

Vedlegg 10: Geologiske undersøkelser og vurderinger av utfyllingsmassene

1 Innledning

Massenes opprinnelse (bergartstype), hvordan de er tatt ut og eventuelt også benyttet tidligere, er av stor betydning for aktuelle bruksområder. Dette er avgjørende for all bruk av masser, men spesielt med tanke på utfylling i sjø, hvor kravene til type masser, mineralogi og kjemisk sammensetning er sentrale. I tillegg til de mekaniske¹ egenskapene til steinmassene er det også viktig å innhente informasjon for å belyse faktorer knyttet til utfyllingsmassene som kan hindre oppnåelse av vannforskriftens miljømål (se vedlegg 3) eller på annen måte påvirker resipient negativt. Blokkstørrelse, overflatestruktur eller andre behov som stilles for å legge til rette for reetablering av biologiske samfunn bør også kartlegges, se vedlegg 6.

2 Nødvendige undersøkelser – oppsummert

Under gis en oppsummering av de trinnvise undersøkelsene som er beskrevet i mer detalj i dette vedlegget. I tillegg til beskrivelsene gitt her anbefales det å benytte Statens vegvesens håndbøker R210 [1] og R211 [2], og den geologiske veilederen «Forundersøkelser og bruk av kortreist stein. En geologisk veileder» [3] for ytterligere informasjon om feltkartlegging og geologiske undersøkelser. Bergartstyper og bruksformål vil legge føringer for hvor omfattende undersøkelsene bør være, dvs. hvor mange av de beskrevne trinnene under som bør utføres.

Trinn	Beskrivelse
Trinn 1: Geologisk kartlegging ²	<ul style="list-style-type: none">• Første inntrykk/overordnet kartlegging av bergmassenes mekaniske, mineralogiske og kjemiske egenskaper, samt forvitringsgrad.• Informasjonen benyttes til å vite hva bergmassen kan eller ikke kan benyttes til (f.eks. om det er kvalitetsmasser), samt som dokumentasjon ved gjenbruk, nyttegjøring, utfylling eller deponering.
Trinn 2: Mineralogiske undersøkelser	<ul style="list-style-type: none">• Mineralogi er kunnskap om hvilke mineraler en bergart inneholder.• Eksempler på mineraler er kvarts, feltspat, glimmer, amfibol, pyroksen og svovelkis.• Mineraler er satt sammen av kjemiske stoffer, bunnet i en bestemt krystallstruktur [4].• Kjennskap til mineralogien er viktig fordi noen mineraler er mindre stabile enn andre og har dermed et høyere utlekkingspotensiale (se punkt 4 og 6).
Trinn 3: Kjemisk sammensetning	<ul style="list-style-type: none">• Hvilke kjemiske stoffer som sitter i mineralene / bergarten. Undersøkes ved totalkjemiske analyse.• <u>Kjemisk innhold kan ikke uten videre sammenlignes med grenseverdier for sedimenter (M-608 [5]) eller tilstandsklasser for forurenset grunn [6], da det er utlekkingspotensialet som vil være styrende for miljørisiko.</u>
Trinn 4: Syredannende egenskaper	<ul style="list-style-type: none">• Kjemisk forvitring³ av sulfidmineraler i berg kan danne sur avrenning når sulfidene kommer i kontakt med oksygen og fukt/vann.• Dette kan medføre en akselerert utlekking av tungmetaller (se punkt 6).• Syredannende potensial er spesielt aktuelt når steinmasser skal fylles ut i ferskvann.• Dette fordi ferskvann og omgivelsene rundt er mer sårbar for pH-endring og økt utlekking av tungmetaller.

¹ Mekaniske egenskaper - beskriver materialets (bergartens) evne til å motstå nedkusing og slitasje ved bruk i konstruksjoner. Det stilles krav til materialenes komprimerbarhet, stabilitet og telefarlighet (krav til kornform, korngradering, maks. finstoffinnhold). [56]

² Geologisk kartlegging - innhenting av geologisk informasjon (f.eks. fra kart eller befarings) uten laboratorieundersøkelser.

³ Kjemisk forvitring - nedbrytning (forvitring) av mineraler gjennom kjemisk reaksjon med luft og vann/fukt, som endrer bergartens sammensetning [19].

Trinn	Beskrivelse
	<ul style="list-style-type: none"> • Bør også undersøkes ved utfylling i sjø, selv om sjøvann er mindre følsomt mot pH-endringer på grunn av dets naturlige bufferkapasitet. • Spesielt viktig dersom det kan forekomme endringer i redoksforhold som kan påvirke mobiliteten av metaller. • <u>Det finnes ingen helhetlig veileder for klassifisering av syredannende berg, og tilgjengelige anbefalinger kan ikke benyttes ukritisk på andre type bergarter eller for lokaliteter utenfor de gitte geologiske områdene som veilederne er utarbeidet for.</u>
Trinn 5: Utlekkingspotensiale	<ul style="list-style-type: none"> • Informasjonen fra mineralogiske- og kjemiske undersøkelser vurderes sammen for en helhetlig forståelse av bergartens utlekkingspotensiale. • Grad av utlekking er styrt av mineralogi i utfyllingsmassene og stedlige forhold. • Det er ikke nødvendigvis noen direkte sammenheng mellom totalkjemisk sammensetning og grad av utlekking fra en bergmasse. • <u>En kvalitativ vurdering gjøres basert på resultater fra tidligere trinn. Utlekkingstester kan utføres som støtteparameter, men merk at resultater fra kolonnetest (NS-EN 14405 [7]) og ristetest (NS-EN 12457 [8]) etter avfallsforskriften ikke nødvendigvis er overførbare til å vurdere utlekking fra utfyllingsmasser.</u> • Det finnes i dag ikke standardiserte utlekkingstester som kan benyttes ukritisk på tvers av prosjektene og utfyllingsmassene og som egner seg for å vurdere miljøkonsekvensene av å fylle ut steinmasser i sjøvann. • Bruk av geokjemiske modeller kan støtte vurderinger av utlekkingspotensiale. • Det anbefales å undersøke alle bergartstypene som skal fylles ut.
Trinn 6: Uttaksmetode	<ul style="list-style-type: none"> • Uttaksmetoden legger føringer for hvordan sammensetningen og egenskapene til bergmassene blir, både når det gjelder mulig tilført forurensning, kornfordeling eller partikkelform. • Hvordan massene er tatt ut eller skal tas ut, bør derfor avklares. • Mulig tilført forurensning er f.eks. sprengstoffrester, betongrester fra injeksjonsarbeider, bunnrensk fra tunneldriving eller betong-/fiberrester fra bergsikring med sprøytebetong.
Trinn 7: Kornfordeling	<ul style="list-style-type: none"> • Massenes kornfordeling (finstoff, grus, blokk). • Hvor mye finstoff utfyllingsmassene inneholder og hvordan dette kan påvirke levevilkår til biota i påvirkningsområdet negativt.
Trinn 8: Partikkelform	<ul style="list-style-type: none"> • Massenes partikkelformer (avrundet, skarpkantet). • Hvilken effekt ev. skarpkantede eller nåleformede (flisige) partikler fra boring, sprenging og/eller knusing kan ha på fisk og andre akvatiske biota i utfyllingsområdet.

3 Mulige avbøtende tiltak

Basert på resultatene fra kartlegging og bergartstester vil avbøtende tiltak bli valgt. Dette kan bl.a. omfatte:

- Valg av uttakssted, der dette er mulig.
 - Tunnelstein kan ha et høyere finstoffinnhold enn dagsprengt stein.
 - Det kan f.eks. være store infrastrukturprosjekter der det både tas ut sprengstein fra bergskjæringer og tunneler.
- Valg av uttaksmetode.
 - Dersom bergartstypen inneholder mye myke mineraler (eks. glimmer) kan valg av uttaksmetode for å minimere mengde finstoff bidra til å øke mengden stein som kan gjenbrukes.
- Benytte innhentet informasjon sammen med vurderinger under uttak, slik at bergarter med ulik kvalitet eller kjemisk sammensetning sorteres. F.eks. kan det sorteres på:
 - Potensiale for syredannelse.
 - Mulig tilført forurensing (sprengstoff, betong, bunnrensk).
 - Kornfordeling (blokk vs. finstoff).
 - Styrkeegenskaper/bergmekaniske egenskaper.
- Ved større uttaksmengder kan mobilt knuseverk være et godt alternativ for å klargjøre massene til gjenbruk eller nyttgjøring.
- Dersom det skal benyttes ulike bergartstyper, kan det planlegges for hvordan og hvor de ulike bergartene benyttes, f.eks. slik at utfyllingens overflate plastres med de mest inerte bergarter.

4 Nødvendige undersøkelser – detaljert

4.1 Trinn 1: Geologisk kartlegging i tidlig fase

Geologisk kartlegging av bergmasser til utfylling bør skje i en tidlig prosjektfase, fortrinnsvis før massene blir tatt ut. Det hentes i denne fasen ikke inn informasjon fra laboratorieundersøkelser. Målet med kartleggingen er å få en tidlig forståelse av hvilke type bergarter som opptrer innenfor prosjektområdet og hvilke egenskaper (mekanisk, kjemisk, mineralogisk) bergarten kan forvente å ha.

Kartleggingen utføres som skrivebordsstudie, før ev. befaring av området og kartlegging av tilgjengelige bergskjæringer og bergblotninger. I noen tilfeller kan det også være aktuelt med kjerneboringer for å kartlegge bergmassene som ligger dypere ned. Husk at et geologisk kart gir et 2D-bilde av overflaten. Dersom det skal drive en tunnel i dypere lag bør kartleggingen ha fokus på å danne et 3D-bilde.

Alle bergarter som ventes å forekomme i prosjektområdet kartlegges og beskrives. Det bør samtidig utføres en overordnet beskrivelse av bergartenes mineralogi. Forvitringstilstand og dannelse av sekundærmineraler anses som viktig faktor som påvirker utlekkingssegenskapene (se trinn 6), og forvitringsgrad kan vurderes ved befaring av området både før og under uttak av berg.

Et første inntrykk av bergets mekaniske egenskaper kan dannes ved å se på type bergart, kornstørrelse, svakhetssoner, opptreden av leirbelegg på sprekkeplan, grad av oppsprekking, flisighet og tegn til mekanisk og kjemisk forvitring. Bruk av håndholdt XRF kan benyttes til en overordnet kartlegging av bergartenes kjemi.

4.2 Trinn 2: Mineralogi

Mineralogi er kunnskap om hvilke mineraler en bergart inneholder. Mineralene er satt sammen av grunnstoff, bunnet i en bestemt krystallstruktur [4]. Det vil si at der en kjemisk analyse ser på total mengde av de ulike kjemiske stoffene, vil en mineralanalyse se på hvordan grunnstoffene er bundet sammen. Eksempler på mineraler er kvarts, feltspat, glimmer, amfibol, pyroksen og svovelkis. Kunnskap om bergmassens mineralogi er viktig fordi noen mineraler er mer stabile enn andre og bidrar ikke til økt utlekkingspotensiale.

Full-kvantitativ mineralogianalyse med XRD er tidskrevende, men ofte vil en semi-kvantitativ mineralogianalyse gi en tilstrekkelig oversikt over hovedmineralene i den undersøkte bergmassen. Utfordringen er at spormineralene (f.eks. sulfid- og karbonatmineraler) og amorfe oksider, som oftest bidrar mest til utlekking i starten, er vanskelig å kvantifisere ved XRD metoden. For å få en oversikt over hvilke mineraler som mest sannsynlig er assosiert med hovedmineralet, bør XRD utføres i kombinasjon med analyse av kjemisk sammensetning. For en detaljert forståelse av hvordan metallene er bundet i mineralet utføres det utvidede analyser.

Metallene som er omfattet av vannforskriften [9] forekommer ofte i svært lave konsentrasjoner i mange ulike bergartsdannende mineraler. Selv med informasjon om overordnet mineralogi kan det være utfordrende å konkludere hvilke mineraler som er hovedbidragsyter til eventuell utlekking av metaller.

Avhengig av prosjektets behov for detaljert dokumentasjon, kan tynnslip og SEM-analyser (scanning electron microscope) brukes for å få et mer detaljert innhold av prøven [10]. Analyse med mikroskop vil også gi informasjon om hvordan primær og sekundær mineralene forekommer (f.eks. størrelse, tekstur og plassering i forhold til hverandre) noe som blant annet kan være nyttig i vurdering av potensiale for syredannende reaksjoner (se trinn 4).

4.3 Trinn 3: Kjemisk sammensetning

Den kjemiske sammensetningen er innholdet av de grunnstoff som utgjør mineralene i en bergart. Kjemiske analyser bør som minimum omfatte arsen og metaller som er dekket av vannforskriften, enten som prioriterte stoff eller som vannregionspesifikke stoffer. Dersom det er mistanke om syredannende berg, bør prøvene analyseres for flere parametere, som for eksempel svovel.

Antall prøver som sendes til analyse er avhengig av volumet av steinmasser som skal fylles ut. Det er ikke en egen norsk veileder for undersøkelser av sprengstein, men det svenske instituttet for standarder (SIS) [11] har utarbeidet anbefaling for antall prøver, basert på massevolumet, vist i Tabell 1. Antall prøver er basert på anbefalinger fra prøvetaking av avfall fra bergindustri. Anbefalingene fra SIS bør benyttes som en pekepinn for hvor mange prøver det bør planlegges for ved undersøkelse av bergmasser til utfylling i sjø.

Antall prøver gjelder per bergart. Dersom utfyllingsmasser består av flere bergarter, beregnes antall prøver ut fra volumet til hver bergart. Sedimentære bergarter med hyppig veksling mellom f.eks. sandstein og skifer i en lagpakke, kan håndteres som én bergart. Hver prøve bør inneholde ca. 5 kg steinmateriale bestående av 15-20 stikkprøver som blandes sammen til én prøve. Det anbefales å ta prøver av både uforvitrede og forvitrede lag innad i én og samme bergart, der lagene analyseres separat. Dette er særlig viktig for potensielt syredannende berg.

Tabell 1: Anbefalte antall prøver per kubikk meter utfylte masser [11].

Volum (m ³)	Antall prøver (N)
<500	1
501-2 500	2
2 501-5 500	3
5 501-9 500	4
9 501-14 000	5
0.0419*M ^{0.5} (hvor M er mengde i m ³)*	N

*Opprinnelig formel er basert på tonn. Formel er omregnet til mengde i m³ ved bruk av en tetthet på 2,6 tonn/m³ (modalverdi stein [12]).

Den anbefalte analysemetoden for å identifisere kjemisk sammensetning i en bergart er ved total opplutning. Det kan benyttes XRF-analyse (utført på laboratorium) eller våtkjemiske metoder utført hos laboratorium. Grad av oppløsning av mineraler under laboratorieanalyse er avhengig av opplutningsmetoden. Det bemerkes at normverdi og tilstandsklasser er utarbeidet basert på analysemetode der prøven oppsluttes⁴ med svake syrer (f.eks. 7N HNO₃). Ved en slik analyse vil ikke alle mineralene bli oppløst. Dersom det avdekkes høye konsentrasjoner av et metall i en prøve, vil kunnskap om hvilke mineral(er) metallene er bundet i være avgjørende for å vurdere miljørisiko i forbindelse med utlekking.

XRF-analyse med håndholdt apparat anses om en innledende undersøkelse (screening) og kan være et godt hjelpemiddel i tidlige undersøkelsesfase.

Analyseresultater sammenlignes med typiske verdier i den aktuelle bergarten, se for eksempel:

- NGU veileder TA-2683 [13]
- [Georoc databasen](#) [14].
- NGUs Geokjemiske atlas for Norge [15]

Det bør bekreftes at kjemisk sammensetning og mineralogi stemmer overens både med hverandre og med geologisk kartlegging.

Kjemisk innhold i berg kan ikke uten videre sammenlignes med grenseverdier for sedimenter M-608 [5] eller tilstandsklasser forurensning [6], da det er utlekkingspotensialet som vil være styrende.

4.4 Trinn 4: Syredannende egenskaper

Kjemisk forvitring av sulfidmineraler i berg kan danne sur avrenning når sulfidene kommer i kontakt med oksygen og fukt/vann, gjennom forvitring av sulfidene ved kjemisk reaksjon. Når det dannes et surt miljø, vil det medføre en akselerert utlekking av tungmetaller (se også trinn 6).

Vurdering om berget er syredannende eller ikke, er spesielt aktuelt når steinmasser skal fylles ut i ferskvann. Dette fordi ferskvann og omgivelsene rundt kan bli kraftig påvirket av endringer i pH og økt utlekking av tungmetaller. Selv om sjøvann er mindre sårbart for pH-endring på grunn av dets naturlige bufferkapasitet, bør utlekking av tungmetaller og reduksjon i pH undersøkes før utfylling. Dette gjelder spesielt hvis det kan forekomme endringer i redoksforhold som kan påvirke mobiliteten av metaller.

Norge har per dags dato ikke en helhetlig veileder for klassifisering av syredannende berg. Det henvises til følgende for anbefalinger om klassifiseringsmetodikken. Nevnte veiledere kan ikke benyttes ukritisk på

⁴ Oppslutning - Overføre et uløselig eller tungt løselig stoff (f.eks. en stein) til løselig form ved hjelp av syrer.

andre type bergarter eller for lokaliteter utenfor de gitte geologiske områdene som veilederne er utarbeidet for:

Bergarter i Oslofeltet:

- M-2105 Håndtering av potensielt syredannende svartskifer [16].

Sulfidholdige gneis:

- Stockholm Stad (2021): Vägledning Provtagning och klassificering av sulfidförande berg [17].
- Trafikverket (2015): Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter [18].
- ENVIX (2022): Utveckling av effektiva och relevanta metoder för bedömning av bergmaterial innehållande metallförande sulfidmineral [19].
- Statens vegvesen rapport nr 922 (2023): Sur avrenning frå rusta svovelförande gneis. FoU-prosjektet MilGRO 2022-2024 [20].
- Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder (2021): Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis [21].

Internasjonale veiledere:

- MEND Program (2009) Prediction manual for drainage chemistry from sulphidic geologic materials. MEND Report 1.20.1 [22].
- The International Network for Acid Prevention (INAP) (2014) Global Acid Rock Drainage Guide (GARD) [23].
- Ian Wark Research Institute (2002) ARD Test Handbook. Prediction & kinetic control of acid mine drainage. AMIRA International [24].

4.5 Trinn 5: Utlekkingspotensiale

Utlekking er tap av den løselige fraksjonen av et stoff til det ytre miljøet. Begrepet brukt i dette Veikartet omfatter kjemisk forvitring, desorpsjon⁵ og kationutbytte⁶. Kunnskapen om hvilke mineraler som er til stede og den kjemiske sammensetningen i bergmassen, gir grunnlag for en vurdering av hvilke mineraler som er lettløselige og hvilke mineraler som inneholder arsen og andre tungmetaller, som kan ha toksiske effekter for resipient. Grad av utlekking er styrt av mineralogi og stedlige forhold. Det er ingen direkte sammenheng mellom totalkjemisk sammensetning og grad av utlekking fra en bergmasse.

Det finnes i dag ikke standardiserte utlekkingsstester som kan benyttes ukritisk på tvers av prosjektene og utfyllingsmassene og som egner seg for å vurdere miljøkonsekvensene av å fylle ut steinmasser i sjøvann. Standard utlekkingsstester som benyttes for basiskarakterisering av avfall i henhold til avfallsforskriften [25] (kolonnetest (NS-EN 14405 [7]) og ristetest (NS-EN 12457 [8]) utføres på finstoff som er oppstått ved å knuse materialet fra større fraksjoner ned til mindre enn 4 mm, noe som gir kunstig høy overflate sammenlignet med hva som vil skje når stein legges i sjøen. I tillegg har utlekkingsstestene for kort varighet, sammenlignet med hvor lenge massene blir liggende i sjøen. Ved karakterisering av byggevarer benyttes det NS-EN 16637-serien [26], [27], [28].

Det anbefales å utføre en kvalitativ vurdering om utlekkingspotensialet basert på resultater fra trinn 1-4. Inntil en anbefaling fra pågående forskningsarbeid om utlekkingsstester for steinmasser er offentliggjort, anbefales det at utlekkingsstestene nevnt over benyttes som støtteparametere. Vannet som er brukt til

⁵ Desorpsjon – et fenomen der et stoff frigjøres fra eller gjennom en overflate.

⁶ Kationutbytte – reversible bytte av kationer på en uløselig overflate.

utlekkingsstestene bør være, så langt som mulig, vann fra selve utfyllingsområdet. Det utføres separat analyse av vannet, for å se på bakgrunnsverdier for metaller i vannprøven. Det er viktig å huske på at resultater fra testing etter avfallsforskriften ikke nødvendigvis er overførbare til å vurdere utlekking fra utfyllingsmasser.

Geokjemiske modeller er også et verktøy som kan brukes i vurderinger av utlekkingspotensiale.

4.6 Trinn 6: Uttaksmetode

Det bør avklares hvordan utfyllingsmassene er tatt ut eller skal tas ut og om de inneholder tilført forurensning, som kan påvirke krav til håndtering og fremtidige bruksområder for massene. Mengde og type forurensning i massene kan være ulik avhengig av om bergmassene er tatt ut fra bergskjæring i dagen eller inne i tunnel. Mulig tilført forurensning kan f.eks. være sprengstoffrester, betongrester fra injeksjonsarbeider, bunnrensk fra tunneldriving eller betong-/fiberrester fra bergsikring med sprøytebetong. Dersom massene er forurenset må de håndteres iht. forurensningsloven [29] og de kan normalt ikke benyttes til utfylling uten avbøtende tiltak.

Forskjellige uttaksmetoder produsere ulik mengde finstoff og skarpkantede partikler. Ved sprengning av bergskjæring i dagen blir det ofte større steiner og mindre finstoff enn det tunnelsprengning gir. Ved bruk av tunnelboremaskin kan finstoffmengden være dominerende for de massene som tas ut. Uttaksmetoden legger derfor føringer for mulig bruk av massene.

4.7 Trinn 7: Kornfordeling

Før utfylling finner sted avklares det hvilke krav som skal stilles til kornstørrelsene for å oppnå en stabil fylling iht. geotekniske krav (se vedlegg 9). Det bør også kartlegges hvilken effekt finstoff i utfyllingsmassene kan ha for levevilkår til biota i påvirkningsområdet da hastighet av kjemiske reaksjoner er avhengig av kornstørrelse.

Det anbefales å gi en oversikt over forventet partikkelfordeling, i henhold til:

- NS-EN 13383-1 [30] – Vassbyggningsstein (øvre steinstørrelse > 700 mm).
- NS 3468 [31] – Grove steinmaterialer (øvre steinstørrelse > 90 mm).
- NS-EN 13242 [32] – Mekanisk stabiliserte materialer (øvre steinstørrelse < 90 mm).
- Eventuelt kan det mest ugunstige finstoffinnholdet gitt i generelle konfordelingskurver fra annen litteratur benyttes, eksempelvis fra TBM-kaks - karakterisering og potensiale for nyttiggjøring, på land og i sjø [33].

4.8 Trinn 8: Partikkelform

Med massenes partikkelformer menes det om partiklene har en form som er avrundet, skarpkantet eller nålformet (flisig). Naturlig eroderte partikler som sand får en avrundet form, mens bergboring, bergsprengning og knusing av berg ofte resulterer i mer skarpkantede partikler.

Det bør avklares hvilken partikkelform utfyllingsmassene består av og hvilken effekt ev. skarpkantede eller nåleformede (flisige) partikler kan ha på fisk og andre akvatiske biota i utfyllingsområdet.

5 Referanser

- [1] Statens vegvesen, «Feltundersøkelser - Håndbok R211,» 2021.
- [2] Statens vegvesen, «Laboratorieundersøkelser - Håndbok R210,» 2024.
- [3] SINTEF akademisk forlag, «Forundersøkelser og bruk av kortreist stein. En geologisk veileder,» 2019.
- [4] Universitetet i Tromsø, «Geologiskolen,» [Internett]. Available: <http://geologiskolen.uit.no/generellGeologiskolen/generell/materiale/materiale2a.htm>. [Funnet 02 2024].
- [5] Miljødirektoratet, «M-608 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020,» 2020.
- [6] Miljødirektoratet, «Forurenset grunn-veileder,» [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/forurenset-grunn/for-naringsliv/forurenset-grunn-veileder/>. [Funnet 04 2024].
- [7] Standard Norge, «NS-EN 14405:2017 Karakterisering av avfall - Prøvetaking av utlekkingssegenskaper - Oppstrøms kolonneprøver (under spesielle forhold),» 2017.
- [8] Standard Norge, «NS-EN 12457 Karakterisering av avfall - Utlekking,» 2002.
- [9] Klima- og miljødepartementet, Lovdata, «Forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften),» 2007/2021. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>. [Funnet 02 2024].
- [10] Standard Norge, «NS-EN 932-3:2022. Prøvmåter for generelle egenskaper for tilslag. Del 3: Prosedyre og terminologi for forenklet petrografisk beskrivelse,» Standard Norge.
- [11] Svenska standard institutet (SIS), «Karaktärisering av avfall - Provtagning av avfall från utvinningsindustrin,» 2013.
- [12] Britannica, Encyclopedia, «Physical Properties,» 2023. [Internett]. Available: <https://www.britannica.com/science/rock-geology/Physical-properties>. [Funnet 10 2023].
- [13] Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), «Områder i Norge med naturlig høyt bakgrunnsnivå (over normverdi) - betydning for disponering av masser,» 2011.
- [14] GEOROC, «The GEOROC database (Chemistry of Rocks of the Oceans and Continents),» Georg-August-Universität Göttingen, [Internett]. Available: <https://georoc.eu/georoc/new-start.asp>. [Funnet 11 2023].
- [15] Norges Geologiske Undersøkelser (NGU), Geokjemisk atlas for Norge - Del 1: Kjemisk sammensetning av flomsedimenter, 2000.
- [16] Norconsult, «Supplerende ingeniørgeologiske vurderinger fra Sentrumsgården Stange,» 2021.

- [17] Stockholm Stad, «Vägledning Provtagning och klassificering av sulfidförande berg,» 2021.
- [18] Trafikverket, «Rapport - Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter,» 2015.
- [19] Envix Nord AB, «Slutrapport - Utveckling av effektiva och relevanta metoder för bedömning av bergmaterial innehållande metallförande sulfidmineral,» 2022.
- [20] Statens vegvesen, «Sur avrenning frå rusta svovelførande gneis. FoUI-prosjektet MILGRO 2022-2024. Rapport Nr. 922,» 2023.
- [21] Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, «Retningslinjer for titlak i områder med syrendannende gneis,» 2021.
- [22] MEND Program, «Prediction manual for drainage chemistry from sulphidic geologic materials. MEND Report 1.20.1,» 2009.
- [23] INAP, «Global Acid Rock Drainage Guide,» 2014.
- [24] an Wark Research Institute and Environmental Geochemistry International Ltd., Melbourne., «ARD Test Handbook. Prediction & kinetic control of acid mine drainage. AMIRA International,» 2002.
- [25] Lovdata, «Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften),» [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930/KAPITTEL_9#%C2%A79-3. [Funnet 01 2024].
- [26] Standard Norge, «NS-EN 16637-1:2023 Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Part 1: Guidance for the determination of leaching tests and additional testing steps,» 2023.
- [27] Standard Norge, «NS-EN 16637-2:2023 Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Part 2: Horizontal dynamic surface leaching test,» 2023.
- [28] Standard Norge, «NS-EN 16637-3:2023 Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Part 3: Horizontal up-flow percolation test,» 2023.
- [29] Klima- og miljødepartementet, Lovdata, «Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven),» 1983/2023. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>. [Funnet 01 2024].
- [30] Standard Norge, «NS-EN 13383-1:2002 Armourstone — Part 1: Specification,» 2002.
- [31] Standard Norge, «NS 3468:2019 Grove steinmaterialer til bruk i bygge- og anleggsarbeid - Spesifikasjon,» 2019.
- [32] Standard Norge, «NS-EN 13242:2002+A1:2007+NA:2009 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging,» 2002.
- [33] B. E. D. M. o. E. Langford, «TBM-kaks - karakterisering og potensiale for nyttiggjøring, på land og i sjø,» *Fjellsprengningsteknikk, Bergmekanikk/Geoteknikk*, pp. 6.1 - 6.21, 2020.

- [34] Store Norske Leksikon, «Kjemisk forvitring,» [Internett]. Available: https://snl.no/kjemisk_forvitring. [Funnet 03 2024].
- [35] Statens vegvesen, «Vegbyggingsmaterialer,» 2024. [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/vegteknologi/vegbyggingsmaterialer/>. [Funnet 09 2024].