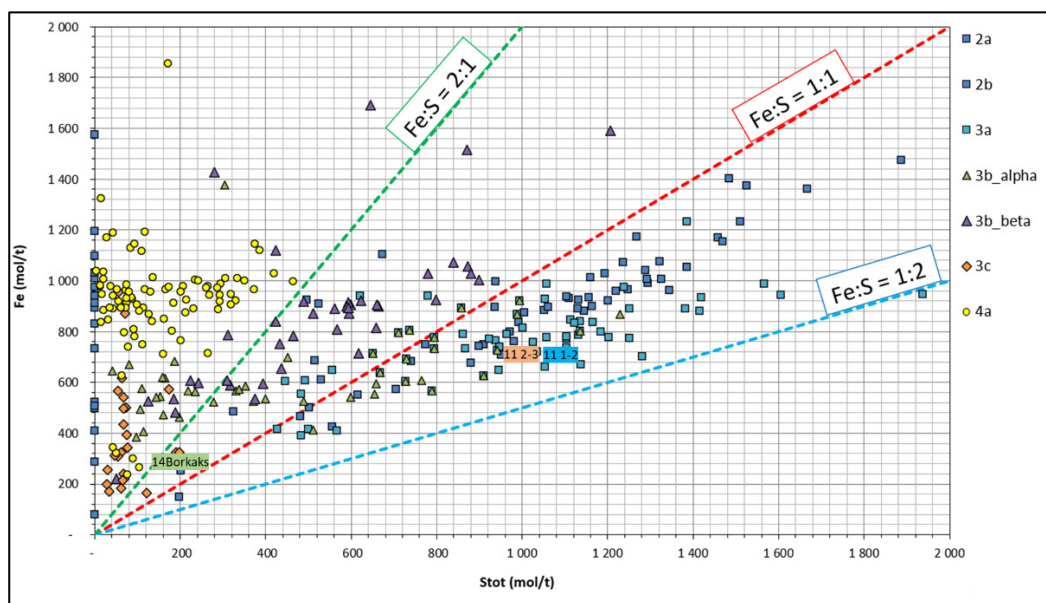
Fe:S	Beskrivelse
>2	Indikerer at Fe og tungmetaller er bundet i silikater
1-2	Indikerer at alt Fe er bundet som sulfider
0,5-1	Indikerer pyritt (FeS ₂)
<0,5	Indikerer at S også er bundet i andre mineraler enn sulfider

Basert på de kjemiske analysene er det gjort en beregning av Fe:S for de tre prøvene, vist i Tabell 5. Figur 5 viser hvor prøvene plasserer seg i NP:AP diagrammet.

Tabell 5: Beregning av Fe:S for prøvene iht. M-310.

	S	Fe	Fe:S
Prøve	mg/kg TS	ppm	
11 1-2	34 500	39 376	0,66
11 2-3	32 200	39 866	0,71
14 Borkaks	5 310	16 016	1,73

Figur 5: Prøvenes plassering i Fe:S diagrammet iht. M-310.



De kjemiske analysene indikerer at Fe er bundet i pyritt for prøvene fra punkt 11. XRD analysene viser at Fe både er bundet i pyritt, sulfat og ankeritt. Fe bundet i ankeritt er mindre løselig enn Fe bundet i pyritt, men

ved reduserende pH-forhold vil også Fe fra ankeritt lekke ut. XRD analysene indikerer et høyt potensiale for utlekking av tungmetaller i begge prøvene fra punkt 11.

Prøven fra punkt 14, indikerer den kjemiske analysen at Fe er bundet i sulfider. XRD analysen viser at 1 % av prøvematerialet sitter i pyritt, mens 1 % er bundet i sulfat-mineral. Utlekkingen av tungmetaller fra prøvematerialet anses som lav til moderat.

3.6 Potensiale for svelling

Det er to mekanismer som kan gi potensiale for svelling i leirskifer:

- Når sulfidminerale (S²⁻) forvitrer og danner sulfatminerale (SO₄²⁻).
- Når leirminerale, særlig tilhørende smektit-gruppen, og mulig finstoff, tar opp vannmolekyler i mineralstrukturen.
 - Svelling som oppstår ved opptak av vannmolekyler i leirminerale og finstoff, er lavere enn svelling som kan utvikles ved dannelse av sulfater.
 - Svelling fra leirmineralene kan bidra til den totale svelleutviklingen, og bør hensyntas i vurderingene.

Prøvene fra punkt 11 har et relativt høyt svovelinnholdet bundet i sulfider, og en lav andel svovel bundet i sulfat. Mengden leirminerale som kan bidra til svelling er mindre enn 1 % i begge prøvene, og vil da ikke bidra til svellepotensialet. Basert på svovelinnholdet og tilgjengeligheten av sulfid, anses prøvematerialet å ha et høyt potensiale for utvikling av svelling.

Prøven fra punkt 14 har et lavt innhold svovel, og ¼ av tilgjengelig svovel har allerede forvitret til sulfat. Også dette prøvematerialet viser mindre enn 1 % leirminerale som kan bidra til svelling. Svellepotensialet anses totalt sett som lavt for prøvematerialet.

3.7 Uraninnhold

M-310 beskriver at korrelasjoner mellom uraninnhold og stråling kan tyde på at leirskifere med uraninnhold < 50 mg/kg, har tilnærmet neglisjerbar stråling. Grensen for å vurdere om bergartsmassene skal regnes som radioaktivt avfall eller ikke, er satt til 80 mg U/kg av DSA. Det bemerkes også at DSA har anbefalt at tilkjørte masser under og rundt bygninger for varig opphold, skal ha så lav radium- og urankonsentrasjon som mulig. Den anbefalte grensen for pukk og sprengstein er oppgitt til 12 mg U/kg.

De totalkjemiske analysene viser følgende:

- 11 1-2: 59,5 mg U/kg.
 - Prøvematerialet har et strålingspotensiale som må håndteres ved bygging, men er ikke ansett som radioaktivt avfall ved bortkjøring.
 - Det bemerkes at uran kan være utvasket og dermed være underestimert.
- 11 2-3 61,9 mg U/kg.
 - Prøvematerialet har et strålingspotensiale som må håndteres ved bygging, men er ikke ansett som radioaktivt avfall ved bortkjøring.
 - Det bemerkes at uran kan være utvasket og dermed være underestimert.
- 14 borekaks: 10,4 mg U/kg.
 - Urankonsentrasjonen er lavere enn DSAs anbefalte grense for pukk og stein som kan benyttes under bygg med varig opphold.
 - Det bemerkes at uran kan være utvasket og dermed være underestimert.

3.8 Mekanisk styrke

En må ta i betraktning at leirskifer ofte er svake bergarter, med lav bæreevne, som lettere kan knuses ned ved mekanisk påvirkning. Dette gjelder særlig for leirskifer med over 50 % svake mineraler (flakmineraler). Leirskiferens egenstyrke og bæreevne, samt oppspekningsgrad og fall på sprekkeplanene må hensyntas ved fundamentering direkte på bergoverflaten. Det anbefales generelt å ikke benytte sprengstein bestående av leirskifer til oppbygging under bygg eller bærende konstruksjoner.

XRD analysene viser at prøvene fra punkt 11 inneholder mellom ca. 30 % svake mineraler. Dette indikerer en lav mekanisk styrke for materialet.

XRD analysene viser ca. 18 % svake mineraler i prøven fra punkt 14. Dette indikerer at materialet har en moderat egenstyrke. Ved ønske om gjenbruk av masser under konstruksjoner, anbefales det å utføre bergmekaniske tester for nøyaktig fastsettelse av bergets beskaffenhet.

3.9 Identifisering og karakterisering av type leirskifer

De kjemiske analysene og XRD analysene fra Heggvin Næringsområde viser en sammensetning som kan tyde på både noe utvasking av lette mineraler og innblanding av morenemateriale. Identifisering og karakterisering av type leirskifer, samt vurdering av potensiale for syredannelse og svellepotensialet, kan bli feiltolket eller over- /underestimert når kjemisk sammensetning kan være endret.

Fra boring ble prøvematerialet både fra punkt 11 og punkt 14, beskrevet som morene-Alun, svart.

Prøvematerialet fra punkt 11 har en kjemisk signatur som indikerer at berggrunnen i dette prøvepunktet tilhører etasje 3a i Alunskiferformasjonen.

Prøvematerialet fra punkt 14 indikerer en større innblanding av materiale fra høyere opp i borehullet, og evt. utvasking. Den kjemiske sammensetning kan indikerer Tøyenformasjonen, etasje 3b. Tøyenformasjonen består av en kalkrik leirskifer, Hagaberg, og en svart leirskifer, Galgeberg. Galgeberg innehar et potensiale for syredannelse og svelling, men dette potensialet er ofte noe lavere enn for Alunskifer.

3.10 Gjenbruk og deponering

Ved utgraving av bergartsmasser med syredannende potensiale stilles det krav til at massene skal leveres godkjent mottak. Heggvin gjenvinning og avfallsanlegg, rett nord for prosjektområdet har godkjenning for mottak av syredannende masser og radioaktivt avfall.

Leirskifer uten påvist syredannende potensiale kan i utgangspunktet benyttes innenfor prosjektområdet. Generelt anses leirskifere som svake bergarter med lav mekanisk styrke. Dvs. at leirskifere er utsatt for mekanisk nedknusing. Ved bruk av sprengstein som oppbygning under konstruksjoner anbefales det derfor å ikke benytte leirskifer som lastbærende fyllmasser, før massene er testet og vurdert for bergmekanisk styrke. Svellepotensialet må også avklares før bergmassene benyttes under konstruksjoner.

Løsmasser og berggrunn kan ha naturlige forhøyede konsentrasjoner av enkelte metaller, uten å ha et syredannende potensial. Ved naturlige forhøyede konsentrasjoner av metaller kan masser gjenbrukes inne på tiltaksområdet dersom dette er dokumentert. Uten denne dokumentasjonen kan det stilles krav til at masser med forhøyede konsentrasjoner av metaller må leveres godkjent mottak. Ved ønske om å benytte slike masser utenfor området, kan det stilles strengere krav bl.a. til at massene legges på områder med tilsvarende konsentrasjoner av metaller eller leveres på godkjent mottak.

3.11 Fundamentering

Da store deler av berggrunnen i Hama-Stange-Løten-området består av kambro-siluriske leirskifere, er ikke bygging i og på denne type berggrunn en ukjent problemstilling. Valg av tiltak og prosjekterte løsninger må hensynta de ulikhetene i berggrunnstypene og løsmasseprofilen.

Når svarte leirskifere kommer i kontakt med oksygen og vann kan kjemiske reaksjonene som danner sur avrenning og svelling bli igangsatt. Store deler av Hamar-Stange-Løtenområdet består av kambro-siluriske leirskifere, inkludert leirskifere med syredannede og svellende potensiale, og fundamentering i/på slik type berggrunn er ikke en ukjent problemstilling. I slike type prosjekter kreves det identifisering og karakterisering av type leirskifer, for riktig valg av prosjekterte løsninger. Ved bygging i og på svarte leirskifere må fundamenteringsløsninger prosjekteres av ingeniørgeolog med kunnskap om syredannende og svellende leirskifer, sammen med geoteknikk og RIB.

Ved fundamentering av bygg direkte på berggrunn bestående av leirskifer med potensiale for syredannelse og svelling, anbefales det å bygge opp en vanntett sandwich-konstruksjon, og evt. bruk av forankring.

Løsmasser/mjøsmorene over svart leirskifer kan vise en kjemisk sammensetning tilsvarende underliggende leirskifer. Et evt. syredannende og/eller svellende potensial i løsmassene avklares før fundamentering på løsmassene. Ved fundamentering på løsmasser over svart leirskifer, må det sikres at mengde løsmasser mellom bygg og bergoverflate er tilstrekkelig for å forhindre tilkomst av vann og oksygen som kan igangsette forvitring ved lav pH. Hvis dette ikke er tilfellet, må tilpassede løsninger prosjekteres.

Den tilsvarende problemstillingen gjelder for rør som legges i grunnen. Generell oppbygging i rørtraseer består ofte av permeable masser som medfører økt vanntransport. Dette legger til rette for igangsettelse av forvitring ved lav pH, og dannelse av sur avrenning og/eller svelling. Både sur avrenning og svelling kan skade konstruksjonen. I tillegg er sur avrenning en miljørisiko. Oppbygging av rørtraseer bør vær basert på tverrfaglig prosjektering for å forhindre disse prosessene.

3.12 Videre arbeid

I forbindelse med prosjekteringsfasen anbefales det å utføre flere undersøkelser både av løsmassene, berggrunnene og hydrogeologiske forhold på prosjektområdet. Undersøkelsene vil blant annet søke å:

- Redusere risikoen for å påtreffe ukjent forurensing.
- Bedre kontroll på mengde syredannende masser som må leveres godkjent mottak, og å forhindre at masser som ikke er syredannende leveres mottak.
- Dokumentere evt. naturlige forhøyede konsentrasjoner av enkelte metaller uten syredannende potensial i løsmasser og berggrunn.
 - Sikre riktig håndtering ift. gjenbruk eller levering mottak.
- Tiltak for håndtering og ivaretagelse av grunnvann.
- Velge fundamenteringsløsninger, oppbygging under bygg og tiltak tilpasset ulike bergartstyper og løsmasser internt på prosjektområdet.
- Grunnlag for anbefalinger av koter for bygg.
- Ivareta funksjonskrav og levetid for konstruksjoner, rørtraseer o.l.

4 Oppsummering

Kjemiske analyser utført på prøvemateriale fra totalsonderinger indikerer tilstedeværelsen av leirskifere fra Alunskifer- og Tøyenformasjonen. Alunskifer er en svart leirskifer. Tøyenformasjonen består av en kalkrik leirskifer kalt Hagaberg, og en svart leirskifer kalt Galgeberg. Alunskifer og Galgeberg innehar begge potensiale for syredannelse, utlekking av tungmetaller og svelling. Sprengstein av leirskiferen med potensiale for syredannelse kan ikke gjenbrukes på prosjektområdet, men skal leveres til godkjent mottak.

Det er ikke påvist radonkonsentrasjoner som medfører at materiale regnes som radioaktivt avfall, men det er påvist et strålingspotensiale som må håndteres ved bygging.

Leirskifer anbefales generelt ikke å benyttes i sprengsteinsfylling som oppbygning lastbærende konstruksjoner da de anses som svake bergarter. Det anbefales å utføre egnede tester for bergmekanisk styrke før massene evt. benyttes under konstruksjoner. Leirskifere som har et potensiale for svelling anbefales heller ikke benyttet som sprengsteinsfylling under konstruksjoner.

Basert på de kjemiske analysene, kunnskap om området og leirskiferlagrekken forventes det at det finnes ulike leirskiferlag, med ulik kjemisk sammensetning, i prosjektområdet. Det kan på nåværende tidspunkt ikke anslås hvor mye av området som består av leirskifer med potensiale for syredannelse og svelling. Med bakgrunn i oppbygging av den kambro-siluriske lagrekken kan det antas at store deler av området sør for borepunkt 11 kan bestå av leirskifer tilhørende Alunskiferformasjonene, dvs. etasje 2 og 3a i kambro-silurlagrekken. Basert på analysene fra punkt 14, og kjennskap til leirskiferlagrekken, antas det at det kan forventes både kalkrike leirskifere og svarte leirskifere nord for punkt 11.

Før oppstart av byggearbeidene anbefales det å planlegge og utføre et mer omfattende undersøkelsesprogram for riktige valg av løsninger. Undersøkelsene bør omfatte fagene geoteknikk, ingeniørgeologi, hydrogeologi og miljø.

Ved bygging i og på svarte leirskifere må fundamenteringsløsninger og rørtraseer prosjekteres av ingeniørgeolog med kunnskap om syredannende og svellende leirskifer, sammen med de andre prosjekterende fagene for å oppnå en helhetlig løsning for å ivareta krav til funksjon og levetid.

Vedlegg A – Analyserapport Totalkjemisk analyse, ALS Laboratories



Mottatt dato **2021-10-26**
Utstedt **2021-11-09**

Norconsult AS
Arnstein Dale

Vestfjordgaten 4
1338 Sandvika
Norway

Prosjekt **Heggvin Næringspark**
Bestnr

Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	11 1-2 Jord					
Labnummer	N00751751					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Tørrstoff (L) *	87.6		%	2	W	SAHM
SiO₂ *	51.3		% TS	2	S	SAHM
Al₂O₃ *	12.2		% TS	2	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	3.85		% TS	2	S	SAHM
Fe₂O₃ *	5.63		% TS	2	S	SAHM
K₂O *	3.00		% TS	2	S	SAHM
MgO *	0.924		% TS	2	S	SAHM
MnO *	0.0339		% TS	2	S	SAHM
Na₂O *	0.677		% TS	2	S	SAHM
P₂O₅ *	0.174		% TS	2	S	SAHM
TiO₂ *	0.600		% TS	2	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	12.0		% TS	2	W	SAHM
As (Arsen) *	54.8		mg/kg TS	2	S	SAHM
Ba (Barium) *	5280		mg/kg TS	2	S	SAHM
Be (Beryllium) *	3.05		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	3.59		mg/kg TS	2	S	SAHM
Co (Kobolt) *	20.9		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cr (Krom) *	55.8		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cu (Kopper) *	91.1		mg/kg TS	2	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	0.211		mg/kg TS	2	G	SAHM
Mo (Molybden) *	109		mg/kg TS	2	S	SAHM
Nb (Niob) *	9.90		mg/kg TS	2	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	175		mg/kg TS	2	S	SAHM
Pb (Bly) *	24.1		mg/kg TS	2	S	SAHM
S (Svovel) *	34500		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sc (Scandium) *	10.9		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sn (Tinn) *	2.57		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sr (Strontium) *	155		mg/kg TS	2	S	SAHM
V (Vanadium) *	662		mg/kg TS	2	S	SAHM
W (Wolfram) *	1.45		mg/kg TS	2	S	SAHM
Y (Yttrium) *	32.4		mg/kg TS	2	S	SAHM
Zn (Sink) *	194		mg/kg TS	2	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	144		mg/kg TS	2	S	SAHM
Th (Thorium) *	12.3		mg/kg TS	3	S	SAHM



Deres prøvenavn	11 1-2 Jord					
Labnummer	N00751751					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
U (Uran) *	59.5		mg/kg TS	3	S	SAHM
Tørrstoff (E) ^{a ulev}	91.7	5.53	%	4	2	SAHM
TOC ^{a ulev}	5.16	0.78	% TS	4	2	SAHM
TIC ^{a ulev}	1.16	Å± 15 %	% TS	5	2	SAHM



Deres prøvenavn	11 2-3 Jord					
Labnummer	N00751752					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Tørrstoff (L) *	90.3		%	2	W	SAHM
SiO ₂ *	51.2		% TS	2	S	SAHM
Al ₂ O ₃ *	12.4		% TS	2	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	4.82		% TS	2	S	SAHM
Fe ₂ O ₃ *	5.70		% TS	2	S	SAHM
K ₂ O *	2.91		% TS	2	S	SAHM
MgO *	1.02		% TS	2	S	SAHM
MnO *	0.0386		% TS	2	S	SAHM
Na ₂ O *	0.586		% TS	2	S	SAHM
P ₂ O ₅ *	0.195		% TS	2	S	SAHM
TiO ₂ *	0.606		% TS	2	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	11.6		% TS	2	W	SAHM
As (Arsen) *	56.8		mg/kg TS	2	S	SAHM
Ba (Barium) *	4520		mg/kg TS	2	S	SAHM
Be (Beryllium) *	2.95		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	4.50		mg/kg TS	2	S	SAHM
Co (Kobolt) *	18.2		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cr (Krom) *	61.8		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cu (Kopper) *	91.2		mg/kg TS	2	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	0.169		mg/kg TS	2	G	SAHM
Mo (Molybden) *	105		mg/kg TS	2	S	SAHM
Nb (Niob) *	10.6		mg/kg TS	2	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	172		mg/kg TS	2	S	SAHM
Pb (Bly) *	24.4		mg/kg TS	2	S	SAHM
S (Svovel) *	32200		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sc (Scandium) *	11.8		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sn (Tinn) *	2.55		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sr (Strontium) *	178		mg/kg TS	2	S	SAHM
V (Vanadium) *	752		mg/kg TS	2	S	SAHM
W (Wolfram) *	1.41		mg/kg TS	2	S	SAHM
Y (Yttrium) *	32.9		mg/kg TS	2	S	SAHM
Zn (Sink) *	213		mg/kg TS	2	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	155		mg/kg TS	2	S	SAHM
Th (Thorium) *	11.9		mg/kg TS	3	S	SAHM
U (Uran) *	61.9		mg/kg TS	3	S	SAHM
Tørrstoff (E) ^{a ulev}	93.4	5.63	%	4	2	SAHM
TOC ^{a ulev}	5.66	0.85	% TS	4	2	SAHM
TIC ^{a ulev}	0.580	Å± 20 %	% TS	5	2	SAHM



Deres prøvenavn	14 Borkaks Jord					
Labnummer	N00751753					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Tørrstoff (L) *	84.4		%	2	W	SAHM
SiO₂ *	66.6		% TS	2	S	SAHM
Al₂O₃ *	8.40		% TS	2	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	0.746		% TS	2	S	SAHM
Fe₂O₃ *	2.29		% TS	2	S	SAHM
K₂O *	2.42		% TS	2	S	SAHM
MgO *	0.566		% TS	2	S	SAHM
MnO *	0.0304		% TS	2	S	SAHM
Na₂O *	0.827		% TS	2	S	SAHM
P₂O₅ *	0.0900		% TS	2	S	SAHM
TiO₂ *	0.408		% TS	2	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	3.2		% TS	2	W	SAHM
As (Arsen) *	11.5		mg/kg TS	2	S	SAHM
Ba (Barium) *	1360		mg/kg TS	2	S	SAHM
Be (Beryllium) *	1.36		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	1.14		mg/kg TS	2	S	SAHM
Co (Kobolt) *	6.55		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cr (Krom) *	35.0		mg/kg TS	2	S	SAHM
Cu (Kopper) *	24.1		mg/kg TS	2	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	0.0292		mg/kg TS	2	G	SAHM
Mo (Molybden) *	27.9		mg/kg TS	2	S	SAHM
Nb (Niob) *	6.33		mg/kg TS	2	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	58.2		mg/kg TS	2	S	SAHM
Pb (Bly) *	12.9		mg/kg TS	2	S	SAHM
S (Svovel) *	5310		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sc (Scandium) *	6.04		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sn (Tinn) *	1.43		mg/kg TS	2	S	SAHM
Sr (Strontium) *	72.8		mg/kg TS	2	S	SAHM
V (Vanadium) *	323		mg/kg TS	2	S	SAHM
W (Wolfram) *	<0.9		mg/kg TS	2	S	SAHM
Y (Yttrium) *	18.4		mg/kg TS	2	S	SAHM
Zn (Sink) *	68.8		mg/kg TS	2	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	226		mg/kg TS	2	S	SAHM
Th (Thorium) *	7.55		mg/kg TS	3	S	SAHM
U (Uran) *	10.4		mg/kg TS	3	S	SAHM
Tørrstoff (E) ^{a ulev}	84.9	5.12	%	4	2	SAHM
TOC ^{a ulev}	1.42	0.21	% TS	4	2	SAHM
TIC ^{a ulev}	0.140	Â± 20 %	% TS	5	2	SAHM



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

"**" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	Alunskiferpakke Metode: Metaller: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1. TIC/TOC: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO₂). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C. Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende. ALS kan ikke tolke resultatene og avgjøre hvorvidt materialet er alunskifer.
2	Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2 Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1. Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiene korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO₂). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C. Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.
3	Metaller i jord, tillegg til hovedpakke Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.
4	Bestemmelse av TOC ved bruk av IR Metode: CSN ISO 29541, CSN EN ISO 16994, CSN EN ISO 16948, CSN EN 15407, CSN ISO 19579, CSN EN 15408, CSN ISO 10694, CSN EN 13137 Måleprinsipp: IR (LECO) Rapporteringsgrenser: 0,1 %



Metodespesifikasjon	
5	Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l. Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS

	Godkjenner
ELNO	Elin Noreen
SAHM	Sabra Hashimi

	Utf ¹
G	AFS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia Lokalisering av andre ALS laboratorier: Ceska Lipa Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice V Raji 906, 530 02 Pardubice Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

Vedlegg B – Analyserapport Mineralidentifikasjon (XRD analyse), NTNU

Norconsult AS
Torggt. 22
2317 Hamar
v/Arnstein Dale

XRD-analyse av 3 bulkprøver fra prosjekt 21446 Heggvin Næringspark

Analysene er utført på en Bruker D8 ADVANCE. DIFFRAC.SUITE.EVA programvare i kombinasjon med databasen PDF-4+ foreslår følgende mineralfaser.

Rietveld (Topas) er brukt til mineral-kvantifisering.

Prøve mrk.	11 1-2	11 2-3	14 Borkaks
J.nr.	210719	210720	210721
Kvarts	39 %	36 %	60 %
Glimmer	31 %	33 %	18 %
Plagioklas	7 %	6 %	8 %
Alkalifeltspat	9 %	8 %	10 %
Kalsitt	3 %	5 %	< 1 %
Ankeritt	4 %	3 %	1 %
Kloritt	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Svovelkis	5 %	7 %	1 %
Jarositt	1 %	1 %	< 1 %



Laurentius Tjihuis
Senioringeniør



Torill Sørlokk
Overingeniør

Postadresse
S.P. Andersens veg 15a
7031 Trondheim

Org.nr. 974 767 880
E-post:
kontakt@igp.ntnu.no
<https://www.ntnu.no/igp/>

Besøksadresse
S.P. Andersens veg 13a
7031 Trondheim

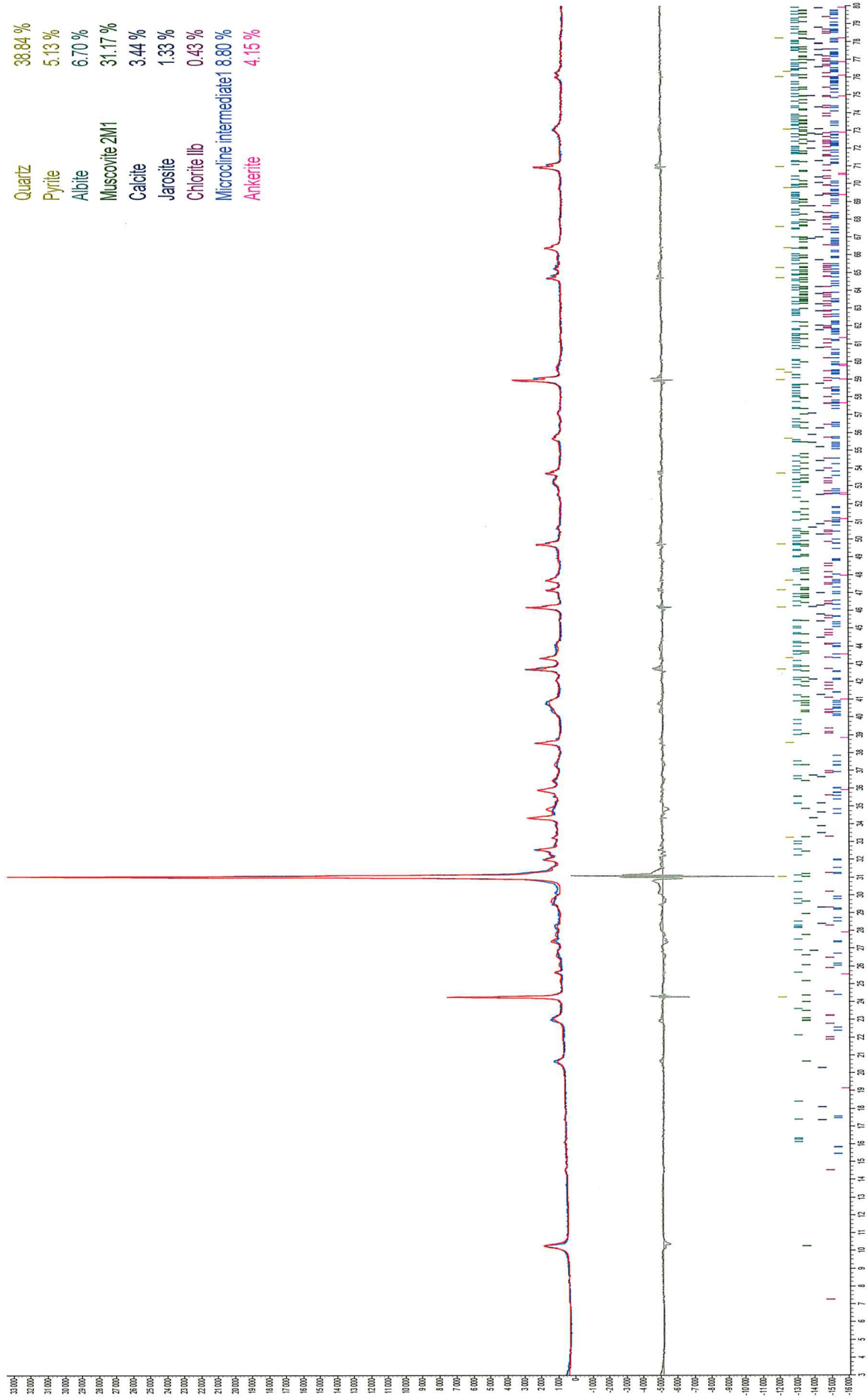
Telefon
+ 47 73 59 49 25

Laurentius Tjihuis
Mobil: +47 91 89 71 34

Vår dato 9.11.2021
Vår referanse LT / 21-089

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

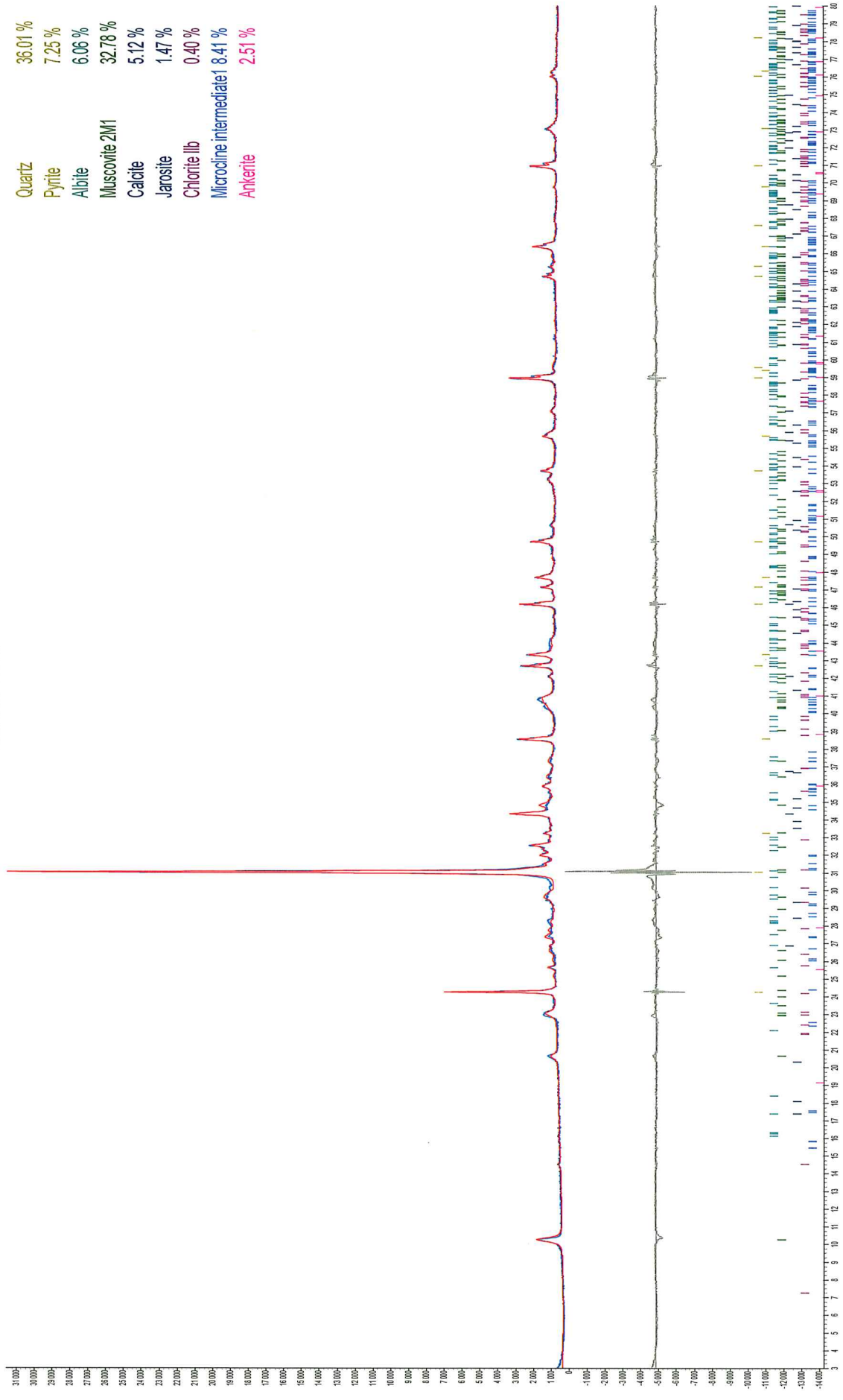
210719: 11 1-2



Vår dato 9.11.2021 Vår referanse LT / 21-089

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

210720: 11 2-3



Vår dato 9.11.2021
Vår referanse LT / 21-089

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

210721: 14 Borkaks

