

E6 Roterud–Storhove

26.03 | 21

Fagrapport geokjemisk vurdering av Brøttumformasjonen

Oppdragsnummer:	5195019
Oppdragsnavn:	E6 Roterud–Storhove
Dokumentnummer:	RAPP-GEO-005
Dokumentnavn:	Fagrapport geokjemisk vurdering av Brøttumformasjonen

Versjonsoversikt

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
C04	26.03.2021	Til behandling hos planmyndighet	RutVin	LeEve, AnOng	RuWes

SAMMENDRAG

Nye Veier utarbeider reguleringsplan for bygging av ny E6 mellom Roterud i Gjøvik kommune og Storhove i Lillehammer kommune. Strekningen er ca. 23 km lang, hvorav 8 km i Gjøvik og 15 km i Lillehammer. Den nye E6 skal bygges som firefelts motorvei med skiltet fartsgrense på 110 km/t.

Berggrunnen langs den planlagte veilinjen består av sedimentære bergarter tilhørende Brøttumformasjonen. Brøttumformasjonen inneholder svart leirskifer som er en bergart som kan være syredannende ved eksponering til vann og luft. Analyseresultater viser at de svarte leirskiferprøvene som er prøvetatt er potensielt syredannende. Det merkes at syrepotensiale er mye lavere enn alunskifer. Tungmetallkonsentrasjoner er lave og urankonsentrasjon er under grenseverdi for radioaktivt avfall.

Norconsult AS, i samarbeid med AF Gruppen, er i en prosess med å utarbeide en søknad til myndighetene for tillatelse etter forurensningsloven §32 og §11 for å kunne gjenbruke potensielt syredannende masser innenfor tiltaksområdet. Søknaden leveres myndighetene etter at reguleringsplanen er levert. Følgende rapport gir en oppsummering av de geokjemiske egenskapene til de sedimentære bergartene i Brøttumformasjonen.

INNHOOLD

1	INNLEDNING	5
1.1	Tiltaksbeskrivelse	5
1.2	Syredannende bergarter	7
2	GEOLOGI	8
3	VURDERINGSGRUNNLAG	10
3.1	Gjeldende lovverk for syredannende bergarter	10
3.2	Gjeldende veiledere for identifisering av syredannende bergarter	10
3.3	Gjeldende regelverk for radioaktive berg	12
4	RESULTATER	13
4.1	Tidligere undersøkelser av Brøttumformasjon	13
4.2	Nye undersøkelser av Brøttumformasjon	17
5	DISKUSJON	21
5.1	Syredannende forhold	21
5.2	Tungmetaller	22
5.3	Radioaktivitet	23
5.4	Avrenning	23
5.5	Oppsummering	24
6	NYTTEGJØRING AV STEIN	25
7	KONKLUSJON	26
8	REFERANSER	27
9	VEDLEGG	28

1 INNLEDNING

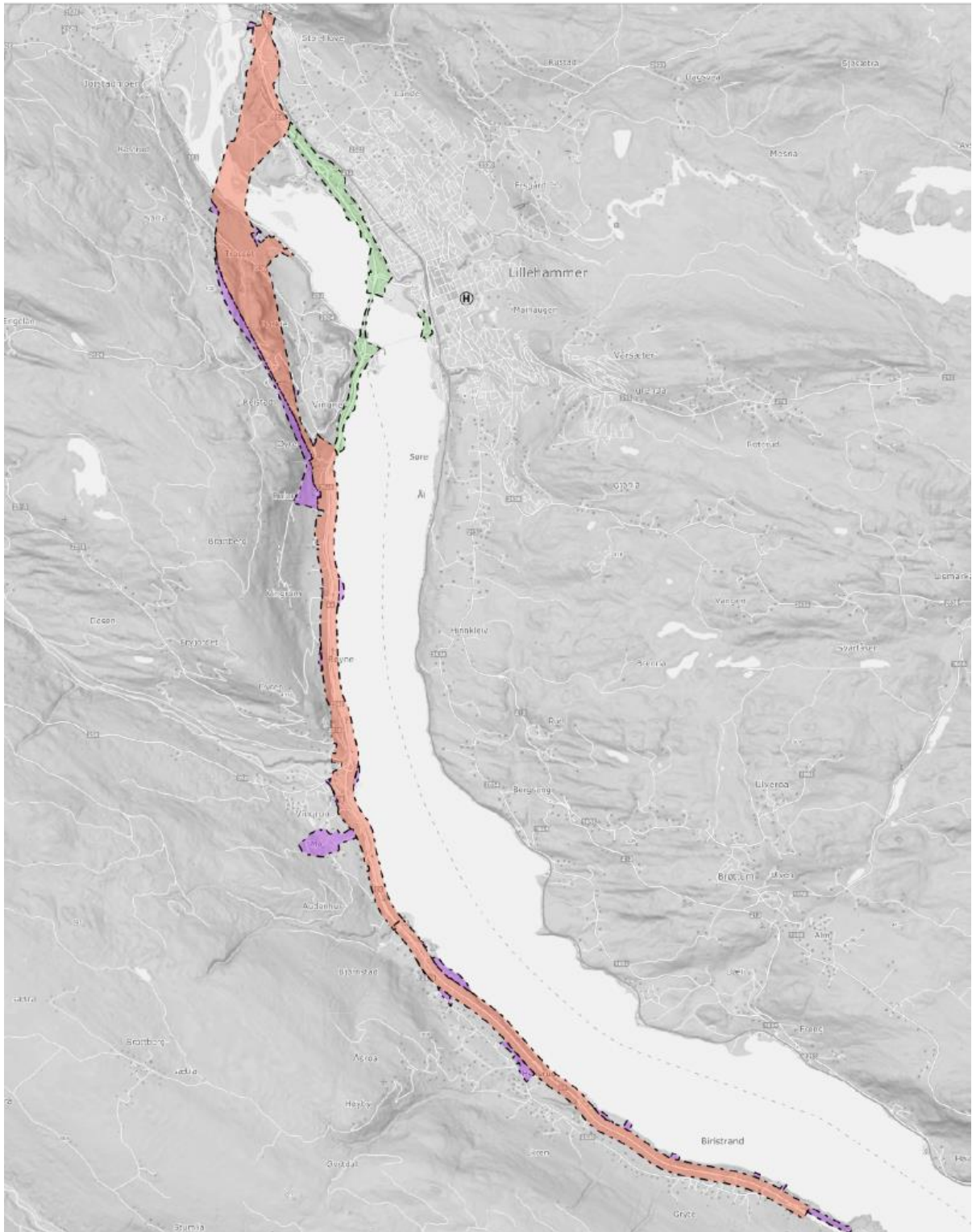
1.1 Tiltaksbeskrivelse

E6 er Norges viktigste riksvei og hovedforbindelse mellom sørlige og nordlige landsdeler. Nye Veier AS har ansvar for planlegging og utbygging av E6 mellom Kolomoen og Otta, og strekningen Roterud–Storhove er en viktig del av porteføljen i Innlandet. Strekningen er tidligere utredet i forbindelse med kommunedelplanprosessen for E6 Biri-Vingrom og E6 Vingrom-Ensby, og kommunedelplanene ble vedtatt i henholdsvis 2013 og 2018.

Nye Veier utarbeider nå reguleringsplan som legger til rette for utbygging av ny E6 mellom Roterud i Gjøvik kommune og Storhove i Lillehammer kommune (Figur 1). Strekningen er ca. 23 km lang, hvorav 8 km i Gjøvik og 15 km i Lillehammer. Den nye E6 skal bygges som firefelts motorvei med skiltet fartsgrense på 110 km/t.

Mellom Roterud og Øyresvika vil den nye veien følge dagens E6. Mellom Øyresvika og Trosset vil veien legges i tunnel, og fra Trosset vil den krysse Lågendeltaet naturreservat på bru nordøstover mot Våløya og Hovemoen. Fra Hovemoen fortsetter veien nordover mot Storhove, der den møter eksisterende E6 og tilgrensende parsell Storhove-Øyer.

Avlastet E6 mellom Øyresvika og Storhove foreslås omklassifisert til fylkesvei. I forbindelse med behandlingen av kommunedelplan E6 Vingrom–Ensby ble det stilt en rekke krav til tiltak på avlastet veinett. Det utarbeides egen reguleringsplan for tiltak på avlastet E6, som behandles samtidig med planforslaget for E6 Roterud–Storhove.



Figur 1: Opprinnelig planområde for E6 Roterud-Storhove er markert med rødt, og utvidelser med lilla. Avlastet E6 er markert med grønt.

1.2 Syredannende bergarter

Tidligere undersøkelser utført av COWI, Nye Veier, Asplan Viak og NGU i tiltaksområdet har konkludert at bergmassene er potensielt syredannende.

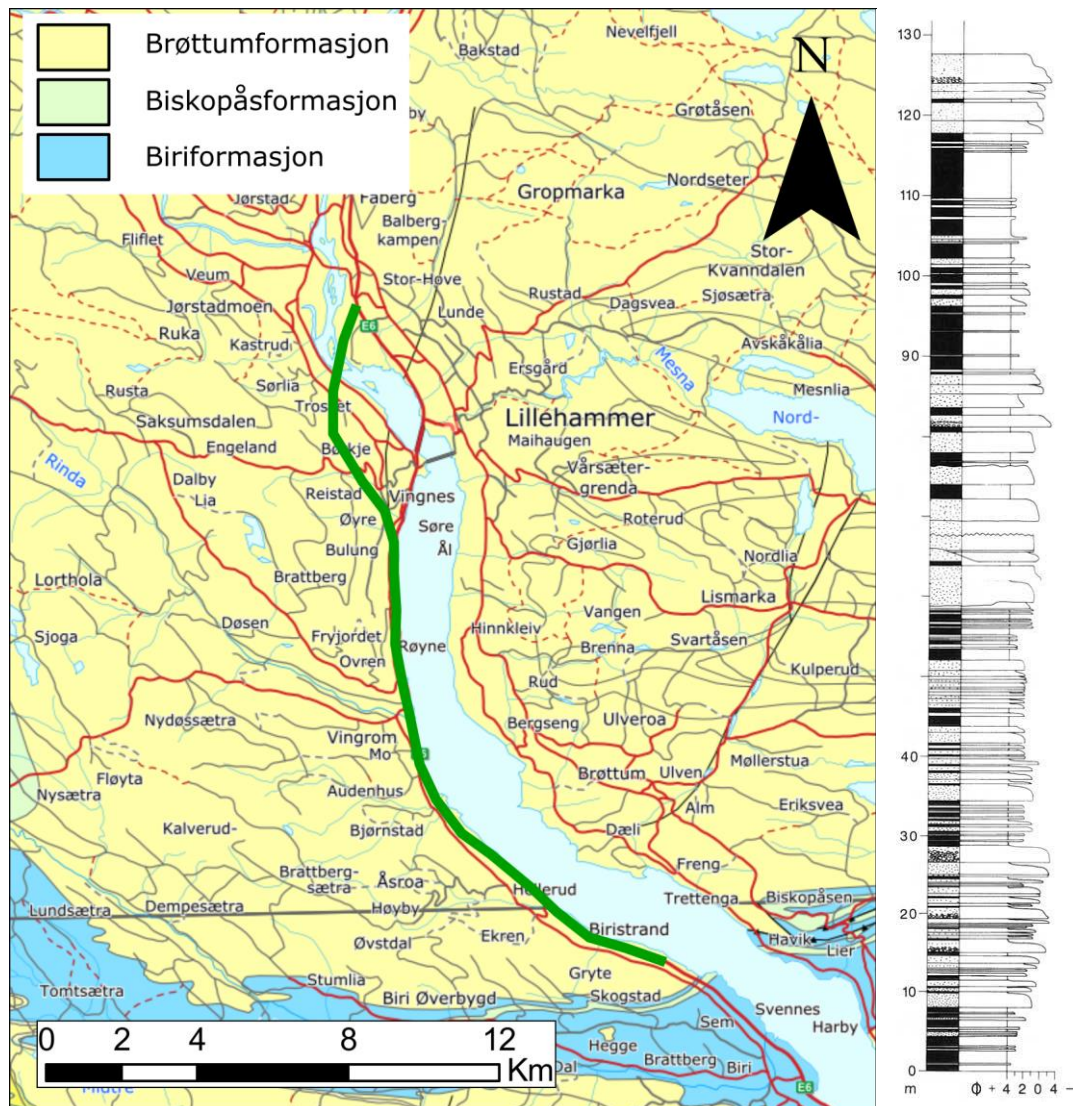
Etter forurensningsforskriften kapittel 2 er syredannende berg som kan medføre forurensning i kontakt med vann og/eller luft klassifisert som forurenset grunn med påfølgende krav om massehåndtering.

Norconsult AS er, i samarbeid med AF Gruppen, i en prosess med å utarbeide en søknad til myndighetene om tillatelse for å kunne gjenbruke potensielt syredannende masser innenfor tiltaksområdet etter forurensningsloven §32 og §11. Søknaden leveres myndighetene etter at reguleringsplanen er levert. Per i dag er det ikke avklart om myndighet vil være Miljødirektoratet eller Statsforvalteren i Innlandet. Det er initiert kontakt med Miljødirektoratet som så må avklare om de ønsker å være myndighet, eller å delegere saken til Statsforvalteren. Følgende rapport gir en oppsummering av de geokjemiske egenskapene til de sedimentære bergartene i Brøttumformasjonen.

2 GEOLOGI

Berggrunnen i tiltaksområdet består av Brøttumformasjonen (Figur 2).

Brøttumformasjonen er minst 3000 meter tykk og dekker et areal på ca. 6000 m² i Mjøsa-området. Den består av vekslende lag med sandstein og svart/grå leirskifer. Den er den eldste formasjonen i Hedmarksgruppen og ble avsatt mellom ca. 740 og 670 millioner år siden. Skiferen utgjør ca. 25 % av det totale volumet og varierer i tykkelse fra noen cm til titalls meter (Nystuen, 1987). Sedimentene er avsatt i en omfattende sekvens av undervannsvifter (og andre systemer som følge av ras osv.) som turbidittavsetninger (Nystuen, 1987). Utbredelsen av Brøttumformasjonen og eksempel på stratigrafisk sekvens er vist i Figur 2.



Figur 2: Venstre: Berggrunnskart over tiltaksområdet. Veglinje er markert med en grønn linje. Høyre: Eksempel av stratigrafisk sekvens fra Brøttumformasjon ved Lillehammer. Leirskifer (svart) varierer i tykkelse og opptrer vekselvis med sandstein (hvit stiplede). Fra Nystuen (1987).

Svarte leirskifre er avsatt under vann under anoksiske (oksygenfattige) forhold. Under anoksiske forhold vil sulfidmineraler dannes, som for eksempel pyritt (Fe_2S). Når svarte leirskifere med høyt innhold av sulfider kommer i kontakt med vann og oksygen, vil sulfidene oksidere og produsere svovelsyre. Syredannelse kan føre til utlekking av tungmetaller, redusert pH i resipienter, og negativ påvirkninger på levende organismer.

Ved mistanke om forekomst av syredannende bergarter er det krav i forurensningsforskriften kapittel 2 om å kartlegge syredannende potensiale av bergartene i tiltaksområdet.

3 VURDERINGSGRUNNLAG

3.1 Gjeldende lovverk for syredannende bergarter

I forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) kapittel 2 § 2-3 er syredannende berg regnet som forurenset grunn dersom ikke annet blir dokumentert. Gjeldende veileder for forurenset grunn er veileder TA-2553/2009, men denne veilederen definerer ikke grenseverdier for syrepotensialet. Tilstandsklasser for tungmetaller er gjengitt i vedlegg 1 til forurensningsforskriften og i veileder TA-2553/2009 «Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn» (Tabell 1). Fastsettelse av klassegrenser er basert på en vurdering av helserisiko knyttet til antropogen forurensning og tar ikke hensyn til økt utlekking av tungmetaller forårsaket av et surt forvitringstilstandsmiljø. Likevel kan tilstandsklasse for tungmetaller brukes for å sammenligne prøvene og gi en pekepinn på forventet utlekkingspotensiale.

Tabell 1: Tilstandsklasser for forurenset grunn og beskrivelse av tilstand.

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	

3.2 Gjeldende veiledere for identifisering av syredannende bergarter

I Norge er følgende veiledere gjeldende for identifisering og håndtering av syredannende bergarter:

- M-310/2015 Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter
- M-385/2015 Deponering av syredannende bergarter
- RIF (2019) Bygging på alunskifer og andre svarte og grå leirskifere
- Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder (2021) Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis

Klassifisering av sedimentære bergarter i henhold til norske veiledere er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Klassifisering av NP:AP.

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

I EU er syredannende bergarter dekket av regelverk som omfatter uttak av stein.

- Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council on the management of waste from the extractive industries.

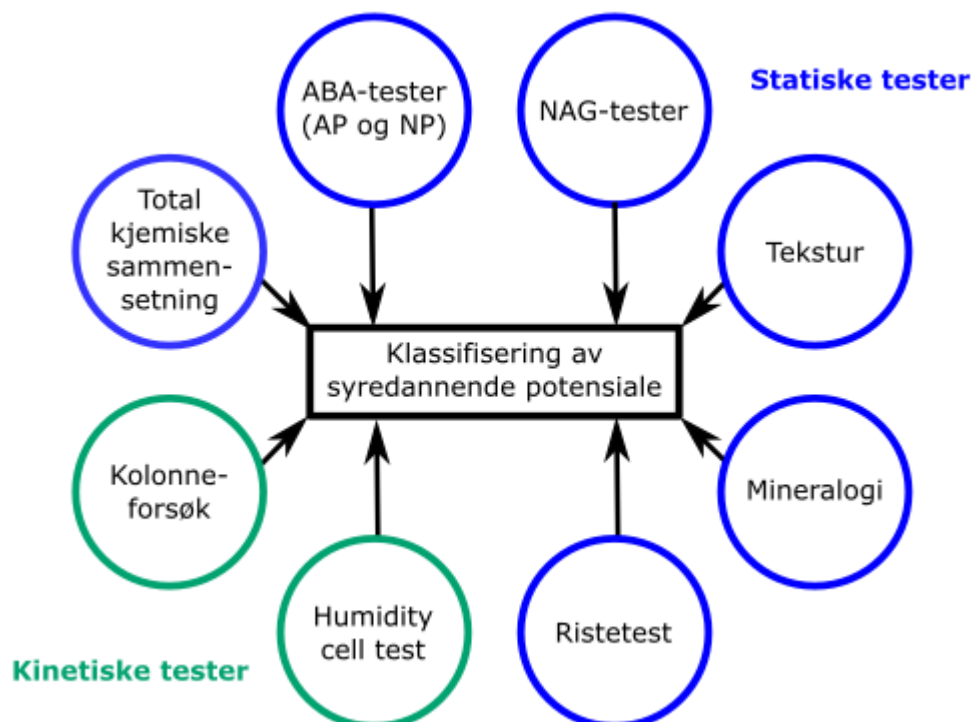
Følgende europeisk veileder oppsummerer anbefalte prosedyrer for karakterisering av stein, inkludert dens syredannende potensiale, med henvisning til relevante standardmetoder.

- CEN/TR 16376:2012 Characterization of waste. Overall guidance document for characterization of waste from the extractive industries.

I tillegg er det tre internasjonale selskaper/konsortia som har publisert hver sin veileder for identifisering av syredannende bergarter basert på industrierfaring og forskning.

- The International Network for Acid Prevention (INAP) (2014) Global Acid Rock Drainage Guide (GARD). [Australia]
- MEND (2009) Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials MEND Report 1.20.1. [Canada]
- AMIRA International (2002) ARD Test Handbook: Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage, AMIRA P387A. [Australia]

Det er viktig å understreke at det ikke er fastsatt grenseverdier, kun gitt veiledende grenseverdier. Dette på grunn av at syredannende potensiale kontrolleres av flere faktorer som er unike for hver bergart, for eksempel mineralogi og kornstørrelse. Alle veilederne understreker behov for flere tester og innsamling av en rekke geokjemiske data for å underbygge konklusjonen om bergartens syredannende potensiale (Figur 3).



Figur 3: Klassifisering av bergartens syredannende potensiale bør baseres på flere tester, både statiske tester og kinetiske tester. Figur adaptert fra GARD-veileder. Forkortelser er definert i Tabell 3.

Tabell 3: Forklaring av forkortelse brukt i tekst.

ABA	Acid-base accounting
AP	Syredannende potensiale
NP	Nøytraliserende potensiale
NAG	Net acid generation
NAG-pH	Indikasjon på forventet pH i eluatet
NAPP	Net acid generation potential (AP-NP)

3.3 Gjeldende regelverk for radioaktive berg

Uranrike, svarte leirskifre er en viktig kilde til radongass. Under gjentatt eksponering (ved innånding) kan radon medføre alvorlige helsemessige konsekvenser som lungekreft. I åpne områder vil radongass raskt fortynnes i store volum av frisk luft.

Fare for oppsamling av radongass er størst i lukkede og dårlig ventilerte områder, som bak tunnelhvelvet eller i tekniske bygg i tunnelen. Arbeidstilsynet anbefaler at grenseverdien på 200 Bq/m³ satt i Byggeteknisk forskrift (TEK17 §13-5) og Strålevern forskriften § 6, 5. ledd for bygning med varig opphold videreføres til underjordiske arbeidsplasser. De anerkjenner likevel at dette kravet for noen arbeidsplasser vil være umulig å opprettholde. Det er derfor satt en øvre anbefalt grense for arbeid i tunneler på 2,1 MBqh/m³ som tilsvarer 1200 Bq/m³ forutsatt 1800 arbeidstimer.

Masser med en total aktivitet på ≥ 1 Bq/g (~80 mg/kg uran) defineres som radioaktivt avfall og skal håndteres i henhold til Avfallsforskriftens regelverk for radioaktivt avfall. Selv om masser defineres som ikke radioaktive bør fare for avrenning med høyt innhold av radionuklider vurderes.

4 RESULTATER

4.1 Tidligere undersøkelser av Brøttumformasjonen

Både kjerneprøver og prøver av berg i dagen har i tidligere faser av prosjektet blitt analysert for den kjemiske sammensetningen. Rapportkilder er nevnt under og en oppsummering av prøver som er analysert er vist i Tabell 4. Plassering av prøvepunktene er vist i Figur 4 og beskrevet i Vedlegg 1.

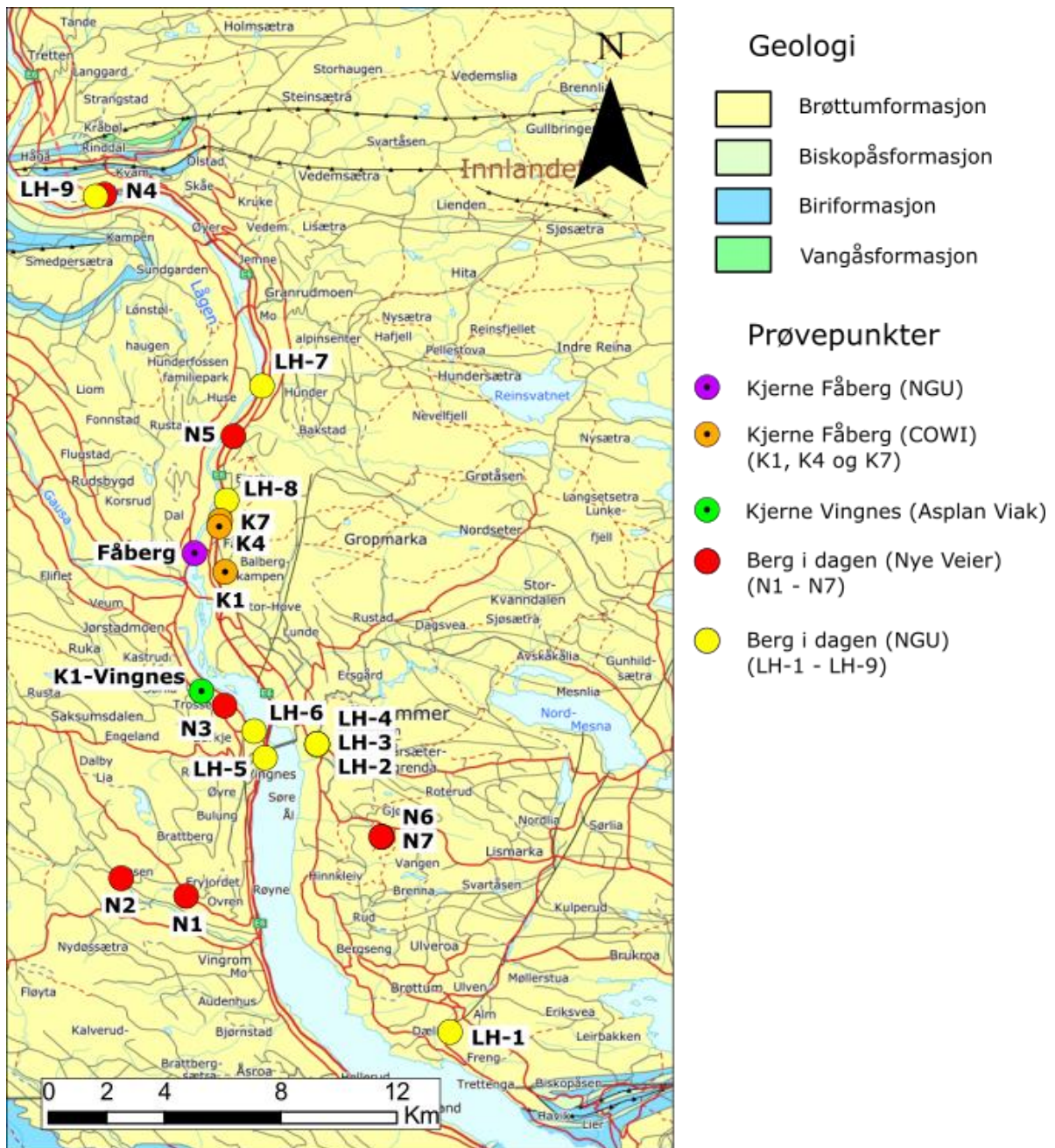
- NGU (2017) Kjemiske analyser av mørke skifre fra Brøttumformasjonen i Lillehammerområdet. NGU rapport 2017.044.
- Nye Veier (2019) E6 Moelv-Otta: Brøttumformsajonen, kjemiske analyser av skifer og vann.
- Asplan Viak (2019) Notat Kjernelogg Vingnestunnelen.
- COWI (2019) Vedlegg 6 Geokjemiske analyserapport kjerneprøver. Kjerneloggingsrapport for ny tunnel ved Fåberg.

Tabell 4: Oversikt over prøver som har vært analysert for «alunskiferpakke»*. Plassering av prøvene er vist i Figur 4.

Prøveserie	Antall prøver	Type	Analyse år	Rapport og analyse
Nx	9	Berg i dagen	2014	Nye Veier / ALS
LH-x	9	Berg i dagen	2017	NGU
Fåberg	13	Kjerne	2017	NGU
K1	7	Kjerne	2019	Asplan Viak / ALS
K7, K4, K1 (Fåberg)	8	Kjerne	2019	COWI / ALS

*konsentrasjoner av hovedoksider, sporelementer, total uorganisk karbon og total svovel.

Analyseresultatene er vist i Tabell 5. Tungmetallkonsentrasjoner er klassifisert etter TA-2553/2009 (Tabell 1) for å lettere sammenligne prøvene. Syredannende potensiale (NP:AP) er beregnet og er fargekodet i henhold til grenseverdier foreløst i veiledere M-310 (Tabell 2).



Figur 4: Kart over hvor prøvene i Tabell 4 har blitt tatt. Fargene på prøvepunkter viser hvem som tok prøven. Navn på prøvepunkter tilsvarer de brukt i Tabell 5.

Tabell 5: Utdrag av de geokjemiske analyseresultatene. Fullstendig analyseresultater finnes i rapportene henvisst til i begynnelsen av dette kapittelet. Prøvelokalitetene er vist i Figur 4. TC er totalt karbon og TIC er totalt uorganisk karbon. i.a. = ikke analysert. Metaller er klassifisert etter TA-2553 (se Tabell 1 for fargekoding) for å lettere sammenligne prøvene.. NP:AP er klassifisert etter M-310 (se Tabell 2 for fargekoding).

Prøvenavn		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Th	U	S	TC	TIC	NP:AP*
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	
Normverdi		8	1,5	50	100	1	60	60	200	-	-	-	-	-	
Kjerne Fåberg (NGU)	132151	<10	<10	62,8	30,4	i.a.	42,6	24,5	128	17,4	5,1	8700	2,05	i.a.	
	132153	<10	<10	17,4	<5	i.a.	8,7	5,7	13,4	5,7	<5	<1000	1,42	i.a.	
	136548	13	<10	54,8	35,2	i.a.	47,4	51,1	151	26,6	7,9	9400	1,42	i.a.	
	132156	33	<10	83	107	i.a.	70,7	39	357	29,1	14,1	18900	4,31	i.a.	
	136549	<10	<10	70	21,1	i.a.	38,8	34,5	153	17,2	<5	5400	0,687	i.a.	
	136547	16	<10	53,6	39,5	i.a.	42,9	21,2	202	24,9	7,8	21700	2,19	i.a.	
	132161	<10	<10	39,8	17,3	i.a.	17,7	18,3	86,8	12,8	<5	3600	0,456	i.a.	
	132163	12	<10	72,2	20,6	i.a.	48,7	58,8	106	24,5	6,3	13000	1,75	i.a.	
	136550	<10	<10	56,2	5,6	i.a.	21,1	12,3	49,3	5,8	<5	<1000	0,206	i.a.	
	132165	<10	<10	82,3	63,7	i.a.	35	35,1	210	21	<5	17100	0,829	i.a.	
	132166	<10	<10	99,2	28,9	i.a.	37,4	15	132	14,6	<5	10300	0,325	i.a.	
	132167	17	<10	82,3	39,8	i.a.	48,1	57,6	188	19	5,4	14900	1,47	i.a.	
	136546	10	<10	146	26,8	i.a.	29	22,9	117	13,2	<5	6800	0,457	i.a.	
Berg i dagen (Nye Veier)	N1	12,8	0,0645	54,7	18,5	0,0608	16,9	24	43	23,4	4,49	8680	i.a.	<0,1	0
	N2a	10,7	0,253	49,9	29	0,0505	33,3	24,2	180	18,2	4,49	6900	i.a.	<0,1	0
	N2b	36,2	0,0664	57	41,5	0,135	36,1	66,3	54,1	26,8	4,84	25800	i.a.	0,16	0,2
	N3a	10,5	0,276	51,1	47,8	0,0637	42,1	32,2	169	22,8	5,95	20300	i.a.	<0,1	0
	N3b	11,9	0,212	41,9	42,3	0,0619	35,3	27,2	119	17,1	4,85	19500	i.a.	0,21	0,3
	N4	26,6	1,49	93,4	95,1	0,0783	78	57,2	181	27,3	4,24	54000	i.a.	<0,1	0
	N5	7,26	0,0517	45	7	0,0951	8,63	32,4	41	13,5	4,18	10300	i.a.	<0,1	0
	N6	13,3	0,0721	59	40,8	0,047	36	37,4	62,3	21,3	4,55	13800	i.a.	<0,1	0
N7	12,8	0,0826	63,7	45	0,0613	44,3	36,6	96	22,3	6,37	18700	i.a.	0,11	0,2	
B e	LH-1	<10	<10	51,5	20	i.a.	25,1	16,8	106	17,7	5,7	4800	i.a.	i.a.	

	LH-2	<10	<10	60,2	17,7	i.a.	20,5	46,2	52,6	25,4	6,1	6100	i.a.	i.a.	
	LH-3	<10	<10	52,9	22,4	i.a.	24,6	21,4	122	14,8	5	3800	i.a.	i.a.	
	LH-4	<10	<10	52,3	28,8	i.a.	28,6	30,2	84,3	19,8	5,4	5100	i.a.	i.a.	
	LH-5	14	<10	97,7	54,5	i.a.	39	29,9	102	23,5	7,5	17000	i.a.	i.a.	
	LH-6	11	<10	65,9	22,7	i.a.	27,3	14,6	146	12,5	<5	7500	i.a.	i.a.	
	LH-7	<10	<10	35,6	22,6	i.a.	22,6	25,2	115	12,1	<5	5800	i.a.	i.a.	
	LH-8	<10	<10	55,4	27,8	i.a.	26	25,7	148	19	5,7	5800	i.a.	i.a.	
	LH-9	<10	<10	78,9	36,1	i.a.	28,1	14,7	114	19,8	5,1	5200	i.a.	i.a.	
	Kjerne Vingnes (Asplan Viak)	K1-1	5,99	0,217	58,1	48,9	<0,02	37,4	19,9	116	27	6,8	4470	i.a.	0,173
K1-2		9,91	0,0629	52,7	38	0,0285	42	49	63,5	19,7	4,83	16200	i.a.	0,297	0,5
K1-3		6,67	0,217	48,5	42,2	0,0333	32,7	24,4	125	18,9	4,62	12300	i.a.	0,042	0,1
K1-4		6,04	0,078	50,6	56,9	<0,02	39,6	32,4	77,8	25,1	6,13	9770	i.a.	0,081	0,2
K1-5		4,36	0,981	51,2	41,5	<0,03	33	21,3	132	16,8	4,78	6370	i.a.	0,063	0,3
K1-6		13,9	0,105	51	47,7	0,0575	35,9	66,2	77,7	21,8	5,56	20000	i.a.	0,051	0,1
K1-7		10,9	0,288	44,2	51,1	0,0486	41,1	37,5	122	19,8	5,31	25900	i.a.	0,16	0,2
Kjerne Fåberg (COWI)	K4 (18,00-18,10)	17,6	1,52	52,3	94,9	0,0448	60,1	28,9	298	26,6	7,43	38500	i.a.	0,414	0,3
	K4 (21,70-21,80)	8,80	0,311	43,1	58,6	0,0470	36,0	20,5	150	20,1	4,87	14400	i.a.	0,582	1,1
	K4 (29.65-29.75)	16,7	0,749	50,8	53,0	0,0682	50,7	26,8	189	21,6	6,04	34600	i.a.	0,252	0,2
	K4 (30.80-31.00)	8,22	0,35	39,6	25,8	0,0303	49,1	12,0	119	12,8	3,61	15700	i.a.	0,252	0,4
	K4 (27.2-57.3)	12,5	2,27	46,4	67,5	0,0521	60,2	26,9	286	14,7	6,42	16700	i.a.	0,086	0,1
	K1 (39.40-39.45)	8,31	0,0953	59,4	43,5	0,0407	36,9	43,2	74,9	32,4	7,12	18000	i.a.	0,032	0,0
	K7 (34.4-34.5)	<3	<0,04	45,0	2,99	<0,02	18,9	6,95	64,8	13,0	3,38	309	i.a.	0,049	4,2
K7 (65-65.2)	9,85	0,0541	49,8	40,0	0,0389	44,7	29,0	117	21,4	5,43	14900	i.a.	0,376	0,7	

* AP = 31,25 * 10000 * S(mg/kg)

NP = 83,33 * TIC (%)

4.2 Nye undersøkelser av Brøttumformasjonen

I denne fasen av prosjektet har seks nye prøver fra K1 blitt analysert for mineralogi, i tillegg til ABA- (AP/NP etter EN 15875:2011) og NAG-tester.

Svart leirskifer fra Brøttumsformasjonen er potensielt syredannende. Fem prøver fra K1 (Vingnestunnelen) ble sendt til laboratorium (ALS Piteå): tre svarte leirskifer, en grå leirskifer og en sandstein (Tabell 6). Disse prøvene ble analysert for mineralogi (XRD). Det ble lagd tre blandprøver (Tabell 7) med forskjellige blandingsforhold mellom sandstein og leirskifer. Andel av hver bergartstype i «blandprøve 5» samsvarer med sammensetning i kjerne K1 (Vingnestunnelen). Tre svarte leirskiferprøver pluss tre blandprøver ble analysert for ABA og NAG (Tabell 3).

Tabell 6: Beskrivelse av bergartsprøve fra K1 (Vingnestunnelen)

Prøvenavn	Bergart	Dyp (m)
K1-SA	Svart leirskifer	64,40
K1-SB	Svart leirskifer	66,00
K1-SC	Svart leirskifer	89,80
K1-SS	Sandstein	20,20
K1-GS1	Grå leirskifer	68,90

Tabell 7: Sammensetning av de tre blandprøvene i %.

Prøvenavn	K1-SA	K1-SB	K1-SC	K1-SS	K1-GS1
Blandprøve 4	17	16	17	50	0
Blandprøve 5	10	10	10	50	20
Blandprøve 6	10	10	10	20	50

Fullstendige analyseresultater er vist i vedlegg A og B.

4.2.1 ABA-tester

ABA står for «acid base accounting». Testene består av to deler. Den første delen måler prøvens syredannende potensiale og den andre delen måler prøvens nøytraliserende potensiale. Forhold mellom de to tallene gir en indikasjon over sannsynlighet for at syredannende forhold oppstår.

Prøvene ble analysert i henhold til EN 15875:2011 «Karakterisering av avfall. Statisk prøving for bestemmelse av syredannende potensiale og nøytraliserende potensiale til sulfidholdig avfall».

Svovel og karbon analyseresultater er vist i Tabell 8.

Tabell 8: Svovel og karbon analyseresultater.

Prøve	Total S	S _{sulfat}	S _{sulfid}	Total C	C _{organisk}	C _{uorganisk}
	%	%	%	%	%	%
K1-SA	1,59	0,04	1,55	0,60	0,49	0,11
K1-SB	3,10	0,04	3,06	1,37	1,14	0,23
K1-SC	2,87	0,04	2,83	1,06	0,91	0,15
Blandprøve 4	1,39	0,03	1,36	0,80	0,41	0,39
Blandprøve 5	0,91	0,04	0,87	0,63	0,26	0,37
Blandprøve 6	1,04	0,03	1,01	0,50	0,30	0,20

Syredannende potensiale (AP) i kg CaCO₃/tonn er beregnet basert på mengde svovel i sulfidminerale:

$$AP = 31,25 \times \%S_{sulfid}$$

For å finne ut nøytraliserende potensiale (NP) tilsettes det 1 M HCl for å løse opp lettforvitret karbonatminerale. Væske titreres med 0,1M NaOH til pH 8,3. Basert på volum base brukt, kan NP beregnes.

NPR (nøytraliserende potensiale forhold) er lik NP:AP.

NNP (netto nøytraliserende potensiale) er forskjell mellom NP og AP.

Analyseresultatene for AP, NP, NPR og NNP er vist i Tabell 9.

Tabell 9: NP, AP, NPR og NNP analyseresultater.

Prøve	NP	AP	NPR	NNP
	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t		kg CaCO ₃ /t
K1-SA	7	48,4	0,13	-42
K1-SB	5	95,6	0,05	-91
K1-SC	7	88,4	0,07	-82
Blandprøve 4	20	42,5	0,46	-23
Blandprøve 5	18	27,2	0,66	-9
Blandprøve 6	9	31,6	0,29	-23

I henhold til EN 15875:2011 er prøver med en NPR < 1 klassifisert som potensielt syredannende. Det vil si at alle prøvene, inkludert blandprøvene, er klassifisert som potensielt syredannende iht. de utførte ABA-testene.

4.2.2 NAG-tester

NAG står for «net acid generation». Testen måler syredannelse etter at både syredannende og nøytraliserende reaksjoner er igangsatt samtidig.

Hydrogenperoksid (H_2O_2) er tilsatt prøven. Etter ca. 12 timer er gjenværende H_2O_2 fjernet med koking. Etter at væsken er avkjølt til romtemperatur er pH målt (NAG pH). Væske er titrert til pH 4,5 (NAG pH 4,5) og deretter pH 7,0 (NAG pH 7,0). Resultater fra titreringer er brukt til å beregne netto mengde syre generert.

Tabell 10: NAG-test analyseresultater.

Prøve	NAG pH 4,5	NAG pH 7,0	NAG pH
	kg H_2SO_4/t	kg H_2SO_4/t	
K1-SA	9,6	13,9	2,8
K1-SB	46,5	53,9	2,2
K1-SC	40,6	49,6	2,2
Blandprøve 4	<0,01	0,2	6,7
Blandprøve 5	<0,01	<0,01	8,4
Blandprøve 6	<0,01	<0,01	7,1

Svart leirskifer-prøvene har lav NAG-pH (pH < 4,5) og netto syredannelse. I motsetning har blandprøvene negliserbar syredannelse og en NAG-pH rundt 7. NAG-resultatene indikerer at svart leirskifer-prøver er potensielt syredannende mens blandprøvene ikke er det.

4.2.3 XRD

XRD er en teknikk som kvantifiserer mineralogi i en stein. Syredannende potensiale kan vurderes basert på forekomst av mineraler som kan danne syre (f. eks. pyritt) samt de som kan nøytralisere evt. syredannelse (f. eks. karbonater).

Mineralogi av de fem bergartsprøvene er vist i Tabell 11.

Resultatene viser at skiferen i hovedsak består av kvarts, feltspat og sjiktsilikater (muskovit og kloritt), samt mellom 6 – 15 % pyritt. Sandsteinen består i hovedsak av kvarts og feltspat med noe ankeritt (en type karbonatmineral) og sjiktsilikater.

Tabell 11: XRD analyse av prøvene.

Mineral eller mineralgruppe	K1-SA svart leirskifer	K1-SB svart leirskifer	K1-SC svart leirskifer	K1-SS sandstein	K1-GS1 grå leirskifer
	Vekt %				
Pyritt	6	15	13	1	3
Leireminerale	2	1	1	< 1	1
Kaolinit	3	1	2	0	2
Illitt	1	2	2	< 1	< 1
Kloritt	14	4	7	1	7
Biottgruppen	7	10	10	1	2
Muskovitt	24	23	30	1	5
Plagioklas	17	14	13	29	27
K-feldspat	0	0	0	10	16
K-feldspat og/eller rutil	4	5	3	0	0
Kvarts	22	24	19	53	37
Dolomitt - ankeritt	0	0	0	4	0
Sideritt	0	1	1	0	0

4.2.4 Videre arbeid

Det er innledet et samarbeid med Institutt for Geofag ved Universitet i Oslo for å ytterligere karakterisere den syredannende potensiale av svart leirskifer fra Brøttumsformasjonen.

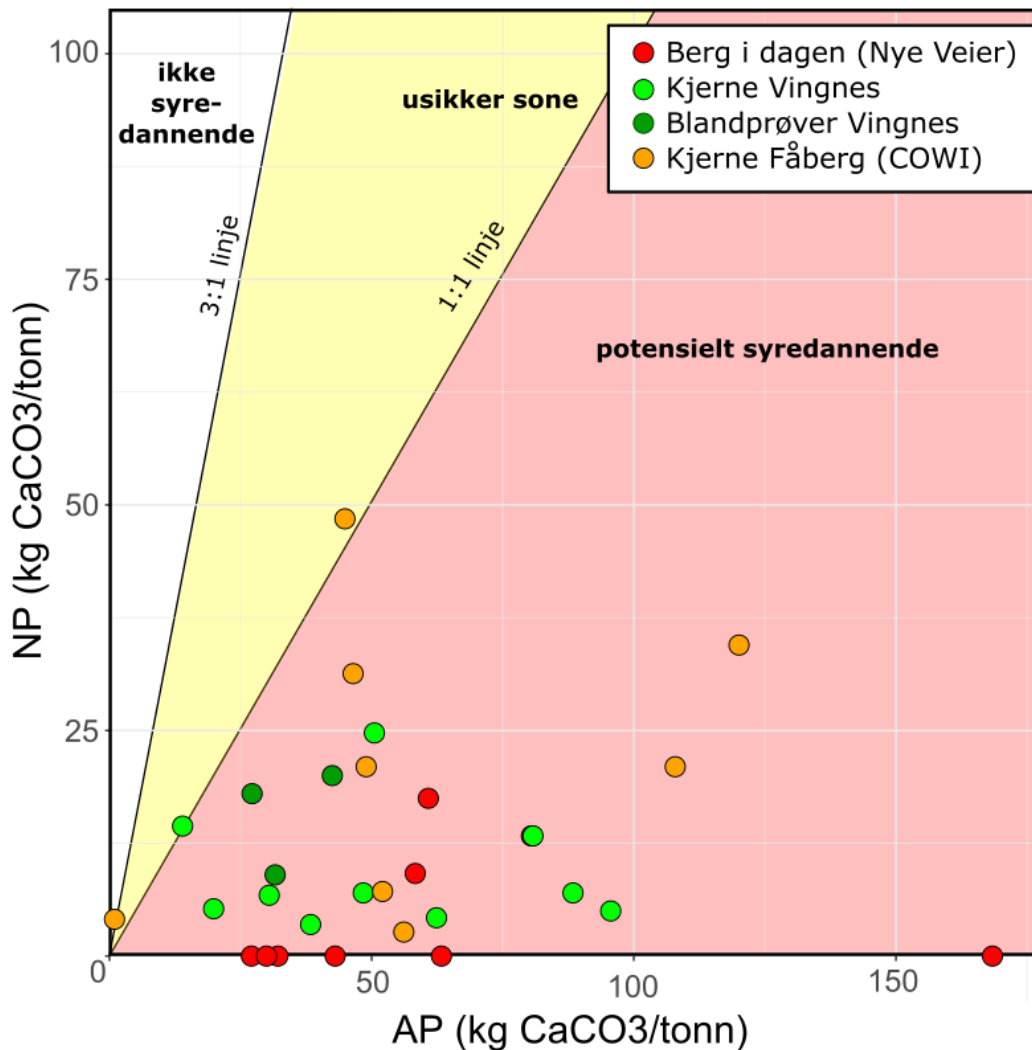
Dette arbeidet omfatter utlekkingsstester av forvitret og uforvitret stein, mineralogi (tynnslipsstudier) og geokjemisk modellering.

I tillegg er det pågående undersøkelser i felt. Det er planlagt 4 nye kjerner og 7 hammerhull. Bergartsfordeling i kjernene skal logges. Kjernene og borkaks skal logges med håndholdt XRF og utvalgte prøver sendes til akkreditert laboratorium for analyse av «alunskiferpakke». De videre undersøkelsene vil gi bedre svar på andel syredannende og nøytraliserende stein i prosjektet og hvilke utlekkingssegenskaper steinen har.

5 DISKUSJON

5.1 Syredannende forhold

Basert på en NP:AP klassifisering (M-310) er 27 av 30¹ av de prøvetatte svarte leirskiferprøvene i Brøttumformasjonen klassifisert som potensielt syredannende (Figur 5).

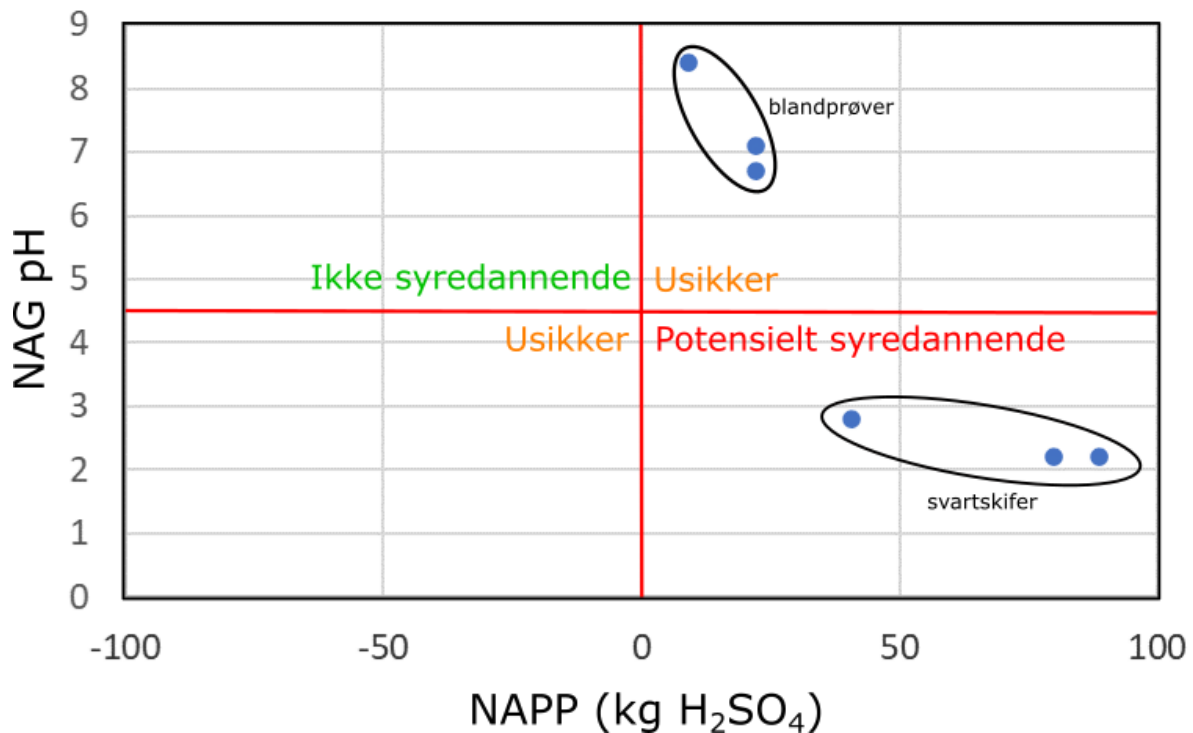


Figur 5: Nøytraliserende potensiale (NP) mot syredannende potensiale (AP). AP er beregnet med totalt svovel (iht. M-310). Kun prøver med analyse av totalt svovel og totalt uorganisk karbon er plottet.

I kjernen K1 er andel svart leirskifer anslått til ca. 30%. Den forekommer ofte i veksling med grå leirskifer og sandstein. I naturen vil sandstein og grå leirskifer bidra til nøytraliseringskapasiteten. For å undersøke samlet syredannende potensiale ble det laget tre blandprøver som besto av varierende andel av svart leirskifer, grå leirskifer og sandstein.

¹ Flere prøver har vært prøvetatt, men ikke alle hadde riktig kjemiske analyse for å kunne beregne AP og NP.

Tre svarte leirskifre og tre blandprøver ble analysert for NP:AP og NAG-pH. Resultater er vist i Figur 6.



Figur 6: NAG pH vs NAPP. Svart leirskifer-prøver er potensielt syredannende mens klassifisering av blandprøvene er usikre.

Svart leirskifer-prøver er klassifisert som potensielt syredannende mens blandprøver er klassifisert som «usikker» fordi NP:AP analyse og NAG-pH ga motstridende resultater.

Mulige årsaker til de motstridende resultatene mellom NP:AP og NAG-pH for blandprøvene er:

- AP/NP analyser tar ikke hensyn til mineralogi, f. eks. i hvilke mineraler S forekommer, eller kinetiske faktorer, f.eks. kornstørrelse (finfordelt pyritt vil reagere fortere enn stor pyritt krystaller).
- NP er basert på uorganisk karbonat. Andre mineraler kan bidra til nøytraliseringsreaksjoner.

5.2 Tungmetaller

Syredannende reaksjoner kan føre til utlekking av miljøgifter som tungmetaller (f. eks. Ni, Cu, Zn). Høy utlekking forekommer ofte fra alunskifer og svart leirskifer da disse bergartene har forhøyede konsentrasjoner av disse metallene.

Sammenlignet med andre svarte leirskifre har Brøttumformasjonen lave konsentrasjoner av tungmetaller (Tabell 12). Sammenlignet med klasse i TA-2553 [3] er konsentrasjoner av 6 av

8 tungmetaller under normverdi. Arsen- og kromkonsentrasjoner tilsvarer tilstandsklasse 2. Hvis prøvene hadde vært jord, hadde de blitt klassifisert som lett forurenset.

Tabell 12: Gjennomsnittskonsentrasjon og standardavvik (1SD) av 8 tungmetaller og uran sammenlignet med normverdier i TA-2553 [3] og svart leireskifer [4]. Verdier under normverdi er fargelagt blått og verdier som tilsvarer tilstandsklasse 2 er fargelagt grønt. i.a. = ikke analysert; i.p. = ikke påvist.

Stoff	Enhet	Norm-verdi	Svart leireskifer ¹	Nx	LH-x	Fåberg NGU	Fåberg COWI	K1 Vingnes
As	mg/kg	8	121	15.8±9.3	12.5±2.1	16.8±8.3	11.7±4.0	8.3±3.4
Cd	mg/kg	1.5	5.8	0.3±0.5	i.p.	i.p.	0.8±0.8	0.3±0.3
Cr	mg/kg	50	80.8	57.3±15.1	61.2±18.0	70.7±31.0	48.3±6.2	50.9±4.2
Cu	mg/kg	100	157	40.8±24.5	28.1±11.3	36.3±26.5	48.3±27.6	46.6±6.5
Hg	mg/kg	1	i.a.	0.07±0.03	i.a.	i.a.	0.05±0.01	0.04±0.01
Ni	mg/kg	60	163	36.7±19.3	26.9±5.2	37.5±16.0	44.6±13.8	37.4±3.7
Pb	mg/kg	60	27.1	37.5±14.7	25.0±10.0	30.5±17.3	24.3±11.2	35.8±16.9
Zn	mg/kg	200	297	105.0±59.3	110±29.5	146±85.1	162.3±89.2	102±28
U	mg/kg		72.4	4.9±0.8	5.8±0.8	7.8±3.3	5.5±1.5	5.4±0.8

¹Gjennomsnitt av 11 svart leirskiferprøver fra Degerhamn, Sverige [4].

5.3 Radioaktivitet

Svart leirskifer kan ha høy konsentrasjon av uran som fører til forhøyet utslipp av radongass og stråling. Urankonsentrasjon varierer fra 3 til 14 mg/kg med et gjennomsnitt på 6 mg/kg. Ifølge M-310 har en skifer med uraninnhold mindre enn 50 mg/kg tilnærmet neglisjerbar stråling. Det er dermed ikke påkrevd at stein sendes til et deponi med utslippstillatelse for radioaktive nuklider.

5.4 Avrenning

Tungmetall- og urankonsentrasjoner er lave i prøver fra Brøttumformasjonen og det er dermed ikke forventet at avrenning vil inneholde like forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller og uran som alunskifer.

Risiko for utlekking av tungmetaller er vurdert lav hvis summen av fem tungmetaller (Zn, Pb, Cd, Ni, Cu) i stein er lavere enn 1000 mg/kg (Parbhakar-Fox et al. 2011). Prøvene fra Brøttumformasjon hadde en gjennomsnittlig tungmetallkonsentrasjon på 233 mg/kg (28 – 574 mg/kg). Risiko for en forringelse i vannkvalitet forårsaket av en økning i tungmetallkonsentrasjoner i resipienten er dermed vurdert til å være lav.

Det er derimot et reell potensiale for syredannelse som kan føre til lave pH-verdier i avrenning. Som beskrevet i kapittel 4.2.4 er det planlagt utlekkingstester for å danne et bedre grunnlag til å vurdere omfang av utlekking av tungmetaller og konsekvenser for resipient.

5.5 Oppsummering

Basert på tidligere stratigrafisk kartlegging forventes det at ca. 25% av steinvolumet fra tiltaket vil være svart leirskifer (Nystuen, 1987). Geologisk logging av nye kjerner vil gi mer nøyaktig informasjon om forventet andel svart leirskifer langs det planlagte tunnelløpet.

Geokjemiske analyser av den svarte leirskiferen viser at den er klassifisert som *potensielt* syredannende i henhold til M-310. Det er nå igangsatt videre undersøkelser for å danne bedre grunnlag til en vurdering av forventet syredannende potensiale.

Forekomsten av svart leirskifer som lag av varierende tykkelse sammen med sandstein betyr at det i praksis vil være svært utfordrende å skille ut syredannende berg. Det er derfor planlagt mer undersøkelser av blandprøver (svart leirskifer og sandstein) for å se på netto syredannende potensiale når det nøytraliserende potensialet av sandstein er tatt med i betraktning.

Tiltak må iverksettes i anleggsfasen for å håndtere disse massene på en forsvarlig måte som ikke medfører skade til ytre miljø, ellers må massene sendes til et godkjent deponi for syredannende masser. Aktuelle tiltak vil bli beskrevet i en søknad til myndighetene og baseres på anbefalinger i M-385 samt erfaringer fra andre samferdselsprosjekter.

6 NYTTIGJØRING AV STEIN

Overskuddsmasser av jord og stein fra anleggsvirksomhet som ikke skal brukes på samme lokalitet som de er gravd opp, vil være å anse som næringsavfall (M-1243, Miljødirektoratet 2018). Næringsavfall skal som hovedregel leveres til et lovlig mottak. Dette følger av forurensningsloven §32, andre ledd. Annen disponering vil kreve en søknad til Miljødirektoratet for unntak av forurensningsloven §32, andre ledd. I tillegg vil det være nødvendig å innhente tillatelse etter forurensningsloven §11, dersom avfallsdisponeringen medfører fare for forurensning. Dette er aktuelt ved deponering av potensielt syredannende bergarter. Konsekvenser av tiltaket må også vurderes mot naturmangfoldloven og vannforskriften.

Det vil produseres steinmasser ved uttak av veillinjen, skjæringer og tunnel. I tillegg vil det produseres masser med de samme geokjemiske egenskaper som stein fra bunnrensk og boring under tunneldrivingen. Det er behov for stein i oppbygging av veikroppen, utfylling i vann og bygging av støyvoller osv. Gjenbruk av kortreiste steinmasser er foretrukket fordi gjenvunnede masser reduserer mengde masser som må til deponi, reduserer transportbehov og behovet for å utvinne nytt byggeråstoff. Ikke syredannende stein kan brukes fritt i tiltaksområdet så lenge massene tilfredsstiller krav til mekaniske egenskaper og kornfraksjoner ift. hvor de planlegges nyttiggjort. Et aktuelle tiltak under tunneldriving er fortløpende kartlegging jmf. RAPP-geo-001 «Ingeniørgeologisk-hydrogeologisk rapport, Vingnestunnelen».

Det vil bli utarbeidet en søknad til myndighetene for tillatelse etter forurensningsloven §32 og §11 for å kunne gjenbruke potensielt syredannende masser innenfor tiltaksområdet. I forbindelse med søknaden vil det bli gjort en risikovurdering ved bruk av potensielt syredannende steinmasser. Risikovurderingen vil inkludere beskrivelse av tiltak for å begrense sur avrenning fra steinmassene og en beskrivelse av hvordan steinmassene skal benyttes på en trygg måte under anleggsarbeidet.

7 KONKLUSJON

Svart leirskifer fra Brøttumformasjonen er potensielt syredannende. Prøvene har derimot lave innhold av tungmetaller og uran sammenlignet med alunskifer og andre svarte leirskifre. For å øke kunnskapen om forvittringsprosessen og danne et bedre grunnlag til å kunne vurdere miljøpåvirkning av syredannende berg i dette prosjektet er det påbegynt utdypende undersøkelser. Undersøkelser omfatter utlekkingstester, modellering og analyse av nye kjerneprøver.

For å kunne nyttiggjøre stein som er potensielt syredannende i prosjektet må det søkes til myndighetene for tillatelse etter forurensningsloven §32 og §11. Per i dag er det ikke avklart om myndighet vil være Miljødirektoratet eller Statsforvalteren i Innlandet. Søknad skal inkludere en miljørisikovurdering og avbøtende tiltak både for anleggs- og driftsfasen av prosjektet. Tiltakene vil bli basert på resultater fra alle undersøkelsene, anbefalinger i M-385 og erfaringer fra andre samferdselsprosjekter.

8 REFERANSER

AMIRA International (2002) ARD Test Handbook: Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage, AMIRA P387A.

CEN (2011) *Characterization of waste – Static test for determination of acid potential and neutralisation potential of sulfidic waste*, EN 15875.

CEN (2012) *Characterization of waste. Overall guidance document for characterization og waste from the extractive industries*, TR 16376.

Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council on the management of waste from the extractive industries.

Endre, E. (2019) *Bygging på alunskifer og andre svarte og grå leirskifere*. RIF veileder.

The International Network for Acid Prevention (INAP) (2014) Global Acid Rock Drainage Guide (GARD)

Lavergren U, Åström ME, Bergbäck B & Homström H (2009) Mobility of trace elements in black shale assessed by leaching tests and sequential chemical extraction, *Geochem. Explor. Environ. Anal.*, **9**, 71–79.

Nystuen J P (1987) Synthesis of the tectonic and sedimentological evolution of the late Proterozoic-early Cambrian Hedmark Basin, the Caledonian Thrust Belt, southern Norway. *Norsk geologisk tidsskrift*, **67**, 395-418.

MEND (2009) Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials MEND Report 1.20.1

NGI (2015) *Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter*. M-310/2015.

NGI (2015) *Deponering av syredannende bergarter. Grunnlag for veileder*. M-385/2015.

Norconsult (2020) E6 Roterud-Storhove – Innledende vurdering av forurenset grunn. Fase 1 undersøkelse. Dokumentnr. RAPP-MIL-005.

Nystuen (1987) Synthesis of the tectonic and sedimentological evolution of the late Proterozoic-early Cambrian Hedmark Basin, the Caledonian Thrust Belt, southern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, **67**, 365-418.

Parbhakar- Fox A K, Edraki M, Walters S & Bradshaw D (2011) Development of a textural index for the prediction of acid rock drainage, *Minerals Engineering*, **24**, 1277-1287.

SFT (2009) Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. TA-2553.

9 VEDLEGG

Vedlegg 1 – Beskrivelse av prøvene fra Brøttumformasjonen samt firma som bestilte analyse.

Vedlegg 2 – ABA og NAG analyseresultater

Vedlegg 3 – XRD resultater

Beskrivelse av prøvene fra Brøttumformasjonen samt firma som bestilte analyse.

Prøvenavn	Ansvarlig	Prøvetyyp	Beskrivelse
132151	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Svartskifer med kvartslag
132153	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Sulfider i sandstein
136548	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Svartskifer med kvartslag
132156	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Svartskifer med pyritt
136549	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Svartskifer
136547	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Svartskifer med sulfider
132161	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Svartskifer med sulfidlag
132163	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Små-kg sandstein
136550	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Grå sandstein
132165	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Mørk skifer med pyrittlag
132166	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Mørk skifer med pyrittlag
132167	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Mørk skifer med pyrittlag
136546	NGU	Kjerneprøve Fåberg	Mørk skifer med pyrittlag
N1	Nye Veier	Berg i dagen	Mørkegrå, jernrik (lilla-mørkebrun), noe gule utfellinger (noen synlige, nålformete) + muligens små pyrittkrystaller
N2a	Nye Veier	Berg i dagen	Mørkegrå, jernrik (lilla-mørkebrun), noe gule og hvite utfellinger (noen synlige, nålformete) + muligens små pyrittkrystaller. Samme lag som N2b
N2b	Nye Veier	Berg i dagen	Mørkegrå, jernrik (dyplilla-mørkebrun), mye gulhvite utfellinger (noen synlige, nålformete) + muligens små pyrittkrystaller. Samme lag som N2a
N3a	Nye Veier	Berg i dagen	Mørkegrå, hvite utfellinger, noen nålformete, muligens små pyrittkrystaller. Samme lag som N3b
N3b	Nye Veier	Berg i dagen	Skifer med utfellinger prøvetatt. Mørkegrå, jernrik (dyplilla-mørkebrun) med et tjukt lag av gulhvite utfellinger og tydelige krystaller, noen nålformete. Samme lag som N3a.
N4	Nye Veier	Berg i dagen	Mørkegrå, jern langs flater, mye pyritt både i linser (på tvers av fyllasjon) og spredt.
N5	Nye Veier	Berg i dagen	Mørkegrå, gulhvite utfellinger uten tydelige krystaller, noe pyritt.
N6	Nye Veier	Berg i dagen	Mørkegrå, jernrik (dyplilla-mørkebrun), noe gule og hvite.
N7	Nye Veier	Berg i dagen	Mørkegrå, jernrik (mørkebrun langs flater), noe gul- og rustfargede utfellinger gjennomgående, noen små pyrittkrystaller.
LH-1	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer
LH-2	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer
LH-3	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer
LH-4	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer
LH-5	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer
LH-6	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer

Prøvenavn	Ansvarlig	Prøvetyyp	Beskrivelse
LH-7	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer
LH-8	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer
LH-9	NGU	Berg i dagen	Mørk skifer
K1-1	Asplan Viak	Kjerneprøve Vingnes	
K1-2	Asplan Viak	Kjerneprøve Vingnes	
K1-3	Asplan Viak	Kjerneprøve Vingnes	
K1-4	Asplan Viak	Kjerneprøve Vingnes	
K1-5	Asplan Viak	Kjerneprøve Vingnes	
K1-6	Asplan Viak	Kjerneprøve Vingnes	
K1-7	Asplan Viak	Kjerneprøve Vingnes	
K4 (18,00-18,10)	COWI AS	Kjerneprøve Fåberg	
K4 (21,70-21,80)	COWI AS	Kjerneprøve Fåberg	
K4 (29.65-29.75)	COWI AS	Kjerneprøve Fåberg	
K4 (30.80-31.00)	COWI AS	Kjerneprøve Fåberg	
K4 (27.2-57.3)	COWI AS	Kjerneprøve Fåberg	
K1 (39.40-39.45)	COWI AS	Kjerneprøve Fåberg	
K7 (34.4-34.5)	COWI AS	Kjerneprøve Fåberg	
K7 (65-65.2)	COWI AS	Kjerneprøve Fåberg	



ALS Scandinavia AB
 Hammarvagen 22
 SE-943 36, Ojebyn
 Phone: +46 911 65 800 Fax: +46 911 60 085
 www.alsglobal.com/geochemistry

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

To: **NORCONSULT AS**
POSTBOKS 8984
7439 TRONDHEIM
NORWAY

Page: 1
 Total # Pages: 4 (A)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 7-AUG-2020
 Account: SATLON

QC CERTIFICATE PI20147435

Project: 5195019 E6 Storhove-Roterud
 P.O. No.: 47-24842-1-302162-1
 This report is for 8 Drill Core samples submitted to our lab in Pitea, Sweden on 9-JUL-2020.

The following have access to data associated with this certificate:
 RUTH VINGERHAGEN

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
CMP-23	Pulp Login - Composite Sample
LOG-22	Sample login - Rcd w/o BarCode
CRU-31	Fine crushing - 70% <2mm
SPL-22Y	Split Sample - Boyd Rotary Splitter
PUL-31	Pulverize up to 250g 85% <75 um
CRU-QC	Crushing QC Test
PUL-QC	Pulverizing QC Test

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
S-CAL19	Sulphide Sulphur (Calculated)	LECO
C-IR07	Total Carbon (IR Spectroscopy)	LECO
C-IR06	Organic Carbon (IR Spectroscopy)	LECO
C-CAL04	Inorganic Carbon	LECO
OA-VOL08EU	AP & NP of Sulphidic Waste	
OA-VOL11	Static Net Acid Generation	
S-IR08	Total Sulphur (IR Spectroscopy)	LECO
S-ICP19	Sulphate Sulphur / By ICP-AES	ICP-AES

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Comments: Samples were received on 9-Jul-2020 and the SSF/Request on 6-Jul-2020.

Signature:

Andrey Tairov, Technical Manager, Ireland



ALS Scandinavia AB
 Hammarvagen 22
 SE-943 36, Ojebyn
 Phone: +46 911 65 800 Fax: +46 911 60 085
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: NORCONSULT AS
 POSTBOKS 8984
 7439 TRONDHEIM
 NORWAY

Page: 2 - A
 Total # Pages: 4 (A)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 7-AUG-2020
 Account: SATLON

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 5195019 E6 Storhove-Roterud

QC CERTIFICATE OF ANALYSIS PI20147435

Sample Description	Method Analyte Units LOD	S-IR08 S %	S-ICP19 S %	C-IR07 C %	C-IR06 C organi %	OA-VOL08EU NP tCaCO3/1Kt	OA-VOL08EU AP tCaCO3/1Kt	OA-VOL08EU NPR Unity	OA-VOL08EU NNP tCaCO3/1Kt	OA-VOL11 NAGpH4.5 kg H2SO4/t	OA-VOL11 NAGpH7.0 kg H2SO4/t	OA-VOL11 pH Unity
		0.01	0.01	0.01	0.01	1	0.3	0.01	1	0.01	0.01	0.1
STANDARDS												
AmmSO4			24.7									
AmmSO4			24.7									
Target Range - Lower Bound			23.0									
Upper Bound			25.5									
GGC-08					0.49							
Target Range - Lower Bound					0.49							
Upper Bound					0.55							
GS310-7		10.95		4.16								
Target Range - Lower Bound		10.50		4.00								
Upper Bound		11.30		4.32								
GS314-6			0.55									
Target Range - Lower Bound			0.53									
Upper Bound			0.59									
KZK-1						61	24.9	2.43	36			
Target Range - Lower Bound						54	22.8	2.21	31			
Upper Bound						64	27.0	2.57	38			
NBM-1						50	8.7	5.73	41			
Target Range - Lower Bound						45	7.8	5.50	38			
Upper Bound						54	9.6	6.36	45			
NCSZC73007					0.85							
Target Range - Lower Bound					0.77							
Upper Bound					0.85							
UTS-2										53.1	58.0	2.5
UTS-2										53.1	58.0	2.5
UTS-2										53.1	58.0	2.5
UTS-2										53.1	58.0	2.5
Target Range - Lower Bound										52.9	57.9	2.1
Upper Bound										60.9	66.8	2.6

Comments: Samples were received on 9-Jul-2020 and the SSF/Request on 6-Jul-2020.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Scandinavia AB
 Hammarvagen 22
 SE-943 36, Ojebyn
 Phone: +46 911 65 800 Fax: +46 911 60 085
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: NORCONSULT AS
 POSTBOKS 8984
 7439 TRONDHEIM
 NORWAY

Page: 3 - A
 Total # Pages: 4 (A)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 7-AUG-2020
 Account: SATLON

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 5195019 E6 Storhove-Roterud

QC CERTIFICATE OF ANALYSIS PI20147435

Method Analyte Units LOD	S-IR08 S %	S-ICP19 S %	C-IR07 C %	C-IR06 C organi %	OA-VOL08EU NP tCaCO3/1Kt	OA-VOL08EU AP tCaCO3/1Kt	OA-VOL08EU NPR Unity	OA-VOL08EU NNP tCaCO3/1Kt	OA-VOL11 NAGpH4.5 kg H2SO4/t	OA-VOL11 NAGpH7.0 kg H2SO4/t	OA-VOL11 pH Unity
Sample Description	0.01	0.01	0.01	0.01	1	0.3	0.01	1	0.01	0.01	0.1
BLANKS											
BLANK				0.02							
Target Range - Lower Bound				<0.01							
Upper Bound				0.02							
BLANK						<0.3					
Target Range - Lower Bound					1.000000000	<0.3	0.010000000	1.000000000			
Upper Bound					2.000000000	0.6	0.020000000	2.000000000			
BLANK		<0.01									
Target Range - Lower Bound		<0.01									
Upper Bound		0.02									
BLANK	<0.01		<0.01								
Target Range - Lower Bound	<0.01		<0.01								
Upper Bound	0.02		0.02								
DUPLICATES											
ORIGINAL	<0.01			0.02							
DUP	<0.01			0.03							
Target Range - Lower Bound	<0.01			<0.01							
Upper Bound	0.02			0.04							
ORIGINAL		0.01									
DUP		0.01									
Target Range - Lower Bound		<0.01									
Upper Bound		0.02									
Composite - Sample 5		0.04									
DUP		0.03									
Target Range - Lower Bound		0.02									
Upper Bound		0.05									
Composite - Sample 6					9	31.6	0.29	-23	<0.01	<0.01	7.1
DUP					9	31.6	0.28	-23	<0.01	<0.01	7.2
Target Range - Lower Bound					8	29.7	0.26	-25	2.24	<0.01	4.5
Upper Bound					10	33.5	0.31	-21	2.50	0.02	5.1

Comments: Samples were received on 9-Jul-2020 and the SSF/Request on 6-Jul-2020.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Scandinavia AB
 Hammarvagen 22
 SE-943 36, Ojebyn
 Phone: +46 911 65 800 Fax: +46 911 60 085
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: **NORCONSULT AS**
POSTBOKS 8984
7439 TRONDHEIM
NORWAY

Page: 4 - A
 Total # Pages: 4 (A)
 Plus Appendix Pages
 Finalized Date: 7-AUG-2020
 Account: SATLON

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 5195019 E6 Storhove-Roterud

QC CERTIFICATE OF ANALYSIS PI20147435

Sample Description	Method Analyte Units LOD	S-IR08 S %	S-ICP19 S %	C-IR07 C %	C-IR06 C organi %	OA-VOL08EU NP tCaCO3/1Kt	OA-VOL08EU AP tCaCO3/1Kt	OA-VOL08EU NPR Unity	OA-VOL08EU NNP tCaCO3/1Kt	OA-VOL11 NAGpH4.5 kg H2SO4/t	OA-VOL11 NAGpH7.0 kg H2SO4/t	OA-VOL11 pH Unity
		0.01	0.01	0.01	0.01	1	0.3	0.01	1	0.01	0.01	0.1

DUPLICATES												
ORIGINAL		<0.01		0.06								
DUP		<0.01		0.08								
Target Range - Lower Bound		<0.01		0.06								
Upper Bound		0.02		0.08								

Comments: Samples were received on 9-Jul-2020 and the SSF/Request on 6-Jul-2020.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****



ALS Scandinavia AB
 Hammarvagen 22
 SE-943 36, Ojebyn
 Phone: +46 911 65 800 Fax: +46 911 60 085
 www.alsglobal.com/geochemistry

To: NORCONSULT AS
 POSTBOKS 8984
 7439 TRONDHEIM
 NORWAY

Page: Appendix 1
 Total # Appendix Pages: 1
 Finalized Date: 7-AUG-2020
 Account: SATLON

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 5195019 E6 Storhove-Roterud

QC CERTIFICATE OF ANALYSIS PI20147435

CERTIFICATE COMMENTS

ANALYTICAL COMMENTS

Applies to Method: OA-VOL08EU Units: tCaCO3/1Kt = tCaCO3/1000t ore
 OA-VOL08EU

ACCREDITATION COMMENTS

Applies to Method: The methods immediately below this line are ISO 17025:2005 Accredited. INAB Registration No: 173T
 C-IR07 S-IR08



LABORATORY ADDRESSES

Applies to Method:	Processed at ALS Pitea located at Hammarvagen 22, SE-943 36, Ojebyn, Sweden.			
	CMP-23	CRU-31	CRU-QC	LOG-22
	PUL-31	PUL-QC	SPL-22Y	WEI-21
Applies to Method:	Processed at ALS Loughrea located at Dublin Road, Loughrea, Co. Galway, Ireland.			
	C-CAL04	C-IR06	C-IR07	OA-VOL08EU
	OA-VOL11	S-CAL19	S-ICP19	S-IR08



A21504 (MIN4593)

ALS Scandinavia for Norconsult AS

SAMPLES RECEIVED

5 samples were submitted to ALS Metallurgy for semi-quantitative XRD analysis.

Sample 1	K1-SA
Sample 2	K1-SB
Sample 3	K1-SC
Sample 4	K1-SS
Sample 5	K1-GS1

SAMPLE PREPARATION

Each sample was pressed into a back-packed sample holder to minimize preferred orientation of the particles. Powder X-ray diffraction (XRD) was used to analyse each sample and a combination of matrix flushing and reference intensity ratio (RIR) derived constants was used in the quantification of the minerals identified in each sample.

ANALYTICAL PROCEDURES

The XRD traces were collected under the following instrument conditions:

XRD	Panalytical Empyrean
Radiation	Co K α 1.789
Generator	40 kV 40 mA
Angular Range	5° to 77° 2 θ
Time/Step	120 s
Step Size	0.0131° 2 θ
Divergence Slit	0.5 °
Anti-Scatter Slit	7.5 mm
Slit Type	Fixed
Detector	PIXcel in linear mode
Rotation Speed	60 rpm

SAMPLES SUBMITTED BY

Patrik Sandberg and David Berglund

ANALYSIS UNDERTAKEN BY

Swati Deol (ALS Metallurgy Mineralogy)

REPORTED BY

Swati Deol (ALS Metallurgy Mineralogy)

REPORT DATE

25 September 2020



RESULTS

The quantitative results shown in the table below have been normalised to 100 %, and the values shown represent the relative proportion of the crystalline material in the sample. Totals greater or smaller than 100 % are due to rounding errors.

Results in the table preceded by an asterisk indicate normally a larger than usual uncertainty in regard to the quantity of the phase reported; for some of the minor and trace phases it might also indicate an uncertainty in regard of the phase itself, or both.

Mineral or mineral group	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5
	K1-SA	K1-SB	K1-SC	K1-SS	K1-GS1
Mass %					
Pyrite	6	15	13	1	3
Clay mineral	2	1	1	< 1	1
Kaolinite	3	1	2	0	2
Illite	1	2	2	< 1	< 1
Chlorite	14	4	7	1	7
Annite - biotite - phlogopite	7	10	10	1	2
Muscovite	24	23	30	1	5
Plagioclase	17	14	13	29	27
K-feldspar	0	0	0	10	16
K-feldspar and/or rutile	4	5	3	0	0
Quartz	22	24	19	53	37
Dolomite - ankerite	0	0	0	4	0
Siderite type carbonate	0	1	1	0	0

COMMENTS

Sample 'K1-SS' might contain trace amount of kaolinite.

Some amorphous material is most likely present.