

SEPTEMBER 2022
DRANGSVANN AS

COWI




SULFIDVURDERINGER AB1 DRANGSVANN

RAPPORT



ADRESSE COWI AS
Tordenskjolds gate 9
4612 Kristiansand S
TLF +47 02694
WWW cowi.no

Dokument informasjon

TITTEL:	Sulfidvurderinger Ab1 - Drangsvann		
COWI-KONTOR:	Kristiansand, Tordenskjoldsgate 9		
OPPDRAK NR:	A245662	Rapportnummer	DOK001
UTGIVELSESDATO:	30.09.22	Antall sider:	15
TILGJENGELIGHET:		Antall vedlegg:	-
UTARBEIDET:	Birgitte Opås	Sign. 	
KONTROLLERT:	Anke Degelmann	Sign. 	
GODKJENT:	Anke Degelmann	Sign. 	
OPPDRAKSGIVER:	Drangsvann AS	Oppdragsgivers kontaktperson:	Fred Ivar Haugen
KONTAKTINFORMASJON SAKSBEHANDLER:	Anke Degelmann, adeg@cowi.com , mobil: 907 919 75 Birgitte Opås, biop@cowi.com , mobil: 993 522 37		
STIKKORD:	Berggrunn, sulfid, kartlegging, forurenset grunn		
FOTO PÅ FORSIDE:	Bilde av lokalitet, Birgitte Opås		

RAPPORT VERSJON:	DATO:	SIGNATUR:
01	30.09.22	

INNHOOLD

1	Innledning	5
2	Geologiske utredninger	5
2.1	Berggrunn	5
2.2	Prøvetaking og kartlegging	6
2.3	Mineralogi	8
2.4	Forvittringsgraden	10
3	Kjemiske undersøkelser	11
3.1	Inndeling i ulike fraksjoner for sulfid og akseptkriterier	11
3.2	Analyseresultater	12
4	Konklusjon	14
5	Referanser	15

1 Innledning

I forbindelse med videre utvikling av området ved Drangsvann (plan ID 902), har Drangsvann AS engasjert COWI for å kartlegge og vurdere eventuelt sulfidholdig berg. Eiendommen ligger på gnr./bnr.: 61/691 m.fl. ved Drangsvann, omtrent 8 km øst for Kristiansand sentrum, se Figur 1-1. Området består i dag av et kupert terreng med tett skogsvegetasjon.

Sulfidholdige bergarter har betydelig risiko for miljøskade ved forurensning av vannmiljø som potensielt kan føre til mobilisering av tungmetaller. Ved terrenginngrep der det er mistanke om forurensning, skal det i henhold til § 2-4 i forurensningsforskriften, utføres undersøkelser for å klarlegge omfanget og betydningen av eventuell forurensning, i dette tilfelle for syredannede bergarter (1). Lillesand kommune har i samarbeid med andre lokale myndigheter utarbeidet en veileder til klassifisering av syredannende bergarter. "Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis, versjon 2,4" (2). Veilederen legges til grunn for vurderingene av syredanningspotensiale og eventuelle tiltak som må iverksettes.



Figur 1-1: Lokalisering av tiltaksområdet ved Drangsvann, Strømme, omtrent 8 km øst for Kristiansand sentrum. Kartutsnitt er hentet fra Norgeskart.no.

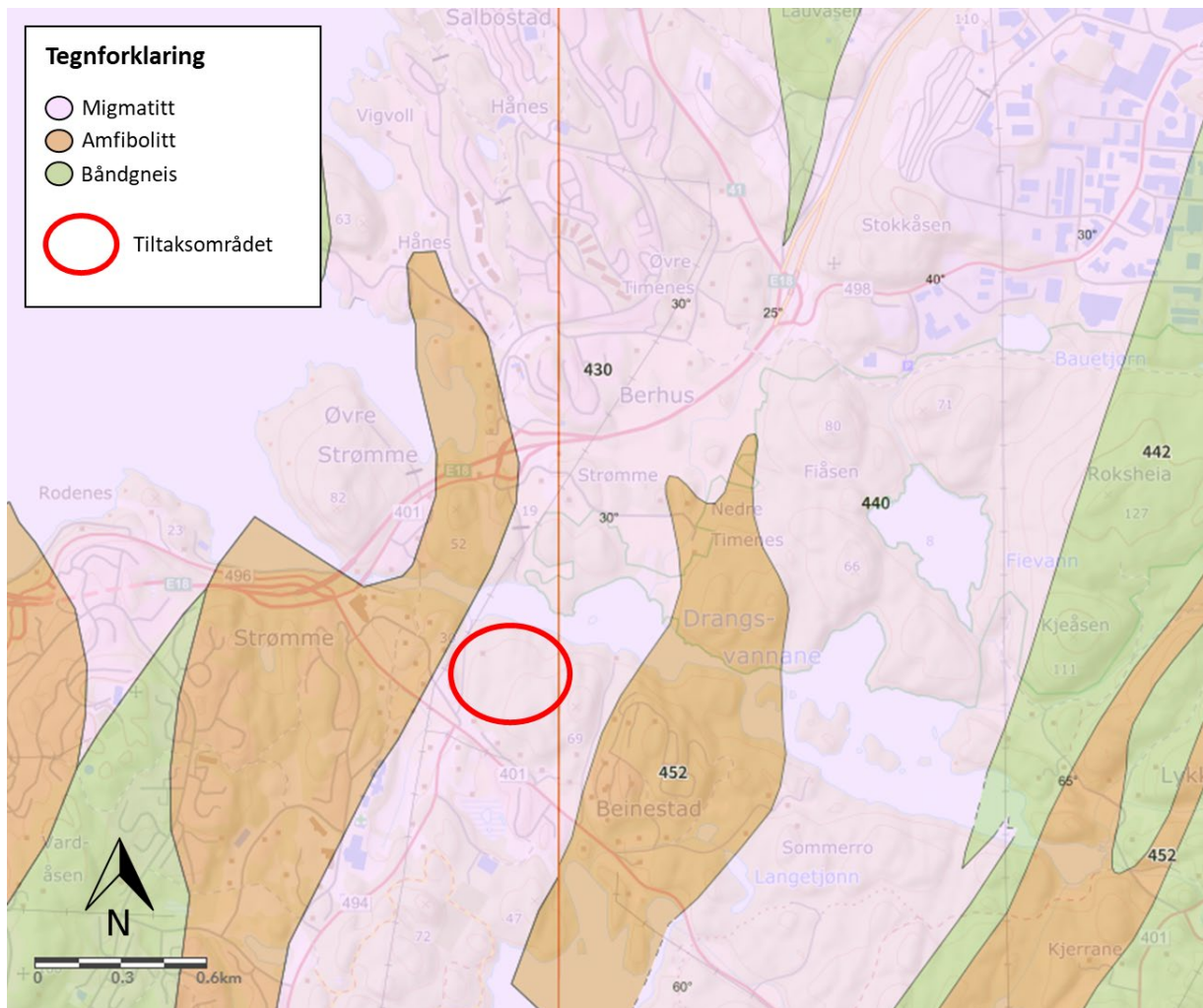
2 Geologiske utredninger

2.1 Berggrunn

Berggrunnen i området tilhører Agderkomplekset som hovedsakelig består av gang- og dypbergarter og omdannede sedimentære og vulkanske bergarter av tidlig- og mellomproterozoisk alder. Berget domineres av migmatittiske båndgneiser, granittiske gneiser, øyegneiser og mindre mengder andre bergarter. Berggrunnen har gått gjennom flere runder med deformasjons- og metamorfosefaser (3).

Berggrunnen rundt Strømme og Drangsvann er ifølge berggrunnskartet til NGU dominert av migmatitt (4). Kartet viser at det også finnes amfibolitter og båndgneiser i nærheten, se Figur 2-1. Ved kartlegging i felt, ser man at lagpakken ofte er mer

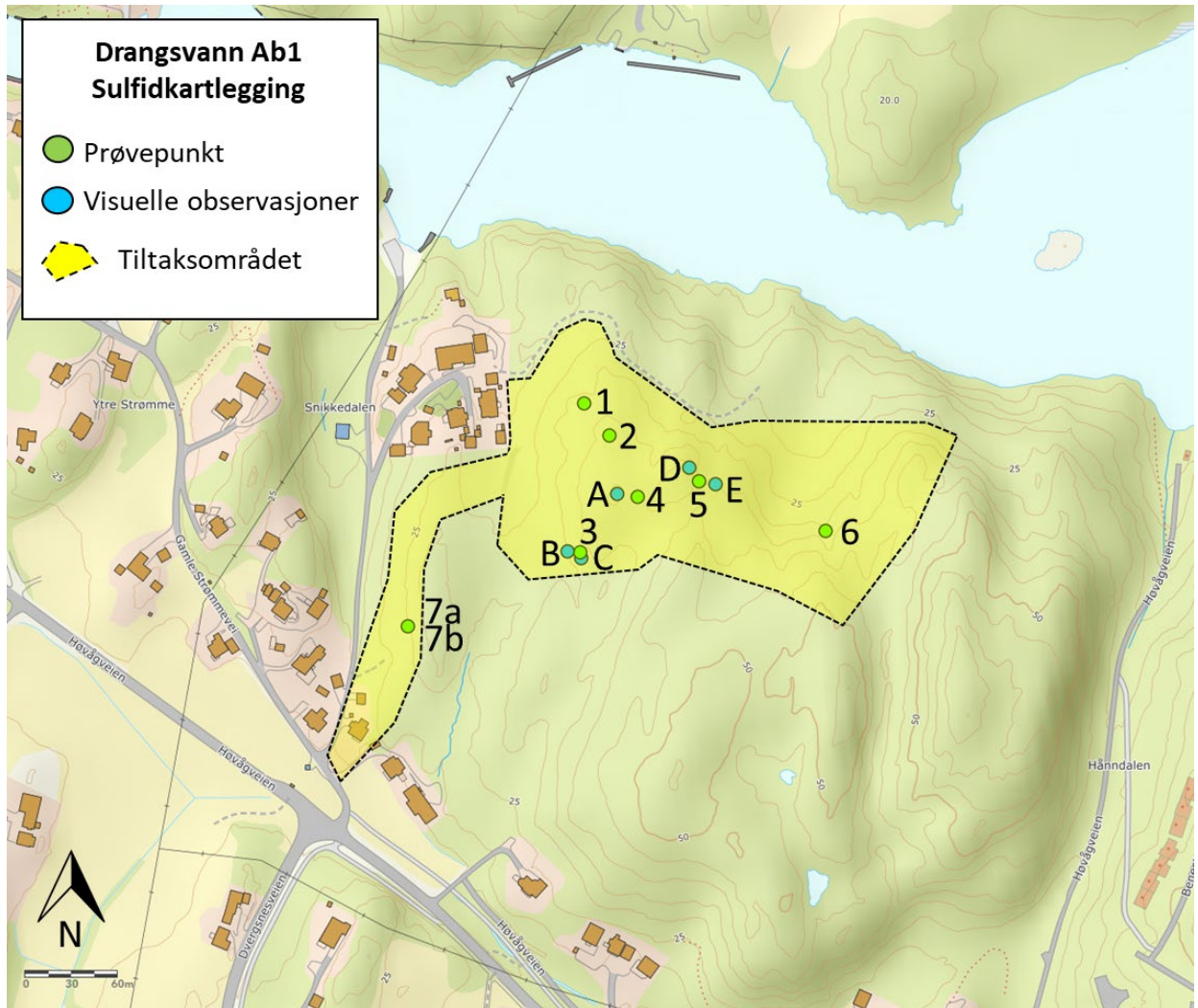
variert enn fremstillingen i berggrunnskartet. I felt ble det observert amfibolitt, øyegneis, flekket gneis, pegmatitt og migmatitt. Den generelle strøkretningen er orientert NØ/SV.



Figur 2-1: Berggrunnskart fra NGU.no viser at hovedbergartene i området er migmatitt. I tillegg er det funnet amfibolitt og øyegneis/flekket gneis.

2.2 Prøvetaking og kartlegging

Tiltaksområdet ble kartlagt 6. september 2022. Det ble gjort visuell undersøkelse av berggrunnen i felt, samt tatt ut 8 steinprøver til analyse og mineralogisk vurdering, se Figur 2-2. Steinprøvene ble tatt fra overflaten av in situ fjell. Berg som er minst påvirket av vann og erosjon er foretrukket for prøveuttak. Prøvelokalitetene representerer så godt det lar seg gjøre variasjonen i bergartene rundt tiltaksområdet.



Figur 2-2: Kart over prøvelokalitetene. Grønne punkt representerer analyserte prøver og syredannende kategori, mens blå punkt markerer visuelle observasjoner gjort i felt.

Tabell 2-1: Visuelle observasjoner er prøvemerket med bokstaver, mens analyserte prøver er merket med tall.

Analyserte prøver	
Lokalitet	Feltbeskrivelse
1	Lys, middelskornet øyegneis med rosa og hvite feltspatøyne. Biotittbånd rundt øynene. Massiv og lav forvitningsgrad.
2	Mørk, middelskornet amfibolitt med hvite feltspatbånd og øyne. Internt forvitret langs foliasjonen og svakhetssoner.
3	Amfibolitt med hvite segresjonsbånd. Høy forvitningsgrad, forvitret både langs foliasjon og på tvers av foliasjonen.
4	Lys og finkornet migmatitt. Forvitret internt med rustdannelse både langs foliasjon og på tvers av foliasjon. Høy forvitningsgrad.
5	Mørk flekket gneis med rosa og hvite feltspatflekker. Moderat forvitningsgrad med forvitring både langs og på tvers av foliasjonen.
6	Amfibolitt med bånd-/øyegneis i veksel. Moderat forvitningsgrad med forvitring både langs og på tvers av foliasjonen.
7a	Migmatitt med lav forvitningsgrad, men rustdannelse på sprekkesoner. Migmatitt og amfibolitt i veksel.

7b	Amfibolitt med lav forvitningsgrad, men rustdannelse på sprekkesoner. Migmatitt og amfibolitt i veksel.
Feltobservasjoner	
Lokalitet	Feltbeskrivelse
A	Mørk, middelskornet amfibolitt med hvite feltspatbånd og øyne. Internt forvitret langs foliasjonen og svakhetssoner.
B	Mørk amfibolitt med hvite bånd (2-4 mm).
C	Amfibolitt med litt bredere hvite segresjonsbånd.
D	Øyegneis. Mindre forvitret enn forrige prøve. Ingen oppsprekking.
E	Pegmatitt med magnetitt. Magnetittkrystaller er i cm- størrelse.

2.3 Mineralogi

Amfibolitt:

Bergarten er mørk, svakt foliert, og fin- middelskornet med feltspatøyne, se Figur 2-3. Den er rik på mineraler som amfibol og plagioklas, med/uten noe mindre andel av biotitt og kvarts. Subhedrale aggregater av sulfidmineralet pyritt opptrer som aksessorisk mineral. Hvite feltspatbånd følger foliasjonen og amfibolitten opptrer ofte i veksel med gneiser. Bergarten har moderat til høy forvitningsgrad og det observeres rustdannelse både langs foliasjonsflater i på tverrgående sprekkeflater.



Figur 2-3: Amfibolitt fra prøvelokalitet 2 og 6. Tydelige hvite feltspatbånd med enkelte øyne opptrer i bergarten.

Øyegneis, flekket gneis og båndgneis:

Bergarten er lys til grå i fargen, fin- middelskornet og rik på mineraler som feltspat, kvarts og biotitt, se Figur 2-4. Kvarts og feltspatanrikningene varierer fra flekker (<0,5 cm), til øyne og bånd. Forvitningsgraden varierer fra lav til moderat. I enkelte prøver kan man observere hull etter forvitrede Fe-rike mineraler, trolig sulfider.



Figur 2-4: Øyegneis og flekket gneis fra lokalitet 1 og 5.

Migmatitt:

Bergarten er lys og fin- middelskornet. Mørke bånd av biotitt forekommer. Mineralsammensetningen er dominert feltspat, kvarts og biotitt. Forvittringsgraden varierer fra lav til høy, se Figur 2-5. Ved høy forvittringsgrad observeres det rustdannelse både langs foliasjonsflatene og på tvers av foliasjonen.



Figur 2-5: Migmatitt med varierende grad av oppsprekking og forvitring.

2.4 Forvittringsgraden

Det er viktig å hensynta grad av forvitring ettersom det er førende for utlekkingspotensialet til metaller i bergarten. For sulfidførende bergarter er det største problemet oksidering av sulfider til sulfater, som raskt kan gi lav pH i vassdragene rundt. Forvittringsprosessen akselerer desto surere miljøet er, så det er viktig at tiltak blir gjort i forkant for å holde pH nøytral (mellom 6-8). Forvitring av sulfider kan ofte observeres som en rødbrun forvittringshud på steinoverflaten eller i svakhetssoner. Store deler av tiltaksområdet viste bergarter med relativ høy forvittringsgrad med oppsprekking og forvitring både langs foliasjonsflatene og tvers av foliasjonen. Se Figur 2-6.



Figur 2-6: Forvitrede bergarter med oppsprekking langs foliasjonen og på tvers av foliasjonen.

3 Kjemiske undersøkelser

3.1 Inndeling i ulike fraksjoner for sulfid og akseptkriterier

Prinsippene i "Retningslinjer for tiltak i områder med syredannede gneis, versjon 2 er styrende for områder med syredannende gneiser på Sørlandet (6). Veilederen er godtatt av bystyret i Lillesand kommune i april 2021 og er lagt til grunn for håndtering av sulfid i prosjektet.

Kristiansand kommune stiller samme krav til undersøkelse av syredannende bergarter, og klassifisering av sulfid er vist i tabell 3-1.

Tabell 3-1: Inndeling etter svovelinnhold og med hydrogenperoksidtest etter upublisert 1.versjon av "Nye retningslinjer for tiltak i områder med syredannede gneis."

Totalt svovel (%)		Hydrogenperoksidtest	Krav til håndtering, jf. forurensningsforskriften § 2-6
≤ 0,15 % svovel	Kategoriseres som ikke syredannede	Ikke krav	Avbøtende tiltak er ikke påkrevd
0,15-0,8 % svovel	Krever måling av reaktivitet for vurdering av syredanningssevne	< 0,7 °C	Ikke syredannede,
		0,7 °C – 1,2 °C	Utarbeidelse av tiltaksplan til håndtering innafor tiltaksområde
> 0,8 % svovel	Kategoriseres som syredannende	> 1,2°C Kategoriseres som syredannede (høy syredanningspotensial e)	Utarbeidelse av tiltaksplan – deponering på godkjent mottak

Svovelanalyse blir brukt til å bestemme andelen sulfid i bergartsprøven. Dette blir gjort siden det er klar sammenheng mellom mengden med sulfid og mengden med svovel i denne typen bergarter. Svovelanalysene er også enklere og billigere å gjennomføre enn direkte analyse av sulfid. Prøvene ble analysert med hjelp av XRF-instrument.

Testing ved hjelp av hydrogenperoksid indikerer bergartens potensiale for sur avrenning. Den ble utviklet til E 18 prosjektet Grimstad - Kristiansand for å kunne identifisere sulfidførende mineraler ute på anlegg, og dermed berggrunnens potensiale for sur avrenning. Peroksidtesten blir utført på en prøve av knust steinmateriale eller på en borestøvprøve. Materiale blir blandet med 7 % hydrogenperoksidløsning. Det er en kjemisk reaksjon hvor det frigjøres energi i form av varme og temperaturøkningen måles etter 25 minutter. Om temperaturøkningen er høyere 0,7 °C vurderer materiale som syredannede.

3.2 Analyseresultater

Det ble tatt totalt 8 steinprøver av bergartene i området. Steinprøvene ble levert til Vannlaboratoriet AS for XRF svovelanalyse og peroksidtest. Resultat er vist i tabell 3-2.

Tabell 3-2: Tabellen viser resultatene fra steinprøvene klassifisert med inndeling etter svovelinnhold etter "Nye retningslinjer for tiltak i områder med syredannede gneis". N.d. står for "not detected". Alle analyseresultatene ligger i grønn kategori, som tilsier at bergarten ikke er syredannende og avbøtende tiltak er ikke påkrevd.

XRF svovelanalyser			Peroksid test			Hovedbergart
Prøvenummer	Resultat svovel i ppm	Resultat svovel i %	Temperatur start °C	Temperatur slutt °C	Temperatur diff. °C	
1	23	0,002	22,4	22,6	0,2	Båndgneis, fin- middelskornet. Rik på feltspat, kvarts og biotitt. Massiv og lav forvitningsgrad.
2	3	0,000	22,4	22,6	0,2	Mørk, fin- middelskornet amfibolitt, med øyestruktur av feltspat. Hovedmineraler er amfibol, hvit feltspat og biotitt. Bergarten er massiv, men med forgylling av biotitt langs foliasjonsflaten, og rustfarging av feltspaten.
3	820	0,082	22,3	22,8	0,5	Mørk, massiv og finkornet amfibolitt. Rik på amfibol og feltspat. Subhedrale aggregater av sulfidet pyritt observeres i håndholdt prøve og mikroskop. Rustdannelse langs foliasjonsflatene og på eksponerte flager.
4	109	0,011	22,3	22,5	0,2	Lys, fin- middelskornet migmatitt rik på mineralene hvit feltspat, kvarts og biotitt. Mørke, tynne bånd av biotitt forekommer. Moderat-høy forvitningsgrad med rustdannelse og oppsprekking langs foliasjonsflaten og sprekkeflater.
5	n.d.	<0,001	22,3	22,8	0,5	Fin- middelskornet og relativt mørk flekket gneis. Rik på hvit og rosa feltspat, kvarts og biotitt. Observerer flere hull etter forvitrede mineraler, trolig sulfider.
6	n.d.	<0,001	22,3	22,7	0,4	Fin- middelskornet, svakt foliert amfibolitt rik på hornblende, plagioklas og noe kvarts.
7-7a	99	0,0099	22,3	22,9	0,6	Fin- middelskornet migmatitt rik på feltspat, kvarts og biotitt. Hornblende i mer amfibolittiske bånd. Lav forvitningsgrad, noe forgylling av biotitten.
7-7b	92	0,0092	22,3	23,3	1	Fin- middelskornet amfibolitt rik på amfibol og plagioklas. Noe biotitt og kvarts. Lav forvitningsgrad, forgylling av biotitten på eksponerte overflater eller i svakhetssoner.

Av prøvene som ble analysert ligger alle under 0,15 % svovel og klassifiseres som ikke syredannende med tanke på svovelprosent. I dette område er det amfibolitten som har høyest utslag på svovel, det er også i denne bergarten man kan observere pyrittagregater, som er et svovelholdig mineral. Amfibolitten i prøve 7b var den eneste som slo ut på peroksid testen, men viser veldig lave konsentrasjoner av svovel og det ble ikke observert sulfidmineraler i mikroskopet. Men siden innholdet av svovel er veldig lavt, og andelen av den bergarten i hele bergmassen er relativt liten ettersom den ligger i veksel med en ikke syredannende bergart, tolkes det til at den har lavt syredannende potensiale.

4 Konklusjon

Det konkluderes med at bergartene i området ikke har potensiale til å generere sur avrenning ved utsprengning, og avbøtende tiltak er ikke påkrevd. Massene kan håndteres som rene masser med hensyn til faren for sur avrenning.

5 Referanser

1. **Forurensningsforskriften.** Forskrift om begrensnig av forurensning (forurensningsforskriften). *Lovdata*. [Internett] Lovdata, 13 03 1981. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>.
2. **Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder.** *Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis*. Lillesand : Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, 2021.
3. **Kaste, Øyvind, Frigstad, Ole Fritdjof og Hindar, Atle.** *Undersøkelser av avrenning fra sulfidholdige bergarter rundt Travparken/Sørlandshallen i Kristiansand kommune*. Kristiansand : NIVA, 1995.
4. **NGU.** NGU.no. *Database for geologiske enheter*. [Internett] NGU. [Sisert: 10 05 2022.] https://aps.ngu.no/pls/utf8/geoenhet_SokiDb.Vis_enhet?p_id=145063&p_spraak=N.
5. **COWI.** *Rapport sulfidkartlegging campus Grimstad*. Kristiansand : COWI, 2022.
6. **Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder.** Lillesand kommune. *Syredannende bergarter (sulfid) i Lillesand kommune*. [Internett] Lillesand kommune, 09 03 2021. [Sisert: 13 12 2021.] <file:///C:/Users/BIOP/AppData/Local/Temp/1/MicrosoftEdgeDownloads/f01d19f0-0326-4f70-8c77-034bce57e372/Retningslinjer+for+tiltak+i+omr%C3%A5der+med+syredannende+gneis.+ver.+24.pdf>.