

OPPDRAGSGIVER:  
Seabed Solutions AS  
Birkedalsveien 20  
4640 Søgne

PROSJEKT:  
300002 Miljøundersøkelse  
Sulfid Søgne

HANDLING DATO  
27.11.2023

REVISJON / DATO  
1 / 27.11.2023

DOKUMENTKODE:  
300002 - R01 - A01

# Birkedalsveien, Høllen Vest – vurdering av syredannende bergarter

**Rapporteringsstatus:**

- Endelig
- Oversendelse for kommentar
- Utkast

1	27.11.2023	<i>Eivind Susort</i>	<i>Bjarte Hellevang</i>	<i>Bjarte Hellevang</i>
		Eivind Susort	Bjarte Hellevang	Bjarte Hellevang
REV	DATO	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
			KOMMENTAR	
0	13.11.2023	ES	Opprettet rapport	
1	27.11.2023	ES/BH	Revidert rapport basert på supplerende prøvetaking	

KONTAKT OPPDRAGSGIVER: Christian Aas

OPPDRAGSLEDER: Bjarte Hellevang

## 1. Sammendrag

Tiltakshaver ønsker å regulere et tilgrensende område til industriformål på nordsiden av industriområdet Høllen Vest. Området består i dag av skog og tynne jorddekker med bart fjell og svaberg. Terrenget er planlagt senket og planert til ca 2 meter over bakkenivå målt fra dagens industriområde. Dette medfører behov for utsprenging, utfylling og masseforflytting. Bergarter i Agder kan være syredannende og vil kunne ha negative effekter på blant annet ferskvannsresipienter. Det er derfor utført en miljøgeologisk undersøkelse av bergarter basert på geologisk befaring, steinprøver og borestøvsprøver fra bergarter i området.

Det ble i alt tatt 37 bergartsprøver, derav 16 steinprøver fra overflaten i forvittra bergarter eller ikke-forvitrede bergarter i eller i nærhet til utsprengt veiskjæring mot øst langs Birkedalsveien. 10 av steinprøvene ble hentet fra utsprengt del av veiskjæring langs Birkedalsveien. Seks av prøvene ble hentet fra ikke-utsprengt del. Resten av bergartsprøvene ble tatt som borestøvsprøver på tilgjengelige punkt fordelt på tiltaksområdet.

Resultat fra undersøkelse viser at sulfidinnholdet på prøvene er lavt for 35 av 37 prøver, mens det ved hydrogenperoksyd metode er utslag på middels eller høyt potensiale for syredannelse for 20 av 37 prøver. Supplerende prøvetaking viser imidlertid at resultatene som indikerer syredannende egenskaper trolig skyldes forvittringsprosesser i overflate og at dette da kan være et resultat av andre ikke-syredannende elementer i bergvolumet. Dette er videre støttet av resultater fra pH analyse av seks supplerende prøver som viste basiske endringer med  $\text{pH} > 7$  for alle prøver analysert.

Basert på gjennomførte undersøkelser vurderer Mitta AS at det ikke er en miljørisiko knyttet til syredanningspotensial for bergmassene i det undersøkte området og det er ikke behov for videre analyser eller tiltak med hensyn på uttak eller bruk av bergmassene i det vurderte området.

## 2. Innhold

### Innhold

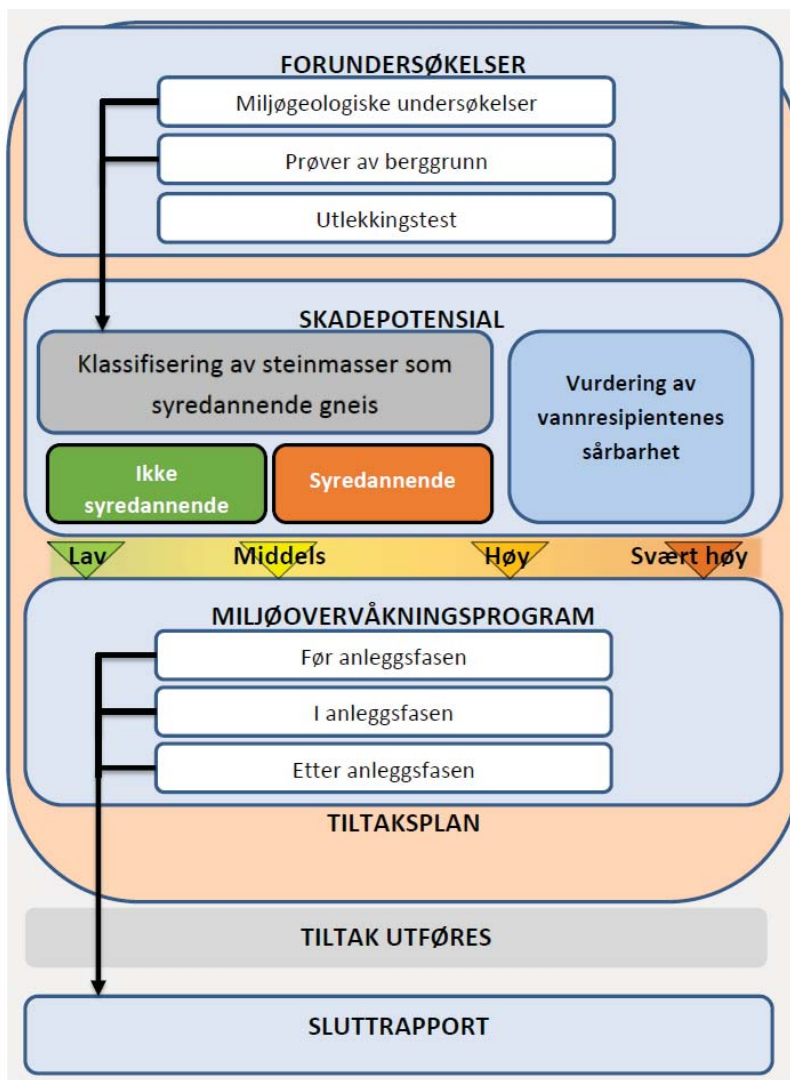
1. Sammendrag .....	2
2. Innhold .....	3
3. Innledning .....	4
3.1. Bestemmelser og fremgangsmåte .....	4
4. Områdeforklaring .....	5
4.1. Lokalitet .....	5
4.2. Avrenning .....	9
4.3. Berggrunnsgeologi .....	10
5. Befaring/ kartlegging .....	12
6. Kjemiske analyser .....	18
7. Resultater .....	20
7.1. Usikkerhet .....	21
8. Miljørisikovurdering .....	24
9. Videre arbeid .....	24
10. Referanser .....	25
11. Vedlegg .....	26
11.1. Bilder av prøvepunkt .....	26

## 3. Innledning

Det offentlige i Agder har over de siste tiårene fått økt fokus på forebygging av miljøpåvirkning i tilknytning til syredannende bergarter. Mitta AS er engasjert for å kartlegge sulfidholdige masser i forbindelse med utvidelse av industriområde Høllen Vest i Kristiansand kommune. Tiltaksområdet er på ca 6-7 mål stort og det er estimert et volum for utsprengning på 30 000 m<sup>3</sup> fast fjell.

### 3.1. Bestemmelser og fremgangsmåte

Kommunen er i utgangspunktet ansvarlig for oppfølging av tilfeller av sulfidinnholdige bergarter etter forurensingsforskriften. For å sikre mer lik behandling av tiltak som kan være relatert til sulfidinnholdige bergarter er det utarbeidet retningslinjer av Miljødirektoratet, Birkenes-, Lillesand-, Kristiansand-, og Grimstad kommune, Statens Vegvesen, Agder fylkeskommune, Statsforvalteren i Agder (Agder, 2021).



Figur 1: Flytskjema over bruk og fremgangsmåte ved bruk av retningslinjer for syredannende bergarter. (Agder, 2021)

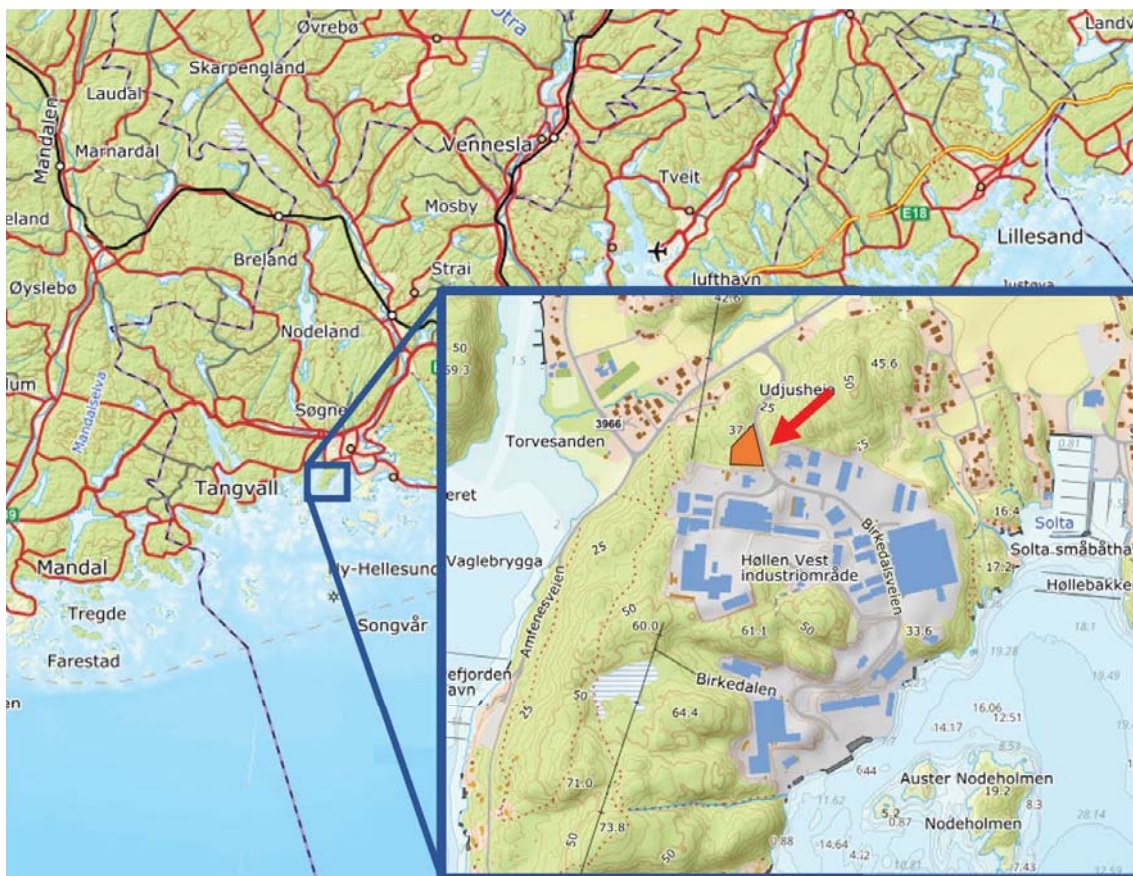
Denne fremgangsmåten er lagt til grunn for denne undersøkelse av området som skal reguleres. Grunnen til at syredannende gneiser må behandles med forundersøkelser er at kombinasjonen av sulfid, vann og luft reagerer og danner blant annet svovelsyre som har en svært lav pH. Dette vil kunne ha store innvirkninger på eventuelle ferskvannsresipienter i nærhet til tiltaksområde. Denne rapporten beskriver gjennomsnittlig innhold av svovel i bergarter som er prøvetatt og resultat fra peroksydtester som indikerer syredanningspotensialet.

## 4. Områdeforklaring

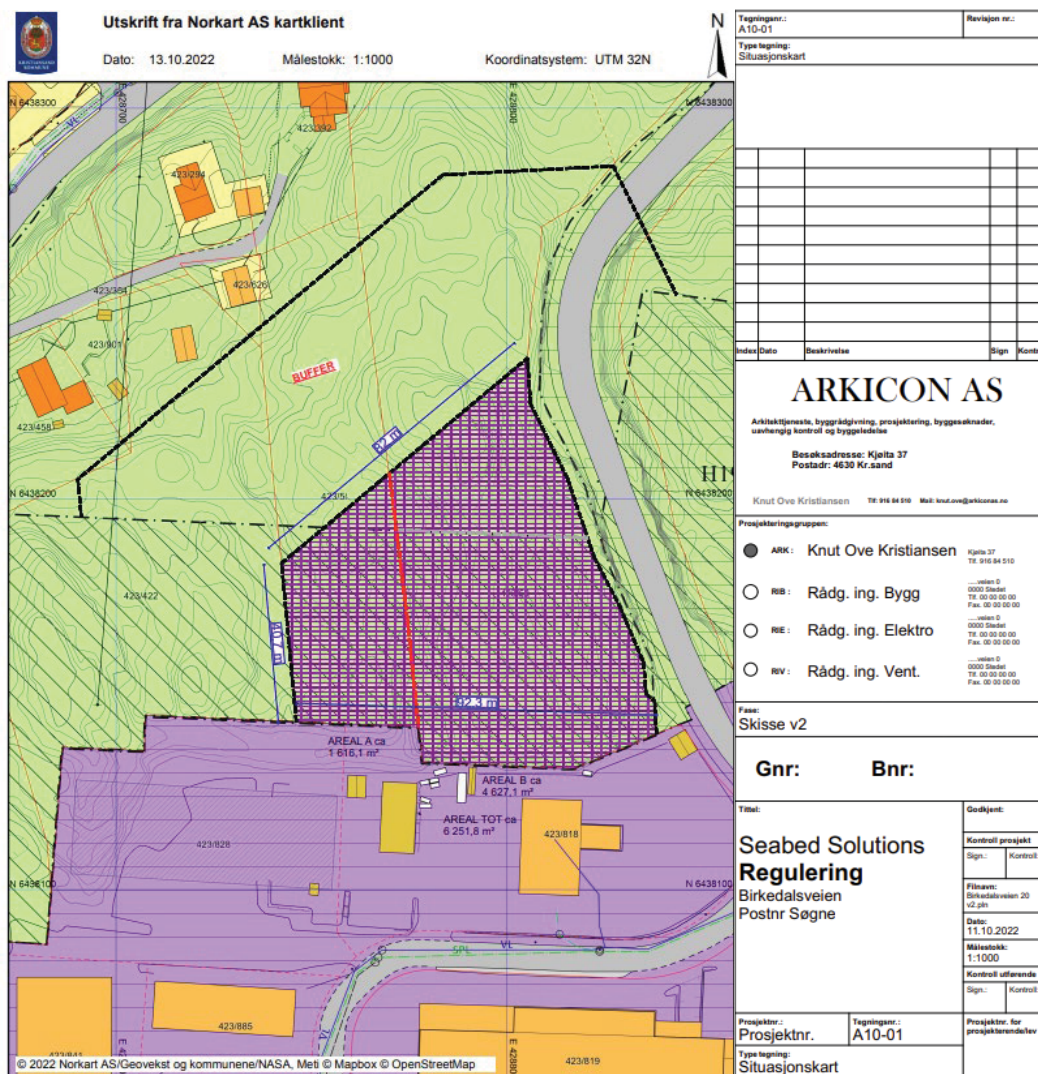
### 4.1. Lokalitet

Tiltaksområdet ligger på nordsiden av industriområdet Høllen vest i Kristiansand kommune i Agder. Det aktuelle område grenser mot regulert industriområde I sør og er begrenset i øst mot Birkedalsveien. Det er til hensikt å fradele tiltaksområdet fra eiendommene Gbnr 423/55 i vest og Gbnr 423/58 i øst.

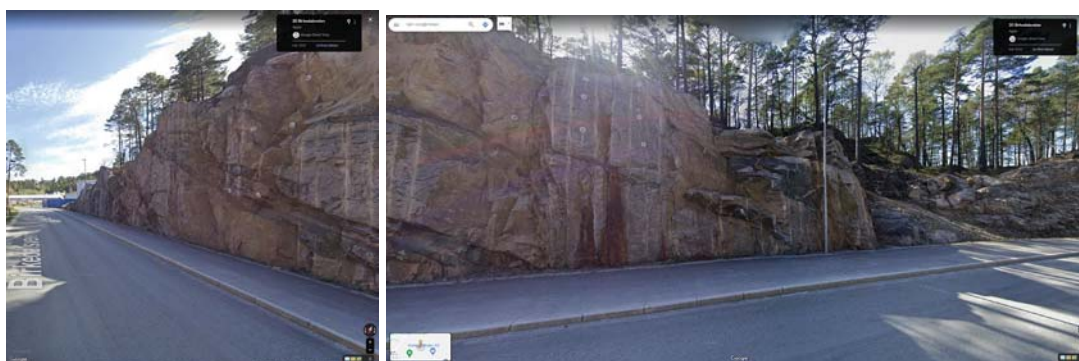
Området er i dag preget av tynne jorddekker og svaberg. Biotopen er dominert av edelløvskog og barskog. Området ligger tett på sjø med avstand mot øst på ca. 500 meter og mot vest på ca. 300 meter. Området grenser ikke til elver eller større bekker markert på kart, med unntak av en bekk som renner ved bebyggelse ca. 150 m vestnordvest for tiltaksområdet. Langs østsiden av tiltaksområdet er det en veiskjæring for Birkedalsveien og tilhørende sykkel- og gangvei.



Figur 2: Oversiktskart som viser tiltaksområdet i nærhet til industriområdet Høllen Vest, Kristiansand kommune, Agder

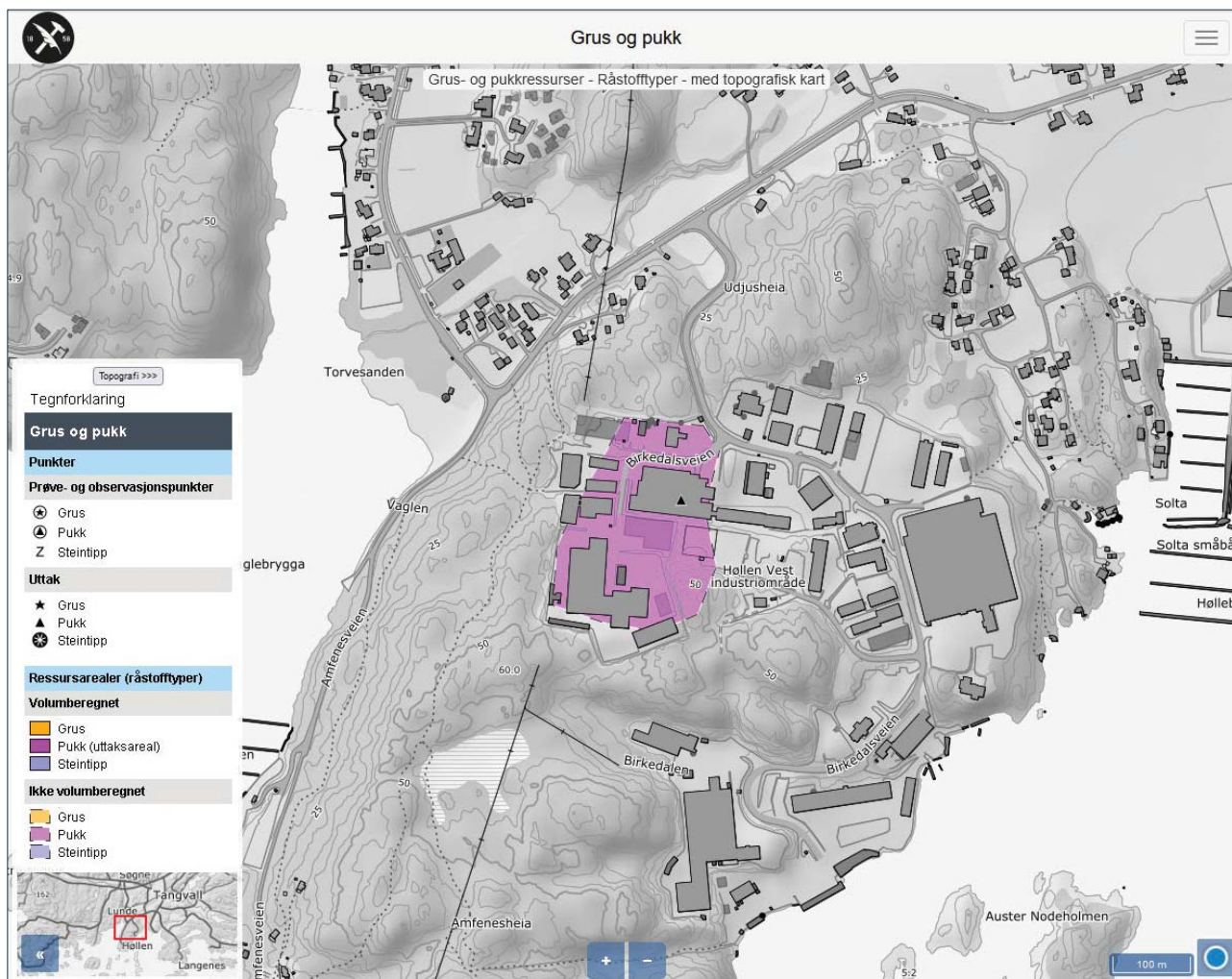


Figur 3: Situasjonsplan for tiltaksområdet (Kilde: Seabed Solutions AS)



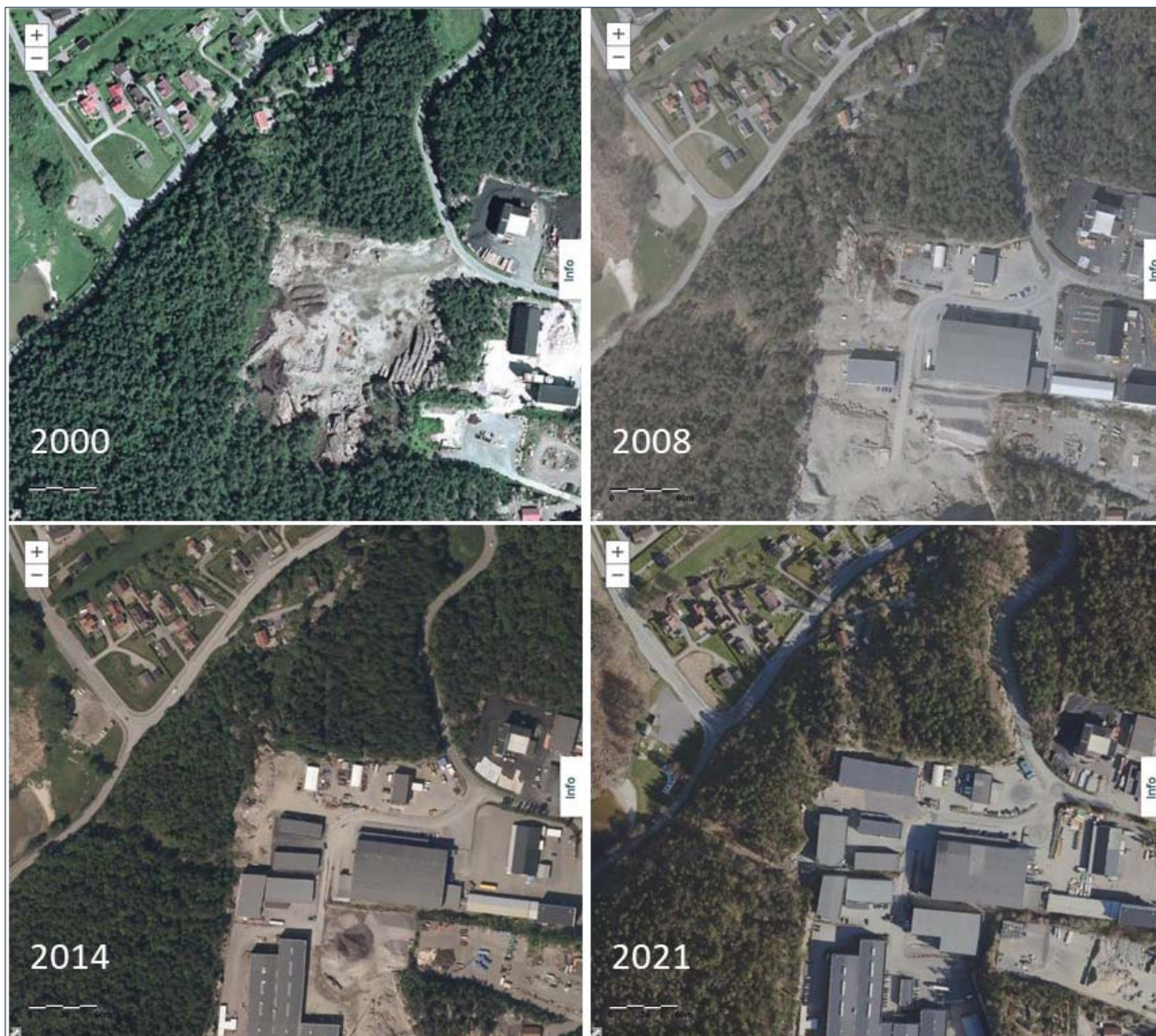
Figur 4: Bilder er hentet fra Google Street View fra Birkedalsveien gjennom bergskjæring langs østsiden av undersøkt tiltaksområde. (Kilde: Google Street View, okt 2023)

Området er per i dag sprengt ut til industriformål. Det er i NGU kartdatabaser registrert uttak av pukk i området (Figur 5). Det aktuelle industriområdet er utviklet over tid ved utsprenngning av arealer, uttak av pukk, og bygging av industribygg. Figur 6 viser utvikling basert på flyfoto fra området. Området som er utviklet mellom 2000 og 2021 er på ca. 51.000 m<sup>2</sup>. I tillegg er et areal på ca. 0.17 km<sup>2</sup> (170.000 m<sup>2</sup>) utviklet øst ved sprengning og utfylling.



Figur 5 NGU kart over registrerte pukkforekomster





Figur 6 Flyfoto som viser utvikling av området fra 2000 til 2021.

## 4.2. Avrenning

Tiltaksområdet definerer en lokal høyde i området og avrenning skjer i dag mot øst der det er vegskjæring, mot sør og mot vest. Avrenning mot vest er mot en forsenkning i terrenget mot vest. Her er det i dag en liten bekk og et myrområde som drenerer mot nord (Figur 7 og Figur 8). Tiltaksområdet vil ha et svært begrenset nedslagsfelt utover området i seg selv ettersom største delen av området tilhører en forhøyning i terrenget. Avrenning som vist i Figur 8 er av svært lite volum.

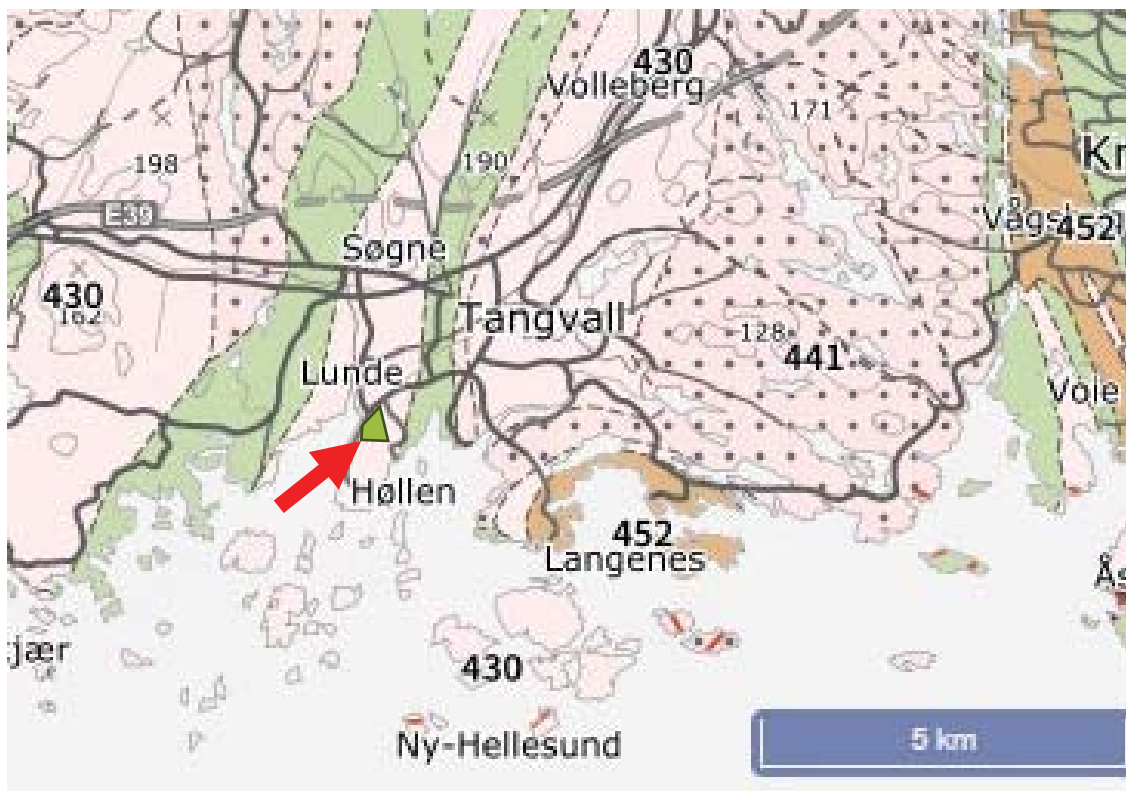


Figur 7: Vannspeil er markert med stiplet linje. (Foto: Mitta AS/ Eivind Susort)



Figur 8 Bilder av område med avrenning. Til venstre liten bekk ut fra område (GPS som skala), til høyre myrområde. . (Foto: Mitta AS/ Bjarte Hellevang)

### 4.3. Berggrunnsgeologi



Figur 9: Berggrunnskart over tiltaksområdet i målestokk 1:250 000. (Hentet fra [ngu.no/kart/berggrunn](http://ngu.no/kart/berggrunn))

Berggrunnskart fra NGU i målestokk 1:250 000 viser at tiltaksområdet ligger i en sone med båndgneis som hovedbergart og granittisk gneis (Figur 9).

Bergskjæring ved tiltaksområdet viser tydelig variasjonen i bergarten (Figur 10). Rosa områder viser massiv granittisk gneis. Mørke felt viser amfibolgneis/ amfibolitt som linser eller bånd. Linsene av amfibolgneis og granittisk gneis viser liten til ingen grad av forvitring i bergskjæring, men lokalt kan mørke bånd av amfibolgneis viser ulik grad av forvitring. Dette kan skyldes sprekke dannelse og vanngjennomstrømning langs disse sonene. Synlige eksponerte overflater viser at områdene som ikke er sprengt ut er utsatt for betydelig forvitring. Det kan antas at dette har skjedd etter siste istid og pågått i perioden etter dette (10.000 år). Forvitring er tydelig spesielt for lag av amfibolitt, mens granittisk gneis er mindre forvitret (Figur 11). Det er ikke beregnet volum av ulike bergartstyper, men basert på vegskjæring utgjør forvitrede bergartene et svært lite volum av totalvolumet og begrenset til eksponerte overflater som ikke er utsprengt.



Figur 10 Bergskjæring ved tiltaksområdet. Stort sett massive lite forvitrede bergarter. Unntak med bånd der det kan være forvitring sees til høyre i bildet. Tydelige avrenning av brunrødt materiale kan observeres flere steder (sprekk midt i bildet og like til høyre for stolpe)



Figur 11 Bilde av forvitret overflate der de mørkere amfibolittene definerer forsenkinger og de mer kompetente granittiske gneisene eller feltspat lag definerer mindre forvitrede soner. Hammer for skala.

## 5. Befaring/ kartlegging

Befaring og feltarbeid knyttet til innsamling av laboratorieprøver av bergarter ble utført av geolog Eivind Susort 25.-27. oktober 2023. Det ble i tillegg samlet inn supplerende prøver langs vegskjæring av geolog Bjarte Hellevang 14.11.2023. Fra første befaring ble det totalt samlet inn 31 bergartsprøver. 10 av prøvene ble tatt ut som steinprøver fra forvitret materiale i overflaten i og ved bergskjæring og mørke bergarter i nærhet til eller i veiskjæring mot Birkedalsveien langs østsiden av tiltaksområdet (prøver 1-9+12). Resterende prøver er tatt som borestøvsprøver utført med en håndholdt boremaskin med 32 mm bor. Det ble tatt 6 supplerende prøver fra vegskjæring for mer utfyllende testing, bla. pH. Oversikt over prøver er oppsummert i

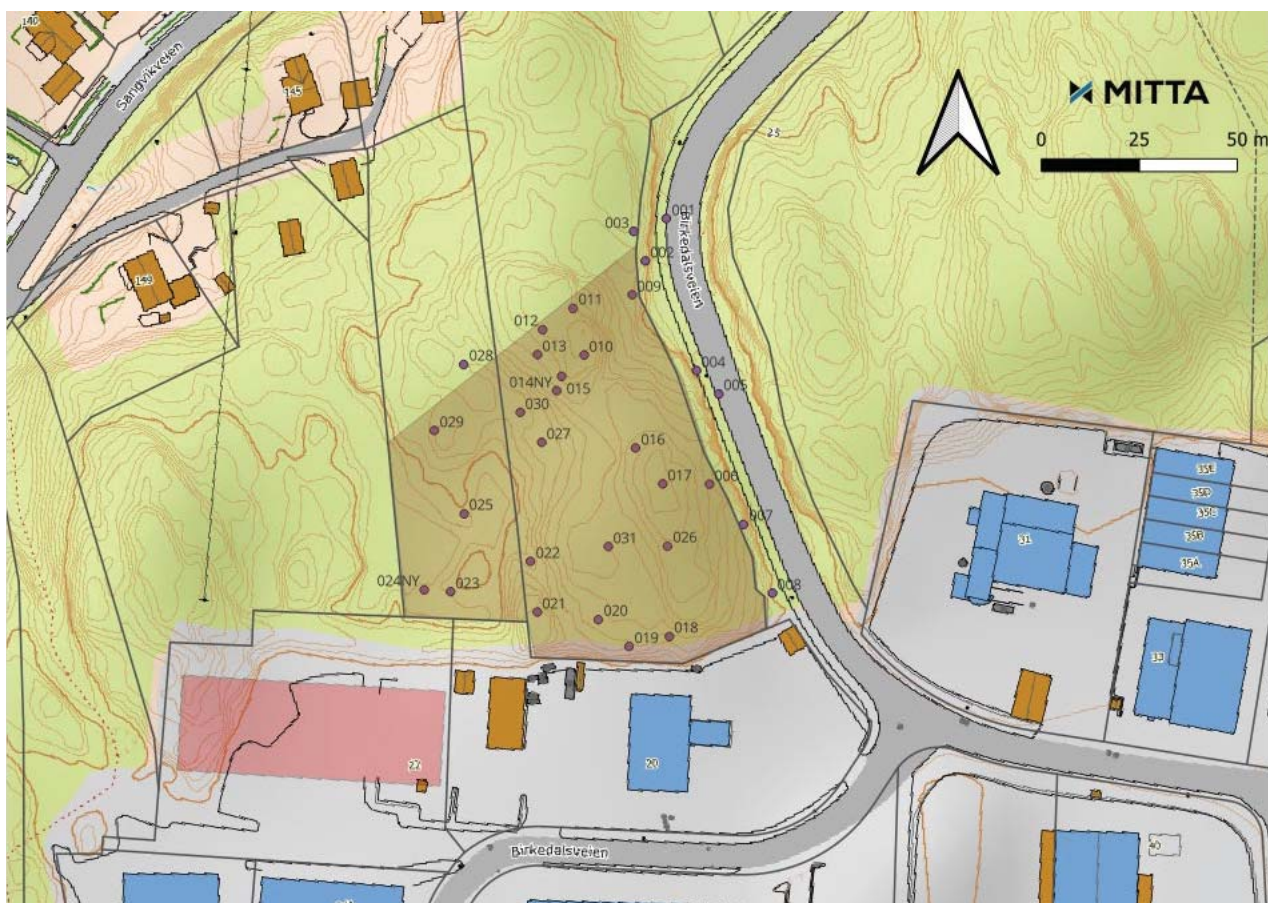
Tabell 1 og Figur 13 og Figur 14. Utvalg av prøvepunkt for borestøvsprøver er gjort etter relativt jevn fordeling i tiltaksområde på tilgjengelige blotninger eller der vegetasjonen er tynn nok til å få tilgang til rent berg for boring.

Eksempel på forvittringssoner som ble prøvetatt og svaberg i skogsområdet er vist i Figur 12.

Bergskjæring langs Birkedalsveien viser i hovedsak sprenge bergflater fra ca. 2019 (Figur 10). Det kan her observeres lite utfelling eller tydelig forvitring på de mørke amfibolgneisene og de granittiske gneisene. Det observeres tydelige nedrenning av rustrødt materiale fra enkelte sprekker som tyder på mineralisering i sprekker (Figur 10). Dette kan tyde på at selve bergartsvolumet har lav sannsynlighet for å være syredannende, dvs. løses opp og forvitrer ved vann og luft, mens sprekker kan ha høy sannsynlighet dersom det inneholder svovelforbindelser.



Figur 12:a) Prøvepunkt i forvitret lag i nærhet til vegskjæring langs Birkedalsveien, b) Prøvepunkt boret ut av tilgjengelig svaberg i skog i tiltaksområdet. (Foto: Mitta AS/ Eivind Susort)



Figur 13: Oversiktskart over tiltaksområde med markering av prøvepunkt fra første feltbefaring for analyser av syredannende egenskaper i bergarter.



Figur 14 Høydekart med oversikt over supplerende prøver (grønne) i bergskjæring samt observasjonspunkter ved myr og bekk vest i tiltaksområdet (rosa).



Figur 15: Figur som viser skjematisk illustrasjon av lagdeling for gneis i tiltaksområdet. Merk at reell tykkelse på lag ikke er kartlagt og vist i figur, men er lagt inn for illustrasjon av helning. (Hentet fra høydedata.no). Punkt for måling av orientering er markert med gul sirkel i figuren.

Lagdelling i gneisen i tiltaksområdet gjør at ulike bergarter i dypet også er representert i overflaten på grunn av nokså høy vinkel på lagdelingen, ca 45-50 graders helning. Strøk og fall ble målt på ulike steder i tiltaksområdet og var nokså like i både orientering og fall. Lagene heller mot vest som vist i Figur 15 og Figur 17.



Figur 16: Eksempelbilde av lagdeling ved målepunkt 1 i veiskjæring ved Birkedalsveien med granittisk gneis over amfibolitt. (Foto: Mitta AS/ Eivind Susort)

I retningslinjer for syredannende gneis (Agder, 2021) er det fremhevet viktighet av å identifisere forvitringssoner og omfang i steinmasser ettersom noen syregivende varianter fragmenterer lett etter noen slag med hammer. I prøvetakingen er det derfor gjort en vurdering av prøvetaking av 1) steinprøver av bergarter som er forvitret i overflaten i hovedsak i eller i nærhet til veiskjæring i østlig del av tiltaksområdet og 2) borestøvsprøver fra tilgjengelige blotninger i resterende del av tiltaksområdet prøvetatt med boremaskin og borestøvsprøver.

For steinprøver i nærhet til eller i veiskjæring ble det tatt prøver av ulike lag som var synlig forvitret og det ble i hovedsak tatt prøver fra mørke lag i eller i nærhet til veiskjæring. Disse lagene som er forvitret er ofte mer syredannende ved innhold av sulfider og kan gi sekundære effekter på mindre syredannende bergarter ved at syre øker forvitring på mer bestandige bergarter med syredannende egenskaper. Dette gjør at summen av syredanning blir større. Det er derfor fokusert spesifikt på disse bergartene i nærhet til og i veiskjæring ettersom disse var relativt lett tilgjengelige for visuell kartlegging og prøvetaking.

For borestøvsprøver er det gjort en fordeling av prøvepunkt basert på tilgjengelighet i tiltaksområdet og ut fra dette er det boret hull og støv er samlet for analyse. Disse prøvene er vurdert til å være representative for bergartene ettersom lagdeling er relativt bratt (ca 45-50 graders helning). Når man beveger seg fra øst til vest i tiltaksområdet vil man derfor bevege seg «oppover» lagrekken med gneis. Dette gjør at man vil kunne samle representative prøver fra dypere deler av tiltaksområdet basert på forutsetning av at lagene har tilstrekkelig lateral utstrekning for eksponering i overflaten.

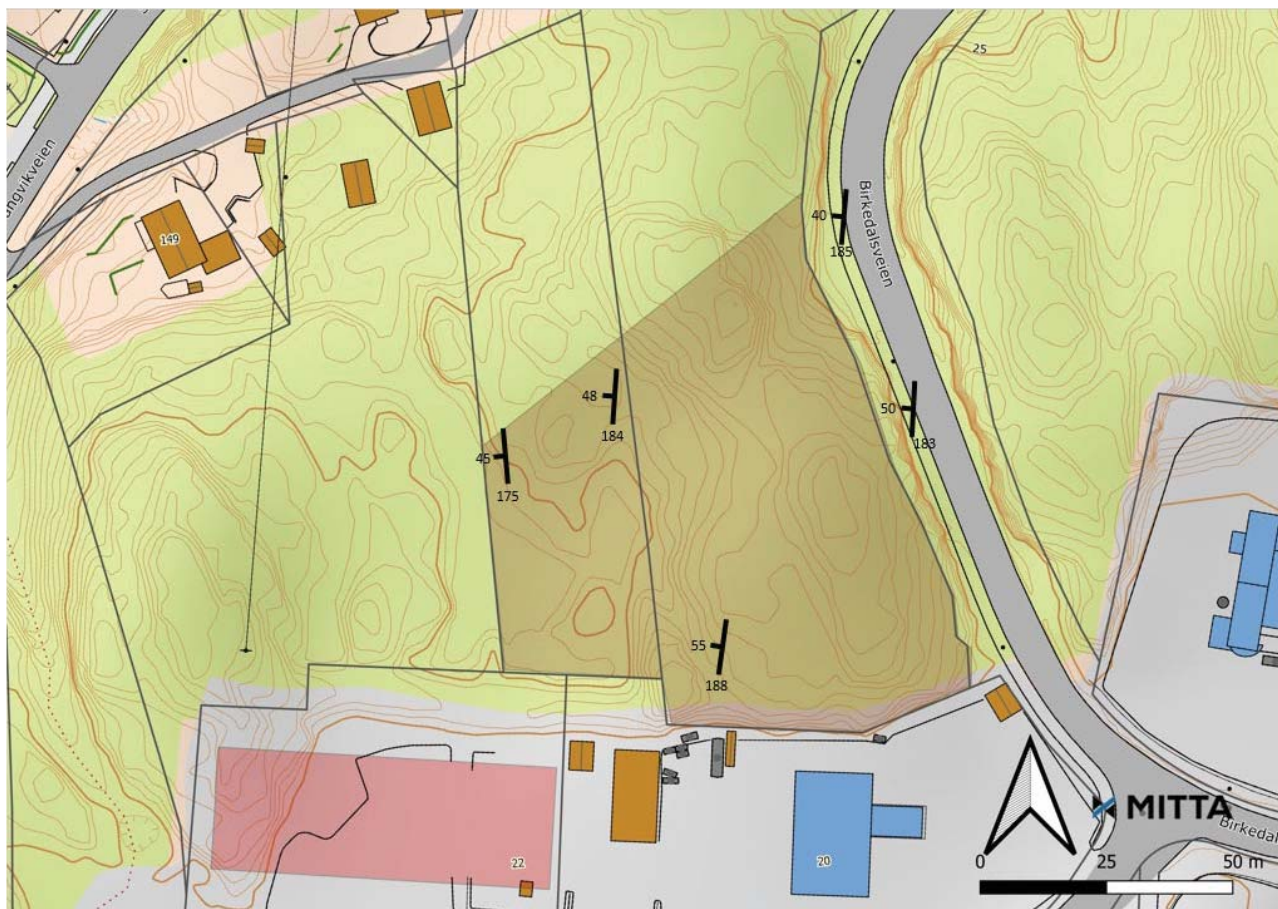
Supplerende prøver (6) er tatt i bergskjæring langs veg der berg ikke er synlig forvitret men viser mineraliserte sprekkeflater (Figur 14). Basert på geologiske vurderinger fra befarings vurderes dette å være mest representativt for bergvolumet.

Tabell 1: Tabell som viser forvitringsgrad på ulike prøver med tilhørende prøvemethode og notater om den enkelte prøve.

Prøve merket	Forvitringsgrad	Prøvetype	Notat
1	Middels	Steinprøve	Prøvetatt i overflate ved nordlig hjørne i veiskjæring. Mørk bergart, middels mekanisk styrke
2	Middels	Steinprøve	Prøve tatt fra overflate i veiskjæring; granittisk
3	Middels	Steinprøve	Prøve er tatt fra overflate over veiskjæring i ikke-utsprengt fjell.
4	Middels	Steinprøve	Mørk bergart, middels mekanisk styrke. Hentet fra øverste del av utsprengt veiskjæring
5	Middels	Steinprøve	Mørk grå bergart, finkorna, lav til middels mekanisk styrke- Hentet fra utsprengt veiskjæring
6	Middels	Steinprøve	Lys finkorna bergart, små folder like ved. Hentet fra svaberg i nærheten av veiskjæring. Ikke-utsprengt overflate.
7	Lav	Steinprøve	Mørk grå bergart, middels mekanisk styrke, svakt forvitret brun. Hentet i nærhet til veiskjæring, men fra ikke-utsprengt overflate



8	Lav	Steinprøve	Biotittrikt lag, svakt forvittra gneis, middels mekanisk styrke. Hentet i nærhet til veiskjæring fra ikke-utsprengt berg.
9	Lav	Steinprøve	Mørk bergart, svakt forvitret, middels mekanisk styrke, hentet fra ikke-utsprengt fjell i nærhet til veiskjæring.
10	Lav	Borestøvsprøve	Lys støvprøve, massiv gneis, svaberg
11	Lav	Borestøvsprøve	Støv, massivt berg, svaberg
12	Lav	Steinprøve	Steinprøve massiv, svaberg
13	Lav	Borestøvsprøve	Massivt berg, lyst støv, svaberg
14	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, svaberg
15	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, svaberg
16	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis under torv, svaberg
17	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, høyeste punkt mot vei, svaberg
18	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, lyst grått støv, ved hjørne mot lager i vest, svaberg
19	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis svaberg,
20	Lav	Borestøvsprøve	Massivt svaberg, gneis
21	Lav	Borestøvsprøve	Massivt svaberg, gneis, lyst støv
22	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, svaberg
23	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, lyst rødlig støv, svaberg
24	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, svaberg
25	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, svaberg
26	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, svaberg i skog mot rygg mot Birkedalsveien
27	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, svaberg, hardt
28	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis mot grense i nord, svaberg
29	Lav	Borestøvsprøve	Massiv gneis, svaberg
30	Lav	Borestøvsprøve	Massiv granittisk gneis, svaberg under torv
31	Lav	Borestøvsprøve	Massivt berg, gneis, under torv, svaberg
SØ1	Lav	Steinprøve	Amfibolitt, lagdelt. Friskt materiale vegskjæring.
SØ2	Lav	Steinprøve	Amfibolitt/granittisk gneis. Friskt materiale vegskjæring.
SØ3	Lav	Steinprøve	Granittisk gneis, mye sprekkedannelse. Friskt materiale vegskjæring.
SØ4	Lav	Steinprøve	Amfibolitt, lagdelt. Friskt materiale vegskjæring.
SØ5	Lav	Steinprøve	Amfibolitt, lagdelt. Friskt materiale vegskjæring.
SØ6	Lav	Steinprøve	Granittisk gneis. Friskt materiale vegskjæring.



Figur 17: Oversiktskart med strøk og fall målinger markert med svarte symbol i tiltaksområdet.

## 6. Kjemiske analyser

For kjemiske undersøkelser er det gjort 37 analyser av gjennomsnittlig innhold av svovel i bergartsprøver. Disse er også analysert ut fra hydrogenperoksyd-metode (Tabell 3). Det ble samlet inn 6 supplerende prøver av representativt materiale for bergvolumet etter innledende analyser. Disse ble analysert for svovel, hydrogenperoksid og pH (Tabell 4). Bergarter er prøvetatt enten ved hjelp av hammer med tilhørende knusing av prøve til pulver på laboratorie, ellers er det brukt boremaskin med innsamling av borestøv fra bergart. Kjemiske analyser er utført av Vannlaboratoriet AS. Disse analysene er ikke akkrediterte, men er den dominerende analyseformen basert på kunnskap vi har i dag om syredannende bergarter i området. pH analyser er et supplement som verifiserer om temperaturendring funnet ved hydrogenperoksidtest er forårsaket av mineraler som gir syredannelse (f.eks. svovel eller aluminium) eller andre elementer som f.eks. Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> reaksjoner. pH i de 6 supplerende prøvene viser variasjon fra 8,2 til 9,2 (syredannende pH < 6).

Tabell 2 Oversikt over faktorer og kategorier for å vurdere syredanningsvevnen i klassifiseringsveilederen (Agder, 2021)

Faktor	Kategorier		
Forvittringsgrad	Lav	Middels	Høy
Innhold av svovel	<0,15 %	0,15 – 0,8 %	>0,8 %
Hydrogenperoksidtest	<0,7 C°	>0,7 C° - <1,2 C°	>1,2 C°

Tabell 3: Resultat fra undersøkelse av bergartsprøver på laboratorie med bruk av XRF analyse for svovel og peroksidtest basert på temperaturendring. Undersøkelser er utført av Vannlaboratoriet AS.

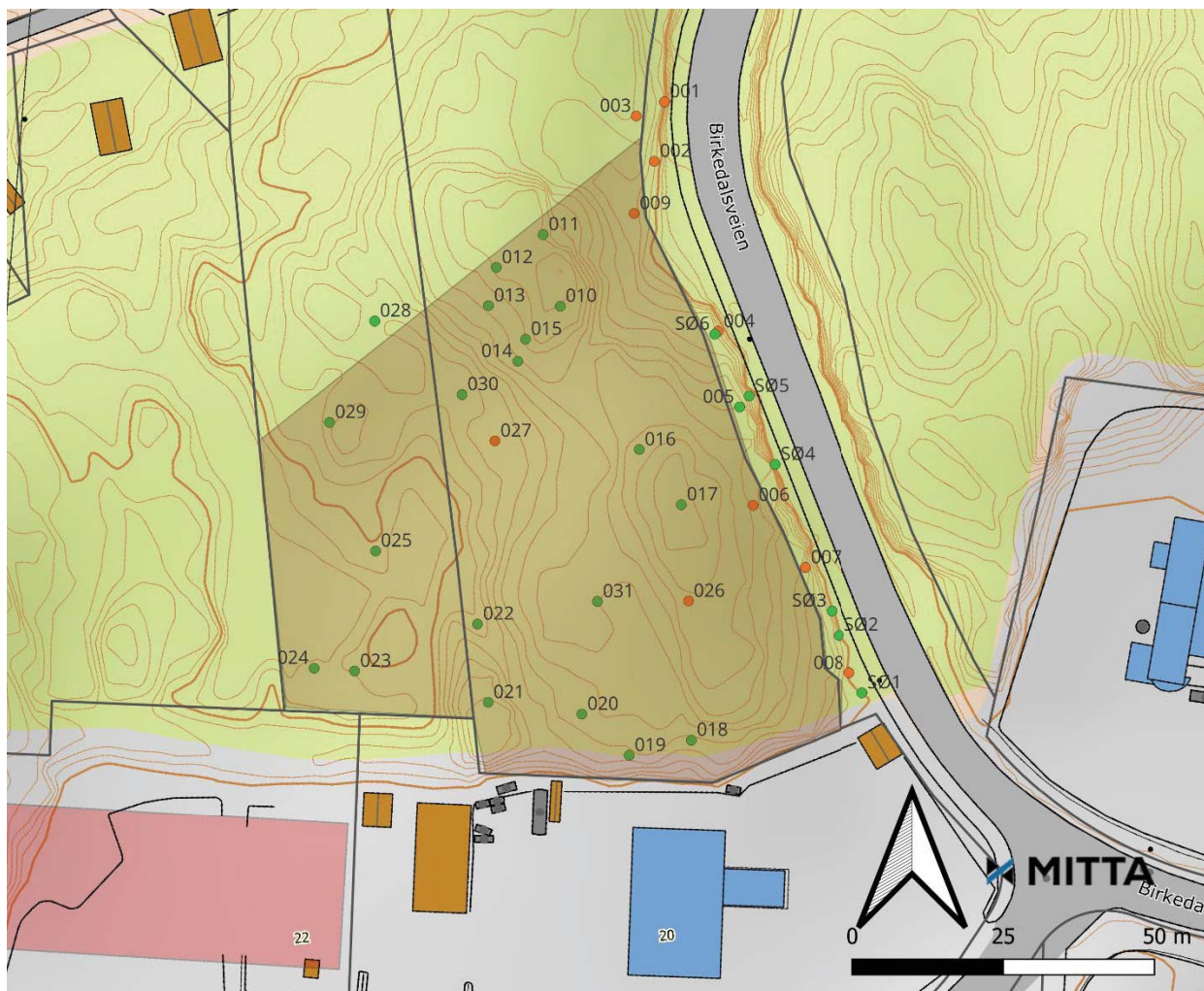
Prøve	Forvittringsgrad	Resultat	Resultat	Temperatur	Klassifisering
merket		ppm	%	diff. ° C	
1	Middels	4108	0,411	1,2	Syredannende
2	Middels	849	0,085	1,5	Syredannende
3	Middels	891	0,089	2,1	Syredannende
4	Middels	2268	0,227	1,3	Syredannende
5	Middels	616	0,062	1,1	Ikke- syredannende
6	Middels	456	0,046	1,3	Syredannende
7	Middels	934	0,093	1,7	Syredannende
8	Middels	285	0,029	2,0	Syredannende
9	Middels	353	0,035	1,8	Syredannende
10	Lav	279	0,028	0,8	Ikke- syredannende
11	Lav	397	0,040	1,0	Ikke- syredannende
12	Lav	376	0,038	0,4	Ikke- syredannende
13	Lav	198	0,020	0,5	Ikke- syredannende
14	Lav	384	0,038	0,6	Ikke- syredannende
15	Lav	340	0,034	0,3	Ikke- syredannende
16	Lav	45	0,004	0,3	Ikke- syredannende
17	Lav	363	0,036	0,7	Ikke- syredannende

18	Lav	406	0,041	0,5	Ikke- syredannende
19	Lav	215	0,022	0,4	Ikke- syredannende
20	Lav	379	0,038	0,2	Ikke- syredannende
21	Lav	513	0,051	0,1	Ikke- syredannende
22	Lav	588	0,059	0,4	Ikke- syredannende
23	Lav	241	0,024	0,4	Ikke- syredannende
24	Lav	168	0,017	0,5	Ikke- syredannende
25	Lav	717	0,072	0,9	Ikke- syredannende
26	Lav	514	0,051	1,3	Syredannende
27	Lav	363	0,036	2,0	Syredannende
28	Lav	237	0,024	0,8	Ikke- syredannende
29	Lav	328	0,033	0,8	Ikke- syredannende
30	Lav	312	0,031	0,6	Ikke- syredannende
31	Lav	251	0,025	0,7	Ikke- syredannende
SØ1	Lav	227	0.023	0.5	Ikke- syredannende
SØ2	Lav	53	0.005	0.6	Ikke- syredannende
SØ3	Lav	206	0.021	0.6	Ikke- syredannende
SØ4	Lav	288	0.029	0.9	Ikke- syredannende
SØ5	Lav	111	0.011	1.1	Ikke- syredannende
SØ6	Lav	188	0.019	0.5	Ikke- syredannende

Tabell 4 Supplerende analyser som inkluderer pH verdi

Prøve merket	XRF svovelanalyser		Peroksyd metode			pH
	Resultat ppm	Resultat %	Temperatur start °C	Temperatur slutt °C	Temperatur diff. °C	
SØ 1	227	0.023	23.0	23.5	0.5	9.1
SØ 2	53	0.005	22.9	23.5	0.6	9.2
SØ 3	206	0.021	22.9	23.5	0.6	8.3
SS 4	288	0.029	23.0	23.9	0.9	9.1
SØ 5	111	0.011	23.0	24.1	1.1	8.2
SØ 6	188	0.019	23.0	23.5	0.5	9.1

## 7. Resultater



Figur 18: Resultat av kjemiske analyser fordelt på prøvepunkt i tiltaksområdet. Grønne punkt viser analyse resultat som ikke-syredannende bergarter. Oransje punkt viser klassifisering som syredannende basert på utførte tester.

Resultater fra kjemiske analyser viser generelt lave konsentrasjoner av svovel i borestøvsprøver, under 0,15% i gjennomsnittlig innhold. Ingen av de 37 prøvene klassifiseres som syredannende basert på sulfidinnhold. For hydrogenperoksidtesten viser resultatene en variasjon i resultater. 9 av 37 gir temperaturendring tilsvarende høyt syredanningspotensial, 11 av 37 av prøvene viser middels syredanningspotensial, 17 av 37 prøver viser lavt syredanningspotensial. For prøvene nummer 1-9 + 12 er disse hentet ut fra forvitret bergartslag i overflaten i eller i nærhet til veiskjæring mot øst. Forvitring kan skyldes kjemiske eller mekaniske prosesser og usikkerhet i resultater knyttet til dette er diskutert i avsnitt 7.1. Med unntak av 2 prøver er svovelinhold langt under grense for det som regnes som syredannende. Supplerende prøver tatt fra massive bergarter (SØ1-SØ6) viser lavt syredanningspotensial for 4 prøver og middels for 2 prøver, ingen av de definert som syredannende. Fordeling av støvsprøver med påvist syredanningspotensiale viser at det i hovedbergvolumet kun er spredte funn (ca. 10%) (Figur 18). Det er lave sulfidkonsentrasjoner i begge prøver (Tabell 3). Øvrige prøver med påvist syredanningspotensiale er tatt selektivt i forvitret materiale, i overflateprøver som i hovedsak er tatt i områder som kan være påvirket av kjemisk forvitring.

## 7.1. Usikkerhet

Usikkerhet i forhold til resultater av undersøkelsene er basert på prøvetakingsform som er relatert til grad av forvitring i Tabell 5. Borestøvsprøver er hentet fra bergarter som ikke har vært eksponert for luft og vann på samme måten som bergarter som ligger på overflaten. I veiskjæring mot Birkedalsveien er det i løpet av de siste årene sprengt ut en bredere trasé for utbygging av sykkel- og gangvei utført mellom 2019 og 2023 (Basert på historiske bilder fra Google Street View). For bergartsprøver som er tatt i utsprengt del av veiskjæring vurderes det at usikkerhet er «middels» basert på relativt kort eksponeringstid i overflaten. For bergartsprøver som er tatt i overflaten i ikke-utsprengt del av området er forvitring forventet å ha pågått siden forrige istid og derfor vurderes usikkerheten som «høy» for at disse kan være påvirket av forvitring, da særlig kjemisk forvitring der mineraler blir løst opp eller felt ut.

Testing med bruk av gjennomsnittlig svovel fra XRF- analyse og hydrogenperoksyd test vil være utsatt for å kunne gi falske positive resultater. Dette gjør at det er usikkerhet knyttet til om bergarter som har gitt utslag på disse testene er reelt syredannende. I retningslinjer for syredannende bergarter vil man derfor legge til grunn ristetest for måling av utlekkingspotensiale for videre analyse av volumet som skal sprenges. Disse testene vil gi et mer detaljert bilde av faktisk mulig forurensing fra området ved utsprenging. I disse utlekkingsstestene vil man måle blant annet pH under analyse i tillegg til å måle hvordan andre stoff løser seg opp over tid i vann. Dette vil derfor gi en mer naturlig tilnærming av hvordan bergartene vil reagere ved utsprenging.

Ved selektiv prøvetaking der forvitrede prøver i overflate skal sammenlignes med tilfeldig valgte lokaliteter med støvprøver er det svært viktig at data blir behandlet riktig statistisk. Det er derfor viktig at overflateprøver som er tatt selektivt behandles uavhengig av tilfeldige prøver fra et område. Undersøkelsen her viser at de selektive prøvene i hovedsak viser syredannende egenskaper. Prøvene har lave konsentrasjoner av sulfid og det må påpekes at det ikke i dette studiet er kjent hvilke mineraler som ved peroksidtest gir gitte temperaturstigninger. Når en ser på støvprøver er det 9 av 21 prøver som gir utslag på middels (7 prøver) eller høyt (2 prøver) syredanningspotensial. Det er kun prøver med høyt syredanningspotensiale ved hydrogenperoksidtest som regnes som syredannende. Ved klassifisering av borestøvsprøver viser dette at ca. 10% av prøvene som gir syredannende klassifisering i henhold til Tabell 6. Sulfidinnholdet som er påvist, er lavt (35 prøver) og middels (2 prøver).

Med bakgrunn i sprikende resultat der overflateprøver i forvitret materiale gir en høy andel prøver som indikerer syredannende egenskaper samtidig med lavt svovelinnhold, ble det tatt supplerende prøver i bergskjæring. Bakgrunnen for dette var å teste om kjemisk forvitring i overflate kan forklare utslag ved hydrogenperoksidtest. Det ble i den sammenheng også utført pH test der materiale knuses og løses i vann for så å måle pH etter 24 timer. Resultatet av prøver viser en betydelig økning i pH på tross av at 2 prøver viser middels potensiale for syredannelse. Basert på dette og det lave svovelinnholdet kan det konkluderes med at det trolig er andre mineraler eller elementer som bidrar til den eksoterme reaksjonen (temperaturstigning) ved hydrogenperoksidtestene og at resultatene angående syredanningspotensiale ikke er troverdige for det aktuelle området. Målte pH i representativt bergvolum vil gi en lett basisk reaksjon og ikke syredannelse. Det gjøres oppmerksom på at en detaljert studie av mineralogien ikke er utført.

Tabell 5: Oversikt over de ulike prøvene og tilhørende usikkerhet basert på observert og forventet forvitring.

Prøve merket	Prøvetype	Usikkerhet	Notat
1	Steinprøve	Middels	Prøvetatt i overflate ved nordlig hjørne i veiskjæring. Mørk bergart, middels mekanisk styrke
2	Steinprøve	Middels	Prøve tatt fra overflate i veiskjæring granittisk
3	Steinprøve	Høy	Prøve er tatt fra overflate over veiskjæring i ikke-utsprengt fjell.
4	Steinprøve	Middels	Mørk bergart, middels mekanisk styrke. Hentet fra øverste del av utsprengt veiskjæring
5	Steinprøve	Middels	Mørk bergart, finkorna, lav til middels mekanisk styrke- Hentet fra utsprengt veiskjæring
6	Steinprøve	Høy	Lys finkorna bergart, små folder like ved. Hentet fra svaberg i nærheten av veiskjæring. Ikke-utsprengt overflate.
7	Steinprøve	Høy	Mørk grå bergart, middels mekanisk styrke, svakt forvitret brun. Hentet i nærhet til veiskjæring, men fra ikke-utsprengt overflate
8	Steinprøve	Høy	Biotittrikt lag, svakt forvitret gneis, middels mekanisk styrke. Hentet i nærhet til veiskjæring fra ikke-utsprengt berg.
9	Steinprøve	Høy	Mørk bergart, svakt forvitret, middels mekanisk styrke, hentet fra ikke-utsprengt fjell i nærhet til veiskjæring.
10	Borestøvsprøve	Lav	Lys støvprøve, massiv gneis, svaberg
11	Borestøvsprøve	Lav	Støv, massivt berg, svaberg
12	Steinprøve	Høy	Steinprøve massiv, svaberg
13	Borestøvsprøve	Lav	Massivt berg, lyst støv, svaberg
14	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, svaberg
15	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, svaberg
16	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis under torv, svaberg
17	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, høyeste punkt mot vei, svaberg
18	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, lyst grått støv, ved hjørne mot lager i vest, svaberg
19	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis svaberg,
20	Borestøvsprøve	Lav	Massivt svaberg, gneis
21	Borestøvsprøve	Lav	Massivt svaberg, gneis, lyst støv
22	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, svaberg
23	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, lyst rødlig støv, svaberg
24	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, svaberg
25	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, svaberg
26	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, svaberg i skog mot rygg mot Birkedalsveien
27	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, svaberg, hardt
28	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis mot grense i nord, svaberg
29	Borestøvsprøve	Lav	Massiv gneis, svaberg

30	Borestøvsprøve	Lav	Massiv granittisk gneis, svaberg under torv
31	Borestøvsprøve	Lav	Massivt berg, gneis, under torv, svaberg
SØ1	Steinprøve	Lav	Massivt berg fra vegskjæring
SØ2	Steinprøve	Lav	Massivt berg fra vegskjæring
SØ3	Steinprøve	Lav	Massivt berg fra vegskjæring
SØ4	Steinprøve	Lav	Massivt berg fra vegskjæring
SØ5	Steinprøve	Lav	Massivt berg fra vegskjæring
SØ6	Steinprøve	Lav	Massivt berg fra vegskjæring

Tabell 6 Klassifisering av potensielt syredannende steinmasser med middels og lav forvitringsgrad (Agder, 2021)

Klassifisering av potensielt syredannende steinmasser med **middels og lav forvitringsgrad**

Innhold av svovel (Avsnitt 5.4)	Hydrogenperoksidtest (Avsnitt 5.5)		
	Lavt syredanningspotensial	Middels syredanningspotensial	Høyt syredanningspotensial
Lavt svovelinnehold	ikke-syredannende	ikke-syredannende	Syredannende
Middels svovelinnehold	ikke-syredannende	Syredannende	Syredannende
Høyt svovelinnehold	Syredannende	Syredannende	Syredannende



## 8. Miljørisikovurdering

Ut fra prøvetaking og innledende analyser er det funnet bergarter med syredannende egenskaper. Supplerende prøvetaking viser imidlertid at resultatene trolig skyldes forvitningsprosesser kun i overflate og at resultatene trolig skyldes andre ikke-syredannende elementer i bergvolumet. Dette er ytterligere støttet av resultater fra pH analyser som viser pH > 7 for alle analyserte prøver. Basert på dette vurderer Mitta AS at det ikke er en miljørisiko knyttet til syredanningspotensial for bergmassene i det undersøkte området.

## 9. Videre arbeid

Basert på Mitta AS sin vurdering er det ikke behov for videre analyser eller tiltak med hensyn på uttak eller bruk av bergmassene i det vurderte området.



## 10. Referanser

Agder, P. f. (2021). *Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis*. Hentet 10 2023 fra <https://img8.custompublish.com/getfile.php/4866906.2658.sb7mijzbjbtphw/Retningslinjer+for+tiltak+i+omr%C3%A5der+med+syredannende+gneis.+ver.+24.pdf?return=www.lillesand.kommune.no>

# 11. Vedlegg

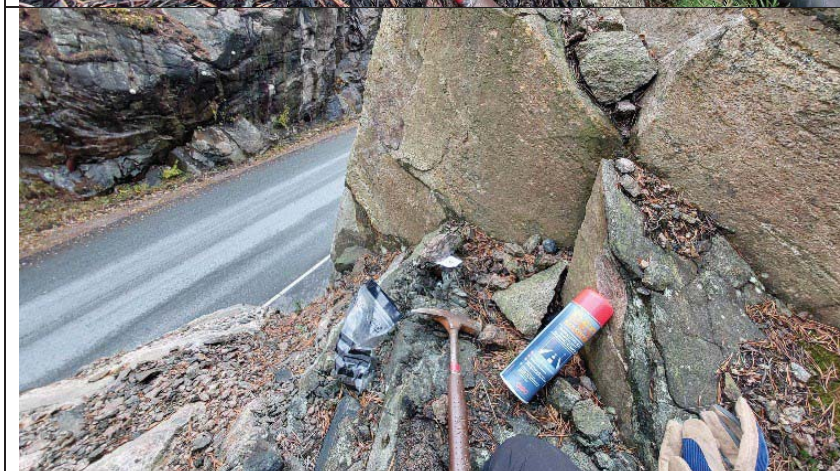
## 11.1. Bilder av prøvepunkt

(Foto: Mitta AS/ Eivind Susort)

Billedokumentasjon	Beskrivelse
	Prøvepunkt 1: Mørk bergart, middels mekanisk styrke, forvittra amfibolgneis
	Prøvepunkt 2: Granittisk gneis



Prøvepunkt 3  
Granittisk gneis



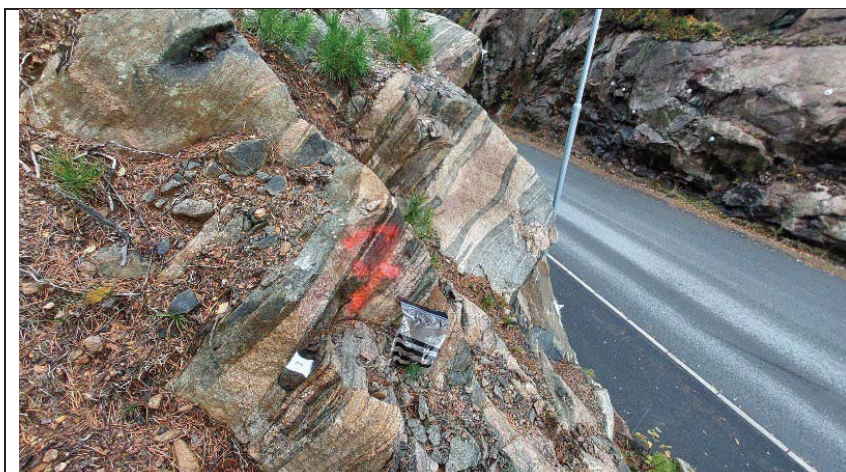
Prøvepunkt 4  
Mørk bergart, middels mekanisk styrke, amfibolgneis.



Prøvepunkt 5:  
Mørk grå bergart, finkorna, lav til middels mekanisk styrke, granittisk gneis



Prøvepunkt 6:  
Lys finkorna bergart, små folder like ved, granittisk gneis



Prøvepunkt 7:  
Mørk grå bergart, middels mekanisk styrke, svakt forvitret brun, amfibolgneis linse mellom granittisk gneis



Prøvepunkt 8:  
Biotittrikt lag, svakt forvittra amfibolgneis, middels mekanisk styrke.



Prøvepunkt 9:  
Mørk bergart, svakt forvitret,  
middels mekanisk styrke,  
amfibolgneis



Prøvepunkt 10:  
Lys støvprøve, massiv gneis,  
svaberg



Prøvepunkt 11:  
Støv, massivt berg, svaberg



Prøvepunkt 12:  
Steinprøve massiv, svaberg,  
granittisk gneis





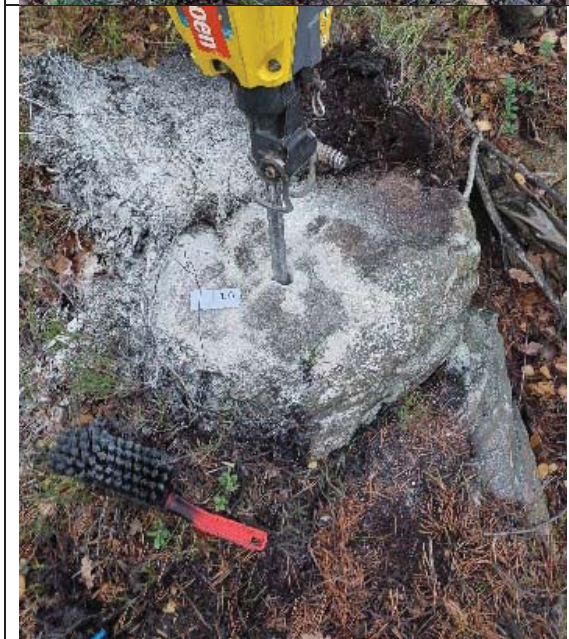
Prøvepunkt 13:  
Massivt berg, lyst støv, svaberg





Prøvepunkt 14:  
Massiv gneis, svaberg



Prøvepunkt 15 (Feilmerking med spray på bildet. Papirlapp viser korrekt nummer):  
Massiv gneis, svaberg



Prøvepunkt 16:  
Massiv gneis, svaberg under torv

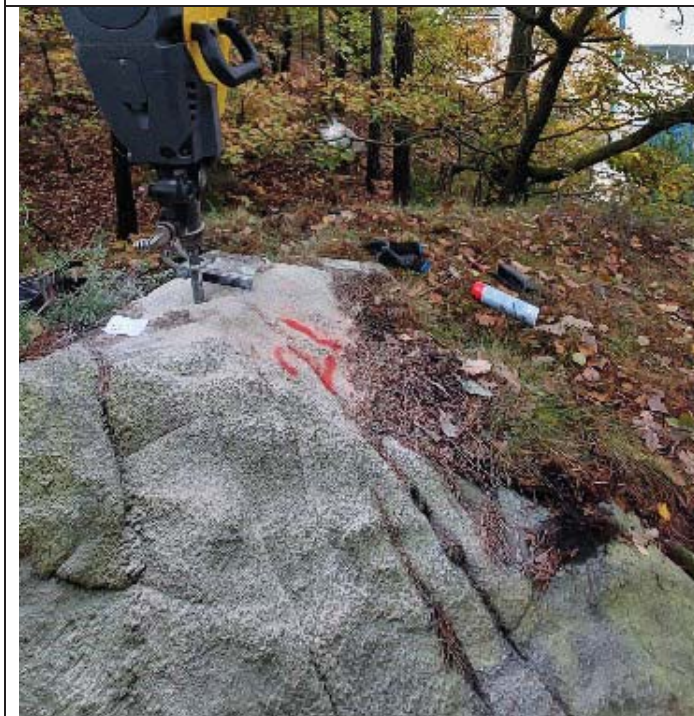
	<p>Prøvepunkt 17: Massiv gneis, lyst rødlig støv, granittisk</p>
	<p>Prøvepunkt 18: Massiv gneis, lyst grått støv</p>



Prøvepunkt 19:  
Massivt svaberg, gneis

(Bilde av punkt 20 mangler)

Prøvepunkt 20:  
Massivt svaberg, gneis



Prøvepunkt 21:  
Massivt svaberg, gneis

	<p>Prøvepunkt 22: Massiv gneis, lyst rødlig støv, svaberg</p>
	<p>Prøvepunkt 23: Massiv gneis, lyst rødlig støv, svaberg</p>
	<p>Prøvepunkt 24: Massiv gneis, svaberg</p>



Prøvepunkt 25:  
Massiv gneis, svaberg



Prøvepunkt 26:  
Massiv gneis, svaberg

	<p>Prøvepunkt 27: Massiv gneis, svaberg, høy mekanisk styrke</p>
	<p>Prøvepunkt 28: Massiv gneis, svaberg</p>
	<p>Prøvepunkt 29: Massiv gneis, svaberg</p>



Prøvepunkt 30:  
Massiv granittisk gneis, svaberg  
under torv

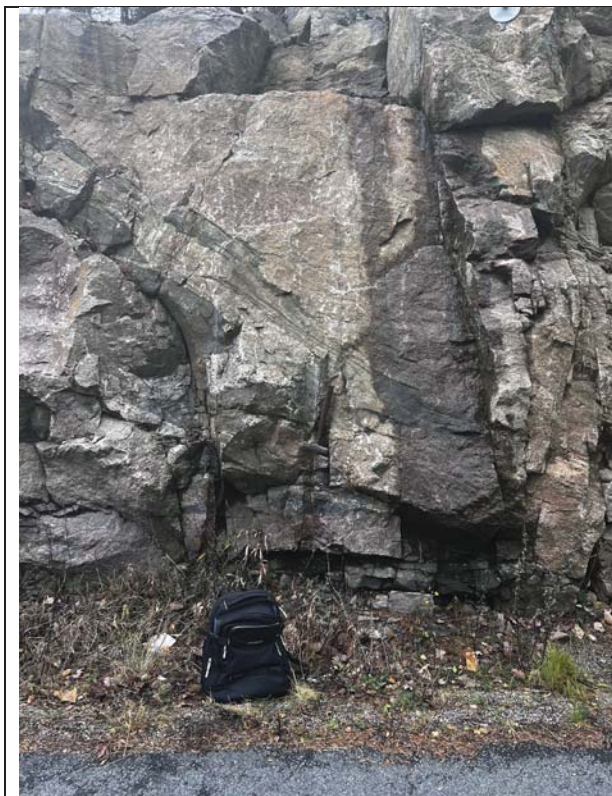


Prøvepunkt 31:  
Massiv granittisk gneis, svaberg  
under torv



**Befaring for supplerende prøver, 14.11.2023**  
(Foto: Mitta AS/ Bjarte Hellevang)

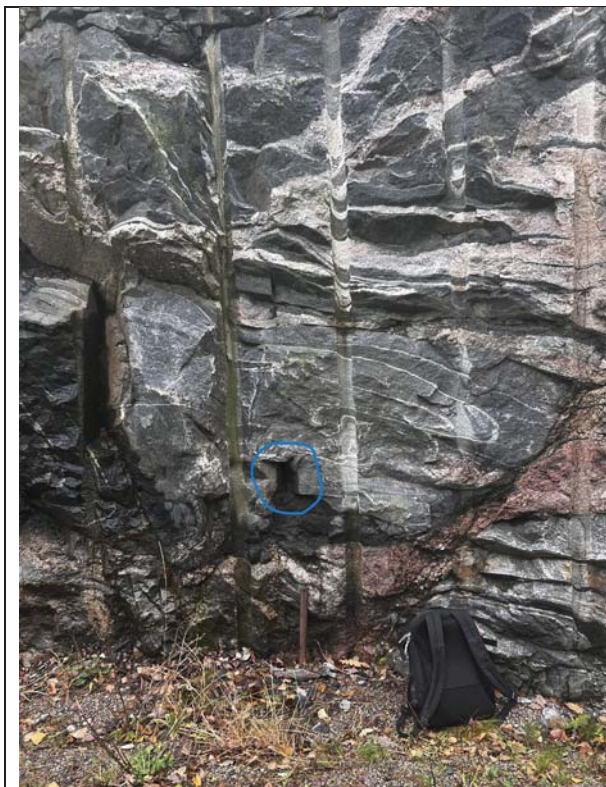
Billedokumentasjon	Beskrivelse
	Prøvepunkt SØ1: Amfibolitt med sprekkeplan med brun overflateutfelling



Prøvepunkt SØ2:  
Overgang amfibolitt til granittisk gneis med rød feltspat. Massiv bergart med sprekkplan med overflatereaksjon (brun)



Prøvepunkt SØ3:  
Granittisk gneis i tett oppsprukket fjell. Brun overflatereaksjon. Epidot i noen sprekker.



Prøvepunkt SØ4:  
Amfibolittlinse; prøve tatt i massiv del med enkelte sprekker.



Prøvepunkt SØ5:  
Amfibolitt tatt i bruddsone som er mineralisert.



Prøvepunkt SØ6:  
Granittisk gneis fra sprekkeplan.



Prøvepunkt SØ6:  
Bilde av prøve som viser massiv granittisk gneis med gulbrunt sprekkeplan, trolig Goetitt (Jernhydroksid).