



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2017.044	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Kjemiske analyser av mørke skifre fra Brøttumformasjonen i Lillehammerområdet			
Forfatter: Arne Bjørlykke, Odleiv Olesen, Torleif Lauritsen og Jasmin Schönenberger		Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Lillehammer	
Fylke: Oppland		Kommune: Lillehammer	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 13	Pris: 70,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: September 2017	Rapportdato: 13.11.2017	Prosjektnr.: 3622.00	Ansvarlig: <i>Marco Brønner</i>
Sammendrag: <p>Rapporten omhandler kjemiske analyser av Brøttumformasjonen som dekker hele Lillehammerområdet fra Øyer og ned til Brøttum. Hovedformålet var å undersøke tungmetallinnholdet i Brøttumformasjonen.</p> <p>På 60-tallet ble det boret et ca. 500 meter dypt borehull i Fåberg, og kjernematerialet er blitt benyttet i de kjemiske analysene. Det ble også tatt noen større og mer representative prøver i veiskjæringer nær E6, Maihaugen og Brøttum.</p> <p>Hovedkonklusjonen er at tungmetallinnholdet i all hovedsak er innenfor dagens krav, med unntak av en urananalyse. Forvitring av sulfider og dannelse av svovelsyre kan allikevel gi tungmetallforgiftning, hvis sprengt stein ligger åpent tilgjengelig for oksygenrikt regnvann</p>			
Emneord:	Berggrunnsgeologi	Kjemiske analyser	
Tungmetallforgiftning			
		Fagrapport	

1. Kjemiske analyser av mørke skifre i Brøttumformasjonen fra Lillehammerområdet

NGU har prøvetatt mørke skifre fra Brøttumformasjonen i NGUs dypborehull på Fåberg. Hullet som ble boret i 1968 til 570 m, er plassert ved vestsiden av brua over Lågen ved Fåberg. For å få et bedre regionalt bilde og for å få større prøver, ble skifrene i Brøttumformasjonen prøvetatt ved det sørlige utløpet av Tretten-Øyer tunnelen, ved kommunegrense mellom Øyer og Lillehammer, på Maihaugen, fra området ved Vingnes gård og ved Dehli gård sør for Lillehammer (se Figur 1). Beskrivelse av de kjemiske analysene er vist i Tabell 3-5.

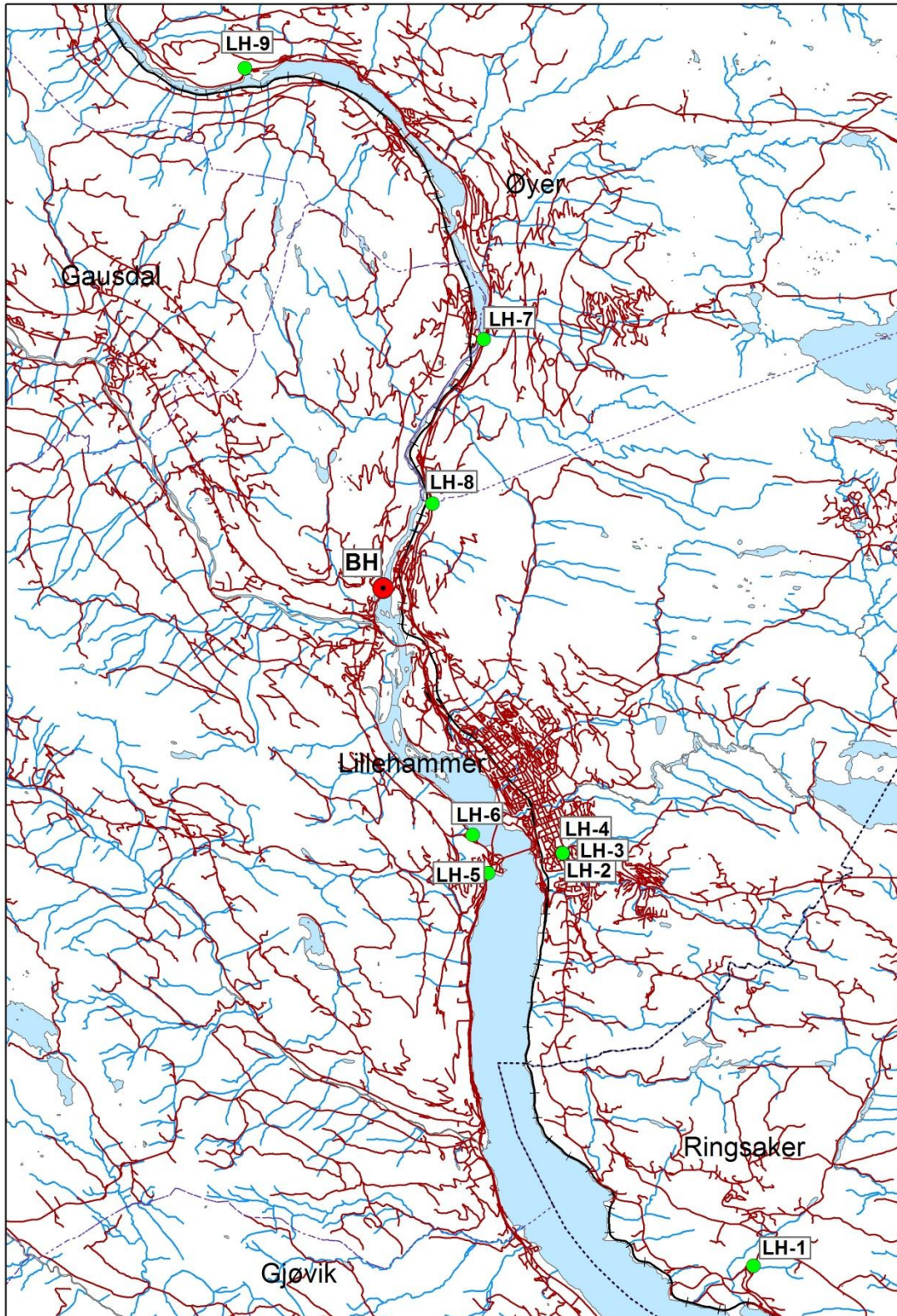
Resultatene (Tabell 6-9) viser at tungmetallinnholdet og svovelinnholdet er gjennomgående høye, men at konsentrasjonene er forholdsvis normale for mørke karbonholdige skifre. Tungmetallinnholdet er gjennomgående høyere i borkjerneprøvene (Tabell 8) sammenlignet med de regionale prøvene (Tabell 9). Dette kan skyldes at prøvetakingen blir mer selektiv ved at det er enklere å identifisere karbon- og sulfidrike soner i borkjernene.

Av analysene ser vi at tungmetallene (Tabell 8 og 9) er generelt høye, spesielt er Zn-innholdet høyt i flere prøver. En av prøvene fra hullet på Fåberg inneholder 14 ppm uran, og dette er over verdien for radonfare, mens den høyeste verdien i de regionale prøvene er 7,5 ppm (gram/tonn). Tungmetallkonsentrasjonene er ikke urovekkende høye, men i kombinasjon med høye svovelverdier, kan oksidasjon av svovel føre til forhøyet løselighet av tungmetallene. Dette ser vi i sørenden av tunnelen på E-6 mellom Tretten og Øyer, hvor mørke skifre fra Brøttumformasjonen er sprengt ut: Prøve LH9 er fra denne tunnelåpningen. Det er her områder med lite vegetasjon som kan indikere forgiftning av tungmetaller eller forgiftning på grunn av forsuring (Figur 2).

2. Konklusjon

Analysene viser gjennomgående normale verdier av tungmetaller og uran i skifrene i Brøttumformasjonen i Lillehammer-området. Det er mulig at mindre partier kan ha problematiske innhold av tungmetall eller uran. Dette bør følges opp under driften av tunnelen og det kan bli aktuelt med tiltak for sprengt stein ikke kommer i direkte kontakt med regnvann eller at noe masse må deponeres spesielt.

Det er god korrelasjon mellom elektrisk ledningsevne til bergartene og karbon/tungmetall innholdet. Dette kan kartlegges ved helikoptermålinger av bergrunnens ledningsevne. Samtidig får en målt urankonsentrasjonene. Geofysiske målinger fra helikopter gir dessuten god støtte i tolkningen av forkastninger og overskyvningssoner.




Figur 1. Kart over prøvepunkt i Lillehammerområdet. Rød sirkel ved Fåberg viser plassering av borehull.



Figur 2. Prøvelokalitet for prøve LH9 ved sørenden av tunnelen på E-6 mellom Tretten og Øyer, hvor mørke skifre fra Brøttumformasjonen er sprengt ut. Lite vegetasjon kan indikere forgiftning av tungmetaller eller forgiftning på grunn av forsuring.

Tabell 1. Prøveliste for utvalgte prøver av svartskifer i et borehull i Fåberg.

 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE - NGU -		Prøveliste for analyser og preparater				ANALYSEKONTRAKT: Dypbørhullet i Fåberg		2017,0127	
		Prosjektnr.: 3622.00 Prosjektleder: Odleiv Olesen Innlevert av: Arne Bjørlykke Dato: 29.08.2017				ANALYSE SPESIFISERES I KONTRAKT			
Løpenr.	NGU prøvenr.	Prøve-ID	UTM-koordinater EUREF89 (WGS 84)			PRØVEBESKRIVELSE: Bergartstype, sediment, jord, vann mm.	SPESIFISERING AV OPPDRAG		
			Sone+NS	Øst (m)	Nord (m)		Analyse	Slip	
1	132151	F-1	sone 32	575217	6782188	Svartskifer med kvartslag	spor/hoved, TS,TC		
2	132153	F-4	sone 32	575217	6782188	sulfider i sandstein	spor, TS,TC		
3	136548	F-5	sone 32	575217	6782188	svartskifer	spor, TS,TC		
4	132156	F-8	sone 32	575217	6782188	Svartskifer med Py	spor/hoved, TS,TC		
5	136549	F-14	sone 32	575217	6782188	Svartskifer	spor, TS,TC		
6	136547	F-16	sone 32	575217	6782188	svartskifer med sulfider	spor, TS,TC		
7	132161	F-17	sone 32	575217	6782188	Svartskifer med sulfidlag	spor, TS,TC		
8	132163	F-19	sone 32	575217	6782188	små-kgf sandstein	spor, TS,TC		
9	136550	F-20	sone 32	575217	6782188	grå sandstein	spor, TS,TC		
10	132165	F-22	sone 32	575217	6782188	Mørk skifer med pyritlag	spor/hoved, TS,TC		
11	132166	F-23	sone 32	575217	6782188	Mørk skifer med pyritlag	spor, TS,TC		
12	132167	F-25	sone 32	575217	6782188	Mørk skifer med pyritlag	spor/hoved, TS,TC		
13	136546	F-26	sone 32	575217	6782188	Mørk skifer med pyritlag	spor, TS,TC		

Tabell 2. Prøveliste for håndstykker av svartskifre samlet inn høsten 2017.

Løpenr.		NGU prøvenr.	Prøve-ID	UTM-kordinater			PRØVEBESKRIVELSE: Bergartstype, sediment, jord, vann mm.	SPESIFISERING AV OPPDRAG	
				EUREF89 (WGS 84)				Analyse	Slip
				Sone+N/S	Øst (m)	Nord (m)			
1	140951	LH-1	sone 32	584001	6765731	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		
2	140952	LH-2	sone 32	579445	6775615	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		
3	140953	LH-3	sone 32	579439	6775623	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		
4	140954	LH-4	sone 32	579432	6775630	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		
5	140955	LH-5	sone 32	577649	6775152	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		
6	140956	LH-6	sone 32	577278	6776068	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		
7	140957	LH-7	sone 32	577548	6787941	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		
8	140958	LH-8	sone 32	576318	6784009	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		
9	140959	LH-9	sone 32	571821	6794436	Brøttum fm. Mørk skifer	XRF-sporelementer		



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Prøveliste for analyser og preparater

ANALYSEKONTRAKT:

2017,0148



Prosjektnr.:
Prosjektleder:
Innlevert av:
Dato:

362200


Odleiv Olesen
Arne Bjørlykke

ANALYSE
SPESIFISERES I
KONTRAKT



Tabell 3. Beskrivelse av XRF-analyser for hovedelementer.

 <p>NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE - NGU -</p>		<p>7491 TRONDHEIM Tlf.: 73 90 40 00 E-post: lab@ngu.no</p>										 <p>NORSK AKKREDITERING TEST 020</p>									
INSTRUMENT:		PANalytical Axios 4 kW XRF (Rh-røntgenrør)																			
METODE:		<p>XRF-analyse av hovedelementer. Metoden er beskrevet i NGU-SD 2.3. Analysene er utført på glasspiller fremstilt ved smelting av 0.6 g prøvemateriale blandet med 4.2 g litiumtetraborat (Li₂B₄O₇). Prøvematerialet er forglødet ved 1000 °C før smelting, og analyse-dataene regnet tilbake til uglødet prøve.</p>																			
MÅLEOMRÅDER, NEDRE BESTEMMELSESGRENSER (LLQ) OG ANALYSEUSIKKERHETER FOR HOVEDELEMENTER. MERK! Alle data er angitt i vekt%.																					
Element / Forbindelse:	SiO ₂ *	Al ₂ O ₃ *	Fe ₂ O ₃ *	TiO ₂ *	MgO*	CaO*	Na ₂ O*	K ₂ O*	MnO*	P ₂ O ₅ *	BaO	Cr ₂ O ₃	CuO	NiO	PbO	SrO	ZnO	V ₂ O ₅	ZrO ₂	SO ₃	
LLQ:	0,5	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01	0,025	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02	0,02	0,1	
Konsentrasjon	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	<p>Analyseresultater for komponentene over gir kun omtrentlige verdier. De er ikke underkastet akkreditering.</p> <p>Et eget analyseprogram (XRF-sporelementer) må benyttes for å fremskaffe fullgode analysedata for disse.</p> <p>Til orientering: høyeste målegrense</p>										
0,01			0,005	0,005		0,005		0,005	0,005	0,005											
0,1		0,010	0,027	0,009	0,036	0,027	0,02	0,031	0,004	0,009											
0,5	0,05	0,031	0,046	0,015	0,062	0,046	0,03	0,054	0,008	0,015											
1	0,09	0,042	0,063	0,021	0,084	0,063	0,04	0,073	0,010	0,021											
5	0,20	0,090	0,135	0,050	0,181	0,135	0,09	0,158	0,050	0,050											
10	0,29	0,127	0,191	0,100	0,254	0,191	0,13	0,222	0,100	0,100											
25	0,45	0,250	0,301		0,401	0,301	0,25	0,351	0,250												
50	0,64	0,500	0,500		0,566	0,500															
75	0,78	0,750	0,750		0,750	0,750															
100	1,00										BaO	Cr ₂ O ₃	CuO	NiO	PbO	SrO	ZnO	V ₂ O ₅	ZrO ₂	SO ₃	
											20	10	8	0,5	10	0,5	0,5	10	1,5	3	
De oppgitte usikkerhetene (±) representerer dekningsfaktor 1 (68 % konfidensintervall), ved å multiplisere med 2 oppnås 95 % konfidensintervall.																					
*) Akkreditert parameter																					
GLØDETAP (LOI):		Glødetap har en nedre bestemmelsesgrense på 0.05 % (absolutt verdi) og en usikkerhet på 2.5 % rel. (95% konfidensintervall). Problemprøver kan ha høyere usikkerhet. Data for glødetap rapporteres uten å sette inn LLQ.																			
PRESISJON:		Det analyseres rutinemessig kontrollprøver som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.																			
Analysekontrakt nr.:		2017,0127				Prøvemateriale: GEOLOGISK MATERIALE															
Antall prøver:		4																			
Anmerkninger:		Ingen																			


Tabell 4. Beskrivelse av XRF-analyser for sporelementer.

	7491 TRONDHEIM Tlf.: 73 90 40 00 E-post: lab@ngu.no															
	INSTRUMENT: PANalytical Axios 4 kW XRF (Rh røntgenrør)															
METODE: XRF-analyse av sporelementer. Metoden er beskrevet i NGU-SD 2.4. Analysene er utført på tabletter fremstilt ved pressing av 9.6 g prøvemateriale iblandet 2.4 g voks																
MÅLEOMRÅDER, NEDRE BESTEMMELSESRENSER (LLQ) OG USIKKERHETER (NB! konsentrasjoner for Cl, F og S er gitt i vel *) Akkreditert parameter																
	Ag	As*	Ba*	Cd	Ce*	Cl	Co*	Cr*	Cs	Cu*	F	Ga*	Hf	La*	Mo*	Nb*
LLQ (mg/kg = ppm):	10	10	10	10	15	0,02	4	5	10	5	0,2	3	5	15	3	5
Måleområde 1 (mg/kg):	10-20	10-20	10-50	10-20	15-30	0.02-0.1	4-50	5-30	10-20	5-20	0.2-1 wt%	3-20	5-10	15-30	3-20	5-10
Usikkerhet 1 (rel. %):	30	30	30	30	50	50	20	20	50	30	50	20	30	30	20	20
Måleområde 2 (mg/kg):	20-50	20-50	50-100	20-50	30-50	0.1-1 wt%	50-100	30-100	20-100	20-100	1-5 wt%	20-50	10-20	30-100	20-50	10-50
Usikkerhet 2 (rel. %):	20	20	20	20	30	30	10	10	25	20	25	10	20	20	10	10
Måleområde 3 (mg/kg):	50-1000	50-1000	100-1 wt%	50-1000	50-500		100-1000	100-2.5 wt%	100-1000	100-1.5 wt%		50-100	20-30	100-1000	50-250	50-1000
Usikkerhet 3 (rel. %):	10	10	10	10	20		5	5	15	10		5	15	10	5	5
	Nd*	Ni*	Pb*	Rb*	S	Sb	Sc*	Sn*	Sr*	Th*	U*	V*	Y*	Zn*	Zr*	
LLQ (mg/kg = ppm):	10	5	5	5	0,1	15	5	5	5	3	5	5	3	5	5	
Måleområde 1 (mg/kg):	10-20	5-50	5-30	5-30	0.1-0.5	15-30	5-50	5-20	5-20	3-30	5-20	5-50	3-30	5-20	5-20	
Usikkerhet 1 (rel. %):	30	20	20	20	50	50	50	30	30	20	20	20	20	20	20	
Måleområde 2 (mg/kg):	20-50	50-100	30-100	30-100	0.5-1 wt%	30-100	50-300	20-50	20-100	30-100	20-50	50-150	30-100	20-100	20-100	
Usikkerhet 2 (rel. %):	20	10	10	10	25	20	20	20	10	10	10	15	10	15	10	
Måleområde 3 (mg/kg):	50-1000	100-4000	100-1000	100-8500		100-1000		50-2000	100-2000	100-1000	50-1000	150-1400	100-1000	100-2000	100-1500	
Usikkerhet 3 (rel. %):	10	5	5	5		15		10	5	5	5	10	5	10	5	
Oppgitte usikkerheter (±) har dekningsfaktor 2 (2 standardavvik), noe som tilsvarer et konfidensintervall på 95 %.																
PREISISJON:	Det analyseres rutinemessig kontrollprøver som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.															
Analysekontrakt nr.:	2017,0127		Prøvemateriale: GEOLOGISK MATERIALE													
Antall prøver:	13															
Anmerkninger:	Verifisering av instrumentkalibrering for XRF- sporelementanalyse akkreditert metode er ikke fullført og derfor omfattes rapporten ikke av akkreditering. Kvalitet for analysedata er sikret gjennom flere kontrollprøver som føres i X-diagram. Svovel-konsentrasjonen i prøvene 132156, 136547, 132163 og 132165-132167 er utenfor instrumentets kalibreringsområde og rapporteres kun til informasjon.															
Delrapport med forside ("Forside_XRF_SPOR") og sider med analysedata ("XRF-SPOR"). Fullstendig analyserapport finnes kun i papirformat. Gjengivelse av analysedata skal skje på en slik måte at meningsinnholdet i rapporten ikke endres.																
Ferdig analysert:	14.09.2017			Clea Fabian						Jasmin Schönenberger						
	Dato			Operatør - preparering						Operatør - rapportering						

Tabell 5. Beskrivelse av analysemetode for svovel og karbon.

 <p>NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE - NGU -</p>	<p>7491 TRONDHEIM Tlf.: 73 90 40 00 E-post: lab@ngu.no</p>	 <p>NORSK AKKREDITERING TEST 020</p>										
INSTRUMENT:	Leco SC-632											
METODER:	BESTEMMELSER AV TOTALT KARBON (TC) / TOTALT SVOVEL (TS) / TOTALT ORGANISK KARBON (TOC) Forbrenningsanalyser i henhold til metodebeskrivelser i NGU-SD 2.14, NGU-SD 2.15 og NGU-SD 2.16.											
I) TOTALT KARBON (TC) Nedre bestemmelsesgrense [% C]: 0,06	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="943 550 1404 582">Analyseusikkerhet</th> </tr> <tr> <th data-bbox="943 582 1256 614">Måleområde</th> <th data-bbox="1256 582 1404 614">Usikkerhet</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="943 614 1256 646">0.06 - 0.4 %</td> <td data-bbox="1256 614 1404 646">± 0.06 %</td> </tr> <tr> <td data-bbox="943 646 1256 678">0.4 - 60 %</td> <td data-bbox="1256 646 1404 678">± 15 % rel.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="943 678 1256 710">60 - 100 %*</td> <td data-bbox="1256 678 1404 710">± 15 % rel.*</td> </tr> </tbody> </table>		Analyseusikkerhet		Måleområde	Usikkerhet	0.06 - 0.4 %	± 0.06 %	0.4 - 60 %	± 15 % rel.	60 - 100 %*	± 15 % rel.*
Analyseusikkerhet												
Måleområde	Usikkerhet											
0.06 - 0.4 %	± 0.06 %											
0.4 - 60 %	± 15 % rel.											
60 - 100 %*	± 15 % rel.*											
II) TOTALT SVOVEL (TS) Nedre bestemmelsesgrense [% S]: 0,02	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="943 726 1404 758">Analyseusikkerhet</th> </tr> <tr> <th data-bbox="943 758 1256 790">Måleområde</th> <th data-bbox="1256 758 1404 790">Usikkerhet</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="943 790 1256 821">0.02 - 2.0 %</td> <td data-bbox="1256 790 1404 821">± 30 % rel.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="943 821 1256 853">2.0 - 52 %</td> <td data-bbox="1256 821 1404 853">± 20 % rel.</td> </tr> </tbody> </table>		Analyseusikkerhet		Måleområde	Usikkerhet	0.02 - 2.0 %	± 30 % rel.	2.0 - 52 %	± 20 % rel.		
Analyseusikkerhet												
Måleområde	Usikkerhet											
0.02 - 2.0 %	± 30 % rel.											
2.0 - 52 %	± 20 % rel.											
III) TOTALT ORGANISK KARBON (TOC) Nedre bestemmelsesgrense [% TOC]: 0,1	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="943 869 1404 901">Analyseusikkerhet</th> </tr> <tr> <th data-bbox="943 901 1256 933">Måleområde</th> <th data-bbox="1256 901 1404 933">Usikkerhet</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="943 933 1256 965">0.1 - 3.0 %</td> <td data-bbox="1256 933 1404 965">± 25 % rel.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="943 965 1256 997">3.0 - 60 %</td> <td data-bbox="1256 965 1404 997">± 20 % rel.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="943 997 1256 1029">60 - 100 %*</td> <td data-bbox="1256 997 1404 1029">± 20 % rel.*</td> </tr> </tbody> </table>		Analyseusikkerhet		Måleområde	Usikkerhet	0.1 - 3.0 %	± 25 % rel.	3.0 - 60 %	± 20 % rel.	60 - 100 %*	± 20 % rel.*
Analyseusikkerhet												
Måleområde	Usikkerhet											
0.1 - 3.0 %	± 25 % rel.											
3.0 - 60 %	± 20 % rel.											
60 - 100 %*	± 20 % rel.*											
	Oppgitte usikkerheter har dekningsfaktor 2 (2 standardavvik), noe som tilsvarer et konfidensintervall på 95 %. *Metoden som benyttes for konsentrasjonsområdet 60 - 100 % omfattes ikke av akkrediteringen											
PRESISJON :	Det analyseres rutinemessig kontrollprøver som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.											
Analysekontrakt nr.:	2017,0127	Prøvematerial: GEOLOGISK MATERIALE										
Antall prøver:	13											
Anmerkninger:	Ingen.											

Tabell 6. Kjemiske analyser av svovel og karbon i prøver fra borehullet i Fåberg.

 <p>NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE - NGU -</p>	7491 TRONDHEIM Tlf.: 73 90 40 00 E-post: lab@ngu.no	
	Prøve ID	Svovel
	[%]	[%]
132151	1,78	2,05
132153	0,266	1,42
136548	2,35	1,42
132156	3,53	4,31
136549	1,08	0,687
136547	6,54	2,19
132161	0,833	0,456
132163	2,61	1,75
136550	0,140	0,206
132165	5,10	0,829
132166	2,72	0,325
132167	3,54	1,47
136546	1,78	0,457

Tabell 7. XRF-analyser av hovedelementer i fire prøver av svartskifre fra Fåberg-borkjernene.

Prøve ID	SiO ₂ *	Al ₂ O ₃ *	Fe ₂ O ₃ *	TiO ₂ *	MgO*	CaO*	Na ₂ O*	K ₂ O*	MnO*	P ₂ O ₅ *	Glødetap*	Sum Hoved	BaO	Cr ₂ O ₃	CuO	NiO	PbO	SrO	ZnO	V ₂ O ₅	ZrO ₂	SO ₃
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
132151	57,7	16,3	7,48	1,11	2,27	1,35	2,23	3,67	0,095	0,330	6,01	98,5	0,088	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,04	0,017	<0,02	0,045	0,45
132156	52,0	17,5	8,19	0,974	2,27	0,994	1,66	4,35	0,114	0,415	9,96	98,5	0,123	<0,02	0,015	<0,01	<0,01	<0,04	0,052	0,025	0,034	0,16
132165	49,1	18,0	13,0	1,03	2,92	1,41	1,40	5,92	0,042	0,322	5,75	98,9	0,160	<0,02	0,011	<0,01	<0,01	<0,04	0,029	0,021	0,036	0,31
132167	52,7	18,0	9,53	0,965	2,68	1,17	1,24	5,20	0,086	0,272	6,56	98,4	0,139	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,04	0,029	0,021	0,027	0,17

Tabell 8. XRF-analyser av sporelementer i 13 prøver av svartskifre fra Fåberg-borkjernene.

Prøve ID	Ag	As*	Ba*	Cd	Ce*	Co*	Cr*	Cu*	Ga*	La*	Mo*	Nb*	Nd*	Ni*	Pb*	Rb*	Sb	Sc*	Sn*	Sr*	Th*	U*	V*	Y*	Zn*	Zr*	Cl	F	S	Hf	
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[%]	[%]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]
132151	<10	<10	793	<10	99	19,9	62,8	30,4	23,4	53	<3	21,5	47	42,6	24,5	156	<15	17,1	<5	124	17,4	5,1	109	44,6	128	314	<0,02	<0,2	0,87	10,9	
132153	<10	<10	373	<10	36	<4	17,4	<5	9,9	17	<3	9,0	22	8,7	5,7	71,1	<15	9,3	<5	133	5,7	<5	36,2	25,0	13,4	324	<0,02	<0,2	<0,1	8,3	
136548	<10	13	1360	<10	185	22,1	54,8	35,2	28,7	110	<3	23,3	74	47,4	51,1	280	<15	18,8	<5	70,6	26,6	7,9	98,1	59,6	151	240	<0,02	<0,2	0,94	6,1	
132156	<10	33	1090	<10	185	24,7	83,0	107	25,3	102	11,3	22,1	71	70,7	39,0	186	<15	18,7	<5	124	29,1	14,1	139	59,3	357	252	<0,02	<0,2	1,89	9,7	
136549	<10	<10	838	<10	86	23,0	70,0	21,1	24,8	42	<3	22,2	41	38,8	34,5	179	<15	19,5	<5	140	17,2	<5	126	31,7	153	338	<0,02	<0,2	0,54	10,9	
136547	<10	16	1050	<10	159	19,3	53,6	39,5	24,4	90	3,3	20,9	65	42,9	21,2	174	<15	18,1	<5	79,4	24,9	7,8	99,0	46,8	202	197	<0,02	<0,2	2,17	5,3	
132161	<10	<10	549	<10	82	9,6	39,8	17,3	17,7	38	<3	16,2	39	17,7	18,3	95,7	<15	11,5	<5	165	12,8	<5	77,8	32,7	86,8	251	<0,02	<0,2	0,36	9,5	
132163	<10	12	1120	<10	154	30,9	72,2	20,6	27,4	84	5,3	24,6	67	48,7	58,8	224	<15	19,2	<5	117	24,5	6,3	129	44,5	106	321	<0,02	<0,2	1,30	10,3	
136550	<10	<10	698	<10	53	9,3	56,2	5,6	14,4	26	<3	10,4	22	21,1	12,3	86,6	<15	11,6	<5	214	5,8	<5	70,2	19,7	49,3	191	<0,02	<0,2	<0,1	5,2	
132165	<10	<10	1380	<10	159	17,8	82,3	63,7	26,9	88	<3	22,4	62	35,0	35,1	211	<15	19,4	<5	143	21,0	<5	115	41,3	210	225	<0,02	<0,2	1,71	8,6	
132166	<10	<10	1270	<10	110	18,4	99,2	28,9	24,8	58	<3	19,8	45	37,4	15,0	185	<15	18,4	<5	176	14,6	<5	121	37,5	132	220	<0,02	<0,2	1,03	8,7	
132167	<10	17	1170	<10	90	31,9	82,3	39,8	24,0	45	4,9	19,5	41	48,1	57,6	186	<15	16,5	<5	91,8	19,0	5,4	122	40,8	188	183	<0,02	<0,2	1,49	6,6	
136546	<10	10	1380	<10	90	16,5	146	26,8	22,7	45	<3	16,8	42	29,0	22,9	185	<15	15,7	<5	196	13,2	<5	101	34,9	117	224	<0,02	<0,2	0,68	8,4	

Tabell 9. XRF-analyser av sporelementer i ni håndstykker av svartskifre fra Lillehammer-området. Prøvelokalitetene er vist i Figur 1.

Prøve ID	Ag	As*	Ba*	Cd	Ce*	Co*	Cr*	Cu*	Ga*	La*	Mo*	Nb*	Nd*	Ni*	Pb*	Rb*	Sb	Sc*	Sn*	Sr*	Th*	U*	V*	Y*	Zn*	Zr*	Cl	F	S	Ge	Hf
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[%]	[%]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]
140951 / LH-1	<10	<10	964	<10	113	12,4	51,5	20,0	25,1	64	<3	22,2	43	25,1	16,8	178	<15	14,5	<5	104	17,7	5,7	76,7	41,2	106	225	<0,02	<0,2	0,48	1,52	7,1
140952 / LH-2	<10	<10	1630	<10	175	5,4	60,2	17,7	31,7	98	<3	25,6	78	20,5	46,2	294	<15	18,3	<5	43,6	25,4	6,1	108	53,0	52,6	240	<0,02	<0,2	0,61	1,96	<5
140953 / LH-3	<10	<10	1010	<10	107	13,5	52,9	22,4	21,0	54	<3	19,1	48	24,6	21,4	180	<15	14,2	<5	93,1	14,8	5,0	76,5	42,8	122	246	<0,02	<0,2	0,38	1,15	<5
140954 / LH-4	<10	<10	1370	<10	134	11,9	52,3	28,8	27,8	66	<3	23,1	56	28,6	30,2	222	<15	17,5	<5	91,7	19,8	5,4	105	53,6	84,3	331	<0,02	<0,2	0,51	1,72	7,7
140955 / LH-5	<10	14	1130	<10	158	20,0	97,7	54,5	28,2	96	<3	24,9	72	39,0	29,9	194	<15	16,5	<5	67,7	23,5	7,5	99,4	49,0	102	201	<0,02	<0,2	1,70	0,86	7,1
140956 / LH-6	<10	11	887	<10	81	14,0	65,9	22,7	20,9	41	<3	22,0	35	27,3	14,6	127	<15	13,6	<5	111	12,5	<5	81,9	44,7	146	320	<0,02	<0,2	0,75	1,46	10,3
140957 / LH-7	<10	<10	774	<10	76	12,6	35,6	22,6	18,8	44	<3	15,4	30	22,6	25,2	133	<15	11,2	<5	67,3	12,1	<5	62,0	34,2	115	192	<0,02	<0,2	0,58	0,89	11,3
140958 / LH-8	<10	<10	1020	<10	138	12,0	55,4	27,8	26,2	76	<3	23,0	56	26,0	25,7	212	<15	15,2	<5	55,3	19,0	5,7	95,0	50,5	148	215	<0,02	<0,2	0,58	1,00	6,0
140959 / LH-9	<10	<10	2010	<10	110	16,9	78,9	36,1	23,5	59	<3	18,4	49	28,1	14,7	154	<15	18,0	<5	119	19,8	5,1	95,9	30,1	114	271	<0,02	<0,2	0,52	1,89	6,8



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no