



Detaljregulering E18 Ytre ringvei

Fagrapport Forurensning

juni | 23

Innledende undersøkelser av forurenset grunn og sediment, samt syredannende berg

Nye Veier AS Kjøita 6
4630 Kristiansand
nyeveier.no

FAGRAPPORF FORURENSNING

Oppdragsnr:	5206182
Oppdragsnavn:	Detaljregulering E18 Ytre ringvei
Dokument nr.:	NV42E18YR-YML-0006
Filnavn	Fagrapport Forurensning

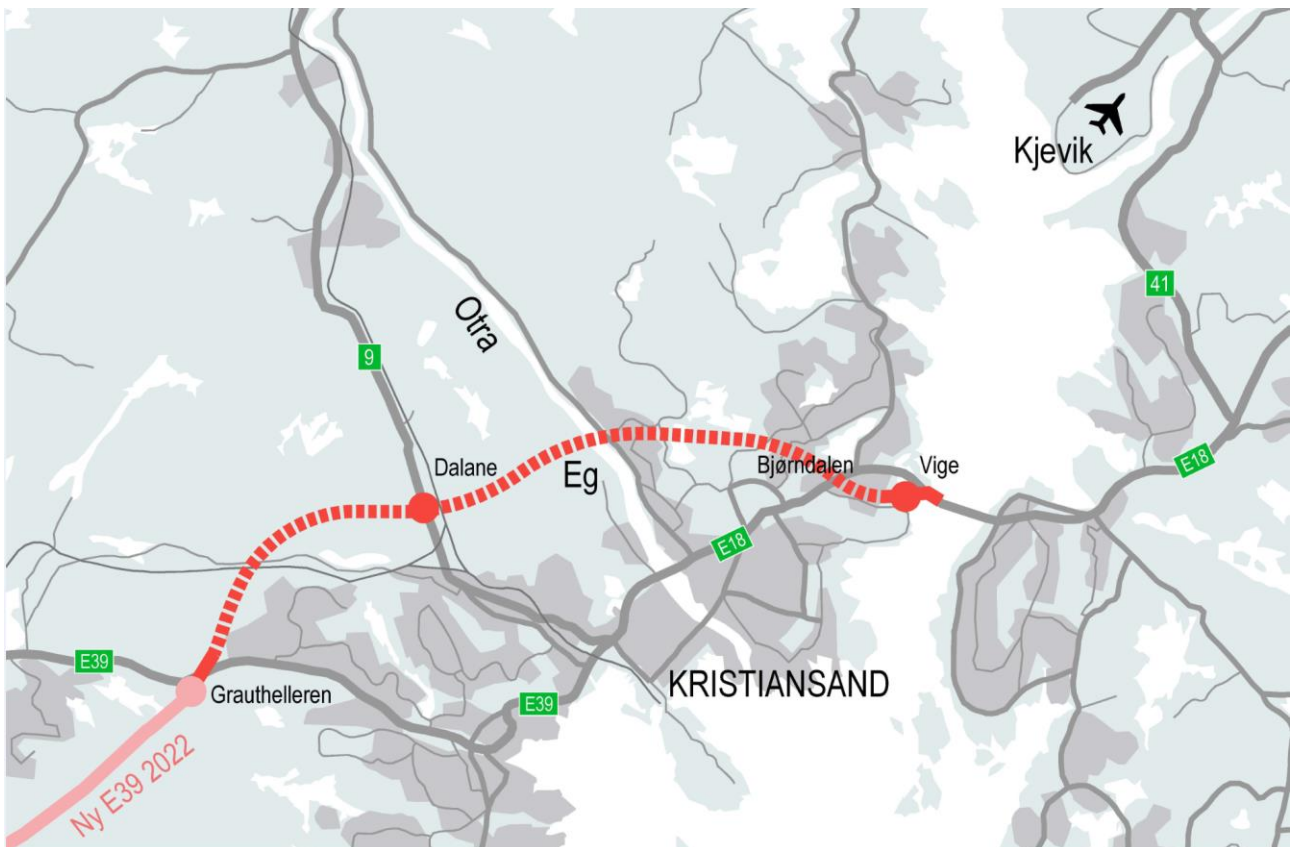
Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
d01	30.09.2022	For godkjenning hos Nye Veier	EmBule, IngGre, RutVin, MaEis, DeuTse, BVe	SiNul	TeFaa
e02	30.11.2022	For godkjenning hos myndigheter	IngGre	SiNul	TeFaa
d03	10.05.2023	For kontroll hos oppdragsgiver	IngGre	SiNul	TeFaa
e04	27.06.2023	For behandling hos kommunen	IngGre	SiNul	TeFaa

FAGRAPPORF FORURENSNING

Forord

E18 Ytre ringvei på strekningen fra Vige til Grauthelleren er en del av hovedveiforbindelsen forbi Kristiansand. Nye Veier AS har ansvar for planlegging, bygging og drift av denne veistrekningen.



På vegne av Nye Veier AS har Norconsult as utarbeidet Fagrapport Forurensning i forbindelse med reguleringsplanen for E18 Ytre ringvei. Fagrapport Forurensning inngår som en del av grunnlaget for utarbeidelse av Reguleringsplanen for E18 Ytre ringvei.

Kontaktinformasjon:

Fagansvarlig for Forurensning Norconsult: Marte Eik Isaksen

Merknader og kommentarer kan sendes til e-post firmapost@norconsult.com. Merk henvendelsen med «Ytre ringvei».

Telefonnummer sentralbord: 67 57 10 00

FAGRAPPORF FORURENSNING

Sammendrag

Norconsult har utført innledende studier av forurenset grunn, forurenset sediment og risiko for syredannende berg, samt utlekking av metaller fra berggrunn. Det er gjennomført befaring i alle berørte områder og innledende prøvetakinger er gjennomført utvalgte steder.

Berggrunnen i tiltaksområdet består hovedsakelig av øyegneis, båndgneis, hornblendegneis, migmatitt og granitt. Bergartene langs den planlagte veitraseen er vurdert å ha lavt potensiale for syredannelse. Det anses at det ikke er behov for oppfølging i byggefasen med tanke på syredannende bergarter utover normal geologisk kartlegging. Metallkonsentrasjoner er som forventet for gneis. Det er utført utlekkingstester på tre kjerneprøver av stein som er planlagt brukt til utfylling i vann. Det vurderes at det er lite miljørisiko knyttet til utlekking av metaller fra utfyllingsstein i Vigebukta eller ved Øygardsvatnet og Mjåvann.

Innledende miljøtekniske grunnundersøkelser på land ble gjennomført i 2021 på Dalane og i Vige. Det er ikke tatt tilstrekkelig prøver med hensyn på kartlegging av mulig forurensning i grunnen iht. Miljødirektoratets veileder for forurenset grunn. En ny prøvetakingsplan utarbeides i prosjekteringsfasen når veiltaket i større grad er detaljert. I etterkant av den supplerende prøvetakingen utarbeides det en tiltaksplan for de kommende gravearbeidene dersom det påvises forurensning i massene.

Det ble tatt sedimentprøver i Vigebukta i juni 2021, og i Øygardsvatnet august 2022. Sedimentprøver fra Vige i 2021 viste en lav forurensningsgrad som ikke utgjør en risiko for spredning av forurensning. Resultatet fra en prøve i 2018 viste en høyere forurensningsgrad også i overflaten. Dette må hensyntas ved planlegging av tiltak for å unngå spredning av forurensning. Avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensning og finstoff må konkretiseres. Det må utarbeides en søknad om tiltak i sjø til Statsforvalteren.

I sedimentprøver fra Øygardsvatnet og Mjåvann er det påvist forurensning opptil tilstandsklasse 4 og 5 i henhold til veileder M-608, og massene som fjernes fra området må håndteres som forurenset avfall. Det påpekes at det kun er tatt prøver av overflatesediment og at masser i dypere lag kan ha andre egenskaper. Hvis massene graves opp, må de avvannes før videre håndtering. Avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensning og finstoff må konkretiseres, og det må utarbeides søknader. Eventuell gjenbruk av massene i veianlegget er søknadspliktig.

FAGRAPPORF FORURENSNING

INNHOOLD

SAMMENDRAG	4
1 TILTAKSBESKRIVELSE	6
2 INNLEDNING	7
2.1 Hensikt med rapport	7
2.2 Grunnforhold langs planlagt veitrasé	7
2.3 Grunnforhold Vigebukta	9
2.4 Resipienter og naturmangfold	9
2.5 Tidligere virksomheter og mistanke om forurensning	9
3 INNLEDENDE UNDERSØKELSER AV BERG	17
3.1 Innledning	17
3.2 Metode	17
3.3 Vurderingsgrunnlag	18
3.4 Resultater	20
3.5 Samlet vurdering	25
4 MILJØTEKNISKE GRUNNUNDERSØKELSER	25
4.1 Metode	25
4.2 Resultater kjemisk analyse	28
5 MILJØTEKNISKE UNDERSØKELSER I VIGEBUKTA	35
5.1 Metode	36
5.2 Resultat	38
6 MILJØTEKNISK UNDERSØKELSE I ØYGARDSVATNET	43
6.1 Metode	43
6.2 Resultater	44
7 KONKLUSJON OG VIDERE ANBEFALINGER	46
7.1 Syredannende bergarter	46
7.2 Utlekkingspotensiale av metaller	46
7.3 Grunnforurensning	46
7.4 Forurensning til sjø	47
7.5 Forurensning i sedimentene i Øygardsvatnet og Mjåvann	47
8 REFERANSER	48
9 VEDLEGG	49
9.1 Vedlegg 2. CEEQUAL-tabell	50

1 Tiltaksbeskrivelse

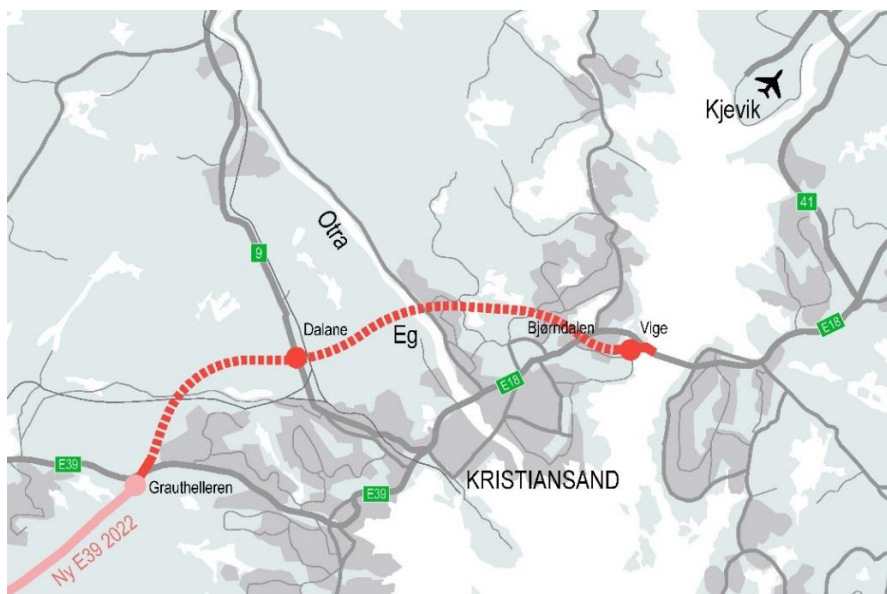
Norconsult utarbeider detaljreguleringsplan for Ytre ringvei i Kristiansand kommune på oppdrag fra Nye Veier AS. Ytre ringvei er om lag 10 kilometer og strekker seg fra Vige i øst til Grauthelleren i vest (Figur 1-1). Veianlegget inngår i den 200 kilometer lange strekningen mellom Kristiansand i Agder og Ålgård i Rogaland som Nye Veier har ansvar for å bygge ut.

Ytre ringvei skal bygges for at transportkorridoren mellom Vige og Grauthelleren skal bli mer effektiv og mindre sårbar, samt for å avlaste dagens hovedveisystem gjennom Kristiansand sentrum. Veianlegget er planlagt med løsninger som har en positiv netto nytte per investert krone. I utformingen av veianlegget er det lagt stor vekt på å finne bærekraftige løsninger.

Ytre ringvei skal bygges som 4-felts motorvei, med fartsgrense 110 km/t på mesteparten av strekningen. Veien vil i hovedsak gå i tunnel. Det skal opparbeides to parallelle tunnelløp, et for østgående og et for vestgående trafikk. På bakkeplan vil veien få tilkobling til E18 i Vige, riksvei 9 i Dalane og E39 ved Grauthelleren.

Etablering av tunnelsystemet vil generere et masseoverskudd i størrelsesorden 3 millioner m³ steinmasser. Reguleringsplanen sikrer mulighet for at masseoverskuddet kan fraktes til Mjåvannsområdet vest for Grauthelleren.

Denne fagrapporten omhandler forurenset grunn/sediment samt risiko for syredannende berg i prosjektet ny Ytre ringvei i Kristiansand kommune.



Figur 1-1: Oversiktsfigur av planlagt Ytre ringvei mellom Vige og Grauthelleren.

FAGRAPPORF FORURENSNING

2 Innledning

2.1 Hensikt med rapport

I forbindelse med detaljregulering for E18 Ytre Ringvei har Norconsult utført innledende studier av forurenset grunn, forurenset sediment, samt risiko for syredannende berg og utlekking av metaller fra berggrunn. Det er gjennomført befaring i alle berørte områder og innledende prøvetakinger er gjennomført utvalgte steder. Risiko for spredning av forurensning og mulige avbøtende tiltak er videre beskrevet i Fagrapport Vannmiljø og i Miljøoppfølgingsplan slik at disse dokumenter må ses i sammenheng.

Store deler av prosjektet består av tunnel, og det planlegges for to korte dagsoner med kryss i Vige og i Dalane (Figur 1-1). I tillegg vil det være en kort dagsone ved Grauthelleren. Det er gjennomført innledende prøvetaking med hensyn til å fremskaffe data om grunn-forurensningssituasjonen i Vige og Dalane. Ved Grauthelleren vil trasé gå gjennom fjell, og det er derfor ikke mistanke om forurenset løsmasser i dette området. Ved Vige er det planlagt utfylling i sjø og det er derfor gjennomført undersøkelser av forurensning i sediment. I tillegg er det gjennomført innledende undersøkelser av forurensning i sedimentene i Øygardsvatnet.

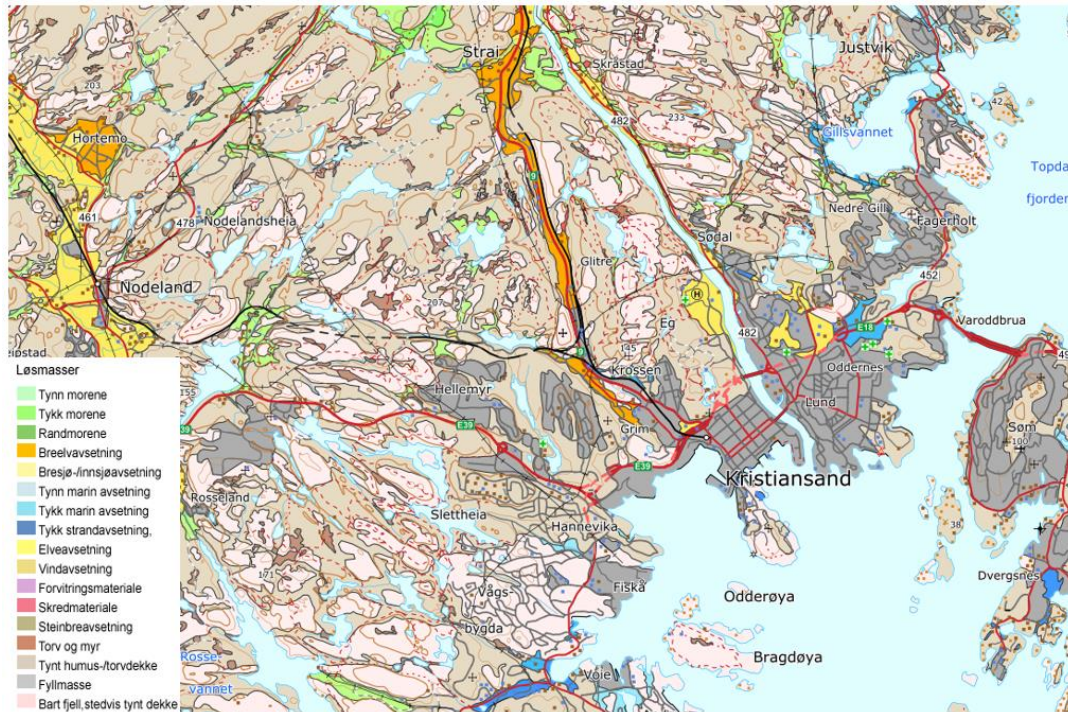
Berggrunnen langs den planlagte veitraseen består av gneis og granitt. Det er en mistanke om at gneis kan være syredannende grunnet innhold av sulfidmineraler. Det er gjennomført innledende undersøkelser for å avklare dens syredannende potensiale, samt risiko for utlekking av metaller.

De innledende studiene er utført for å ivareta krav i forurensningsforskriften kap. 2. Iht. forskriften skal tiltakshaver gjøre en vurdering av mistanke om forurensning i områder der det skal gjøres terrenginngrep. Prøvetaking skal utføres for arealer der det er mistanke om forurensning. Tiltaksplan skal utarbeides for områder hvor det påvises grunnforurensning. De innledende studiene viser at det er mistanke om forurensning i deler av tiltaksområdet. Det er imidlertid behov for ytterligere prøvetaking før det kan utarbeides en tiltaksplan for forurenset grunn. Ved utfylling i sjø skal det utarbeides en søknad til Statsforvalteren.

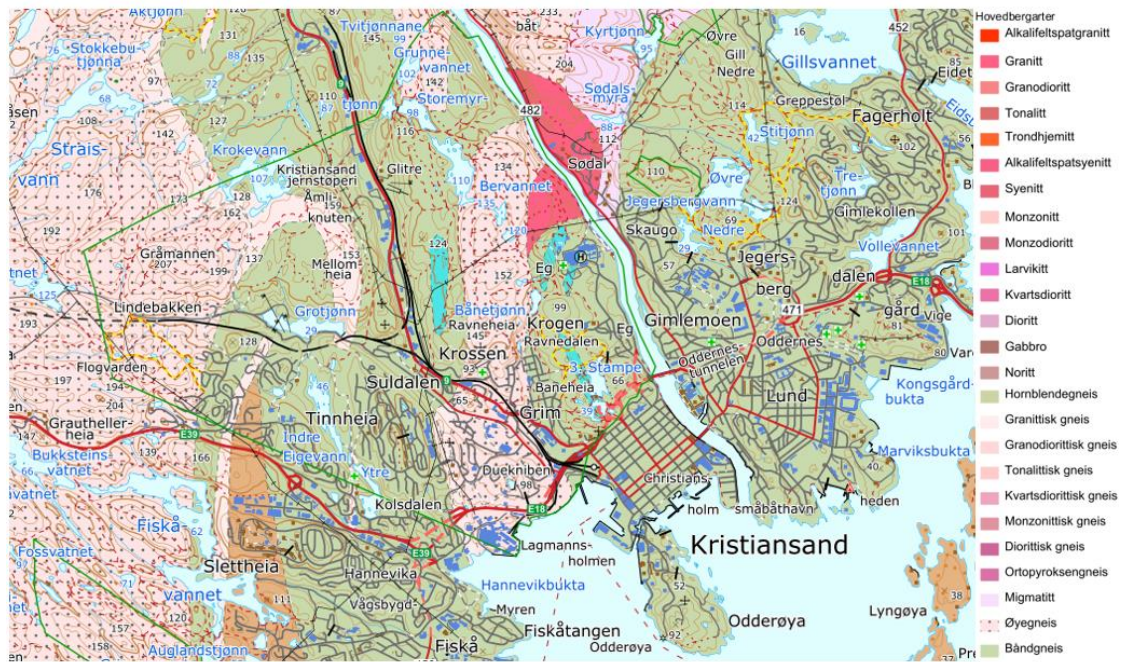
2.2 Grunnforhold langs planlagt veitrasé

Grunnforhold i tiltaksområdet er illustrert i Figur 2-1 (løsmassegeologi) og Figur 2-2 (berggrunn). Løsmassegeologien i området består hovedsakelig av tynt humus/torvdekke, bart fjell, elveavsetning og tykk morene. Ellers er det noe fyllmasser ved Vige og breelvavsetning ved Dalane langs Rv. 9 (Figur 2-1). Berggrunnen i tiltaksområdet består hovedsakelig av øyegneis (rosa), båndgneis (grønn) hornblendegneis (grønn), migmatitt (lilla) og granitt (mørk rosa) (Figur 2-2). Geologi i området er utfyllende beskrevet i ingeniørgeologisk rapport [1].

FAGRAPPOR FORURENSNING



Figur 2-1: Kartutsnitt fra NGU sin kartdatabase, Arealis. Utsnittet viser løsmassegeologien i tiltaksområdet. Lys brun = tynt humus/torvdekke, rosa = bart fjell, oransje = brelvavsetning, gul = elveavsetning, grå = fyllmasse [2].



Figur 2-2: Kartutsnitt fra NGU sin kartdatabase, Arealis. Utsnittet viser berggrunnen i tiltaksområdet. øyegneis (rosa), båndgneis (grønn), hornblendegneis (grønn), migmatitt (lilla) og granitt (mørk rosa) [2].

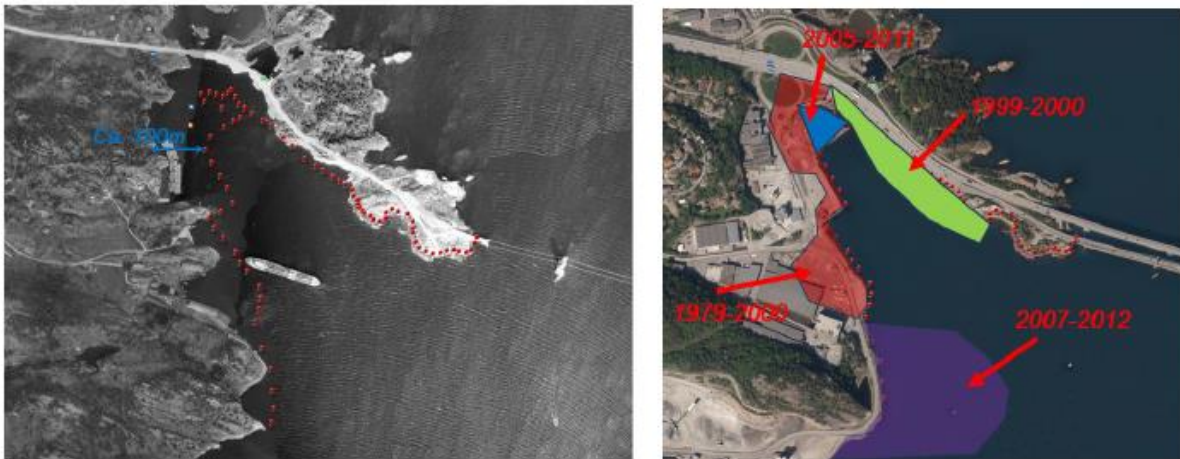
FAGRAPPORF FORURENSNING

2.3 Grunnforhold Vigebukta

Generelt ligger sjøbunnsnivå i Vigebukta mellom kote -10 og -15 i indre del. Lengre ut mot øst faller sjøbunnsnivået til mellom kote -10 og -20, før det faller av ytterligere mot sør og øst. Mot sør faller sjøbunnen av relativt bratt ned til ca. kote -40, og heller deretter svakt av ytterligere sørover.

Grunnen består generelt av utlagt steinfylling, stedvis gytje/silt/sand over et tykt lag med bløt leire ned til berg. Dybde til berg varierer mellom ca. 10 og 30 m. Leiren betegnes som sprøbruddmateriale i enkelte borpunkter ved ytre områder i Vigebukta.

Utfylling i området er skjedd i flere omganger over lenger tid. Det må derfor forventes et varierende topplag med fyllmasser i hele det utfylte området nærmest land. Figur 2-3 (foto til venstre) viser historisk foto fra 1955 der de røde prikkene viser ny kystlinje. Figur 2-3 (foto til høyre) viser oversikt over utlagte masser i de siste tiårene.



Figur 2-3. Foto til venstre: historisk foto som viser kystlinje i 1955. De røde prikkene viser dagens kystlinje. Foto til høyre viser oversikt over utlagte masser i de siste tiårene. Kilde: Norconsult.

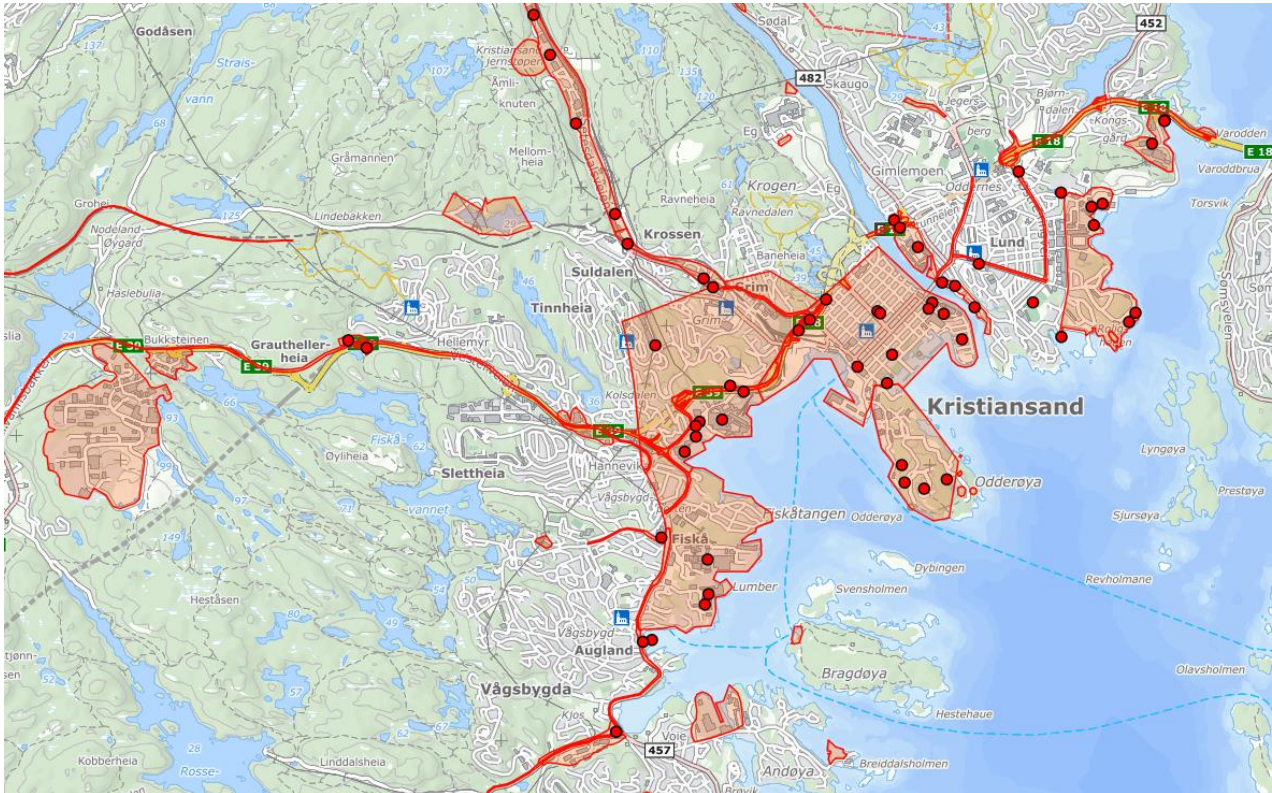
2.4 Resipienter og naturmangfold

Resipienter er beskrevet i Fagrapport Vannmiljø [3], mens naturmangfold er beskrevet i Fagrapport ikke-prissatte konsekvenser [4]. Det er gjennomført en innledende kartlegging av fremmede arter, dette er beskrevet i rapport Miljøprogram med miljøoppfølgingsplan [5].

2.5 Tidligere virksomheter og mistanke om forurensning

I Kristiansand kommune sitt temakart over grunnforurensning er det registrert generell mistanke om forurensning i sentrum, i Mjåvann industriområde, og langs de mest trafikkerte veiene inn og ut av Kristiansand sentrum. Figur 2-4 viser et utsnitt fra kartløsningen [6]. I figuren kan man se mistanke om grunnforurensning langs vei med høy årsgjenntrafikk (ÅDT). Dette gjelder langs de fleste veier ut og inn av Kristiansand sentrum blant annet E18, E39 og Rv. 9.

FAGRAPPOR FORURENSNING



Figur 2-4: Utsnitt fra Kristiansand kommune sin kartløsning som viser grunnforurensning i områder i og Kristiansand sentrum. Områder med mistanke om forurensning er markert med rødt [6].

Basert på tidligere undersøkelser er det generell mistanke om forurensning langs veier med ÅDT over et visst nivå. Dette er ikke et fastsatt nivå, men ut ifra temakartet til Kristiansand kommune er veier med ÅDT helt ned til 1350 (Østerveien) markert med mistanke om forurensning. Forurensningen langs vei er knyttet til biltrafikken, og forekomsten vil da være i det øverste laget av jordsmonnet. På E18 over Varoddbrua ligger ÅDT på rundt 21 000. For E18 på andre siden av sentrum ligger 33 000 ÅDT og for Rv. 9 ligger trafikkmengden på 10 523 ÅDT [7].

Typen forurensning som forekommer langs vei, basert på tidligere undersøkelser, er metaller, PAH-, PCB-, BTEX- og olje-forbindelser. Erfaringsvis påvises konsentrasjoner i tilstandsklasse 1-4 nærmest veien, og i tilstandsklasse 1-2 i lengre avstand fra veien. De tidligere utførte undersøkelsene av forurensning i masser langs vei i Kristiansand, og andre steder i landet er vist i Tabell 2-1.

FAGRAPPORF FORURENSNING

Tabell 2-1: Oversikt over tidligere undersøkelser andre steder i Kristiansand og andre steder i landet. Det er ikke skilt på enkelt prøver per prosjekt, kun i avstand til vei og dybde. Kilde: Norconsult

Sted	Årstill utførte undersøkelser	ÅDT (hentet 01.2022)	Avstand fra vei	Dybde	Påvist forurensning (høyeste tilstandsklasse)	Kommentar	
Fv. 29 Østvet bru	2016	2424	0-0,4	Ca. 30 cm	TK 4 (olje), Tk 2 (BaP, PAH)	Prøver tatt av tynt sjikt på steinsatte grøfter	
			0,4-1,5		TK 2 (Pb, olje), TK 1		
			2		TK 1		
Sellikdalen E10/E15	2014	-		0,15-0,3	TK 3 (olje), TK 2 (Pb, BaP, olje), TK 1		
E134 Drammensveien (E05)	2014	8871		0,10-0,15	TK 2 (Cu, Pb, BaP, PAH, olje)		
Rv. 41/Rv. 451	2017	10262/10300	Veiskulder	0-10	TK 3 (olje), TK 2 (olje), TK 1		
				10-30/40	TK 2 (olje, Pb, PCB), TK 1		
			Grøftebunn	0-10	TK 2 (PCB, olje), TK 1		
				10-30/40	TK 2 (PCB, olje), TK 1		
			Utenfor grøft	0-10	TK 2 (PCB, Pb, BaP, PAH), TK 1		
				10-30/40	TK 2 (PCB), TK 1		

2.5.1 Dalane

Det har gjennom tiden vært ulike industrivirksomheter i Dalane, blant annet jernstøperi, skraphandel, steinbrudd, jernbaneverksted, og militært lager. I Miljødirektoratets kartløsning over grunnforurensning er det registrert flere eiendommer med mistanke om eller påvist forurensning i Dalane (Figur 2-5). Det grønne feltet langs rv. 9 (lokasjons id 33379-B) er en registrert forurensning med påvirkningsgrad 1 – lite/ikke forurenset. Innenfor det lilla feltet øverst i Figur 2-5 er det registrert mistanke om forurensning ved Sørlandets Skraphandel (lokasjons id 3311-B). Det største gule feltet i Figur 2-5 er eiendommen til Bjarne Johansen Bildemontering AS (lokasjons id 3310-A). På denne lokaliteten er det påvist forurensning med påvirkningsgrad = 2; akseptabel forurensning med dagens areal- og resipientbruk.

FAGRAPPOR FORURENSNING



Figur 2-5: Utklipp fra Miljødirektoratets kartløsning over grunnforurensning. Grønn farge = påvirkningsgrad 1. Gul farge = påvirkningsgrad 2. Lilla farge = påvirkningsgrad x = mistanke om forurensning [8].

Eiendommen, Bjarne Johansen Bildemontering AS, berøres av planlagt tiltak. Nærbilde av eiendommen i flyfoto vises i Figur 2-6 sammen med planlagt veiltak. Tidligere virksomhet på tomten er «Bjarne Johansen skraphandel». Bedriften mottok skrapjern og bilvrak fra 1963 til ca. 1993. Nåværende virksomhet er Bjarne Johansen bildemontering AS. Det er gjennomført miljøundersøkelser i området i 2002 [9] og 2010 [10]. I 2010 ble det kjørt bort en del masser i forbindelse med et nybygg. Det er påvist forurensning av alifater, arsen, kobber, PAH, bly, PCB og sink. Høyeste registrerte tilstandsklasse er 5. Det er satt ned to miljøbrønner nedstrøms området som skal muliggjøre prøvetaking av grunnvann.



Figur 2-6: Til venstre: Bilde av eiendommen merket i grunnforurensningsdatabasen i 2019. Til høyre: Bilde som viser ca. hvilke deler av eiendommene som berøres av prosjektert vei. For endelig avgrensning vises det til plangrensen. Punkter i kartet viser hvor det er prøvetatt for forurensning i jord. [11].

FAGRAPPORF FORURENSNING

Arealbruk ved planlagt rundkjøring i sør er, og har vært, jordbruk med drivhusproduksjon og boliger. Det er mistanke om forurensning i området med drivhusproduksjon grunnet bruk av plantevernmidler. Området med drivhusproduksjon i Dalane er vist i Figur 2-7.



Figur 2-7: Bilde av eiendommene med mistanke om forurensning på grunn av drivhusproduksjon. Bildet til venstre viser eiendommen uten planlagt vei, og bildet til høyre viser eiendommen med planlagt vei [11]. Punkter i kartet viser hvor det er prøvetatt for forurensning i jord.

2.5.2 Vige

Det er utført utfyllinger i Vigebukta i flere omganger de siste 50 årene. Dagsone i øst er gammel sjøbunn som er fylt ut, mens dagsone i vest er sprengt ut i fjell og planert, se Figur 2-3.

Innerst i bukten ligger en bensinstasjon som er i drift, og i sør står det en sementsilo (Norcem). Tidligere virksomhet inkluderer havn og sagbruk. I dag er det også flere kontorbygninger i området. I dagsone på land er det mistanke om forurensning på grunn av fyllmasser i sjø av ukjent opprinnelse og generell industrivirksomhet. I tillegg er det spesifikk mistanke på grunn av drift av bensinstasjon og sementsilo.

Tidligere resultater viste at sedimentene i Vigebukta var forurenset i tilstandsklasse 2 til 5. Det har vært flest overskridelser for ulike PAH-forbindelser, men også for PCB, TBT og ulike tungmetaller. Høyest forurensningsgrad er funnet innerst i Vigebukta med avtakende gradient mot sørøst. De fleste av undersøkelsene i Vigebukta er over 10 år gamle og det var nødvendig med nye prøver som kan supplere allerede tilgjengelig informasjon, se kapittel 5.

FAGRAPPORF FORURENSNING

2.5.3 Arealer for massedisponering

Mulige areal for massedisponering i prosjektet er Øygardsvatnet, Grauthellerheia, Mjåvann vest og restkapasitet i massedeponi D og E i gjeldende reguleringsplan for E39 Kristiansand vest – Søgne øst (planID1452), se Figur 2-8. Med unntak av Grauthellerheia ligger alle områdene i nærheten av Mjåvann industriområde. Industrier som er lokalisert på Mjåvann i 2023 er blant annet bilverksted, mekanisk verksted, metallvareproduksjon, betong, service av kraner, samt gjenvinning og avfallshåndtering.

Øygardsvatnet

Området aktuelt for utfylling inkluderer to innsjøer med navn Nordre og Midtre Øygardsvatn. Vest for Øygardsvatnet er det et høydedrag med noe skog, og rundt vannene er det myrområder. Vannene ligger direkte ved siden av Mjåvann industriområde, og får avrenning fra dette fra nord og vest. Rett sør for vannene krysser den nye veien E39 Kristiansand vest- Mandal øst (åpnet i 2022). På sørsiden av Midtre Øygardsvatn var det tidligere et dynamittlager. Annen nylig påvirkning er avrenning fra utbygging av næringsområder i vest og fra anleggsarbeid i forbindelse med utbygging av E39 Kristiansand vest – Mandal øst.

I forbindelse med utbyggingen av E39 Kristiansand vest – Mandal øst er sediment i Midtre Øygardsvatn undersøkt med hensyn til forurensning. Undersøkelsen omfatter prøver i sørenden av vannet i 2016, hvor det ble påvist forurensning opp til tilstandsklasse 5. Høyeste tilstandsklasser (TK 4 og 5) ble påvist for PAH, kobber og nikkel [12] (Tabell 2-2). I 2016 ble det også tatt prøver av grunnen i sørenden av Midtre Øygardsvatn ved tidligere dynamittlager. I tillegg har prosjekt Ytre ringvei tatt nye prøver av sedimentet i 2022, se kapittel 6.

Mjåvann restkapasitet D og E

Mjåvann restkapasitet D og E er regulert til masselagringsområde i prosjektet E39 Kristiansand vest- Mandal øst, men områdene er ikke fullt utnyttet. Områdene består i dag av delvis åpent vann og delvis oppfylte masser, se Figur 2-9. I forbindelse med utbyggingen av E39 Kristiansand vest – Mandal øst er det tatt prøver av forurensning i sediment i Mjåvann i 2016 [12]. Det ble tatt en blandprøve fra seks prøvepunkt fordelt i nordenden av vannet. Resultatene viste forurensning opp til tilstandsklasse 4. Høyeste tilstandsklasse ble påvist for PAH, se Tabell 2-2.

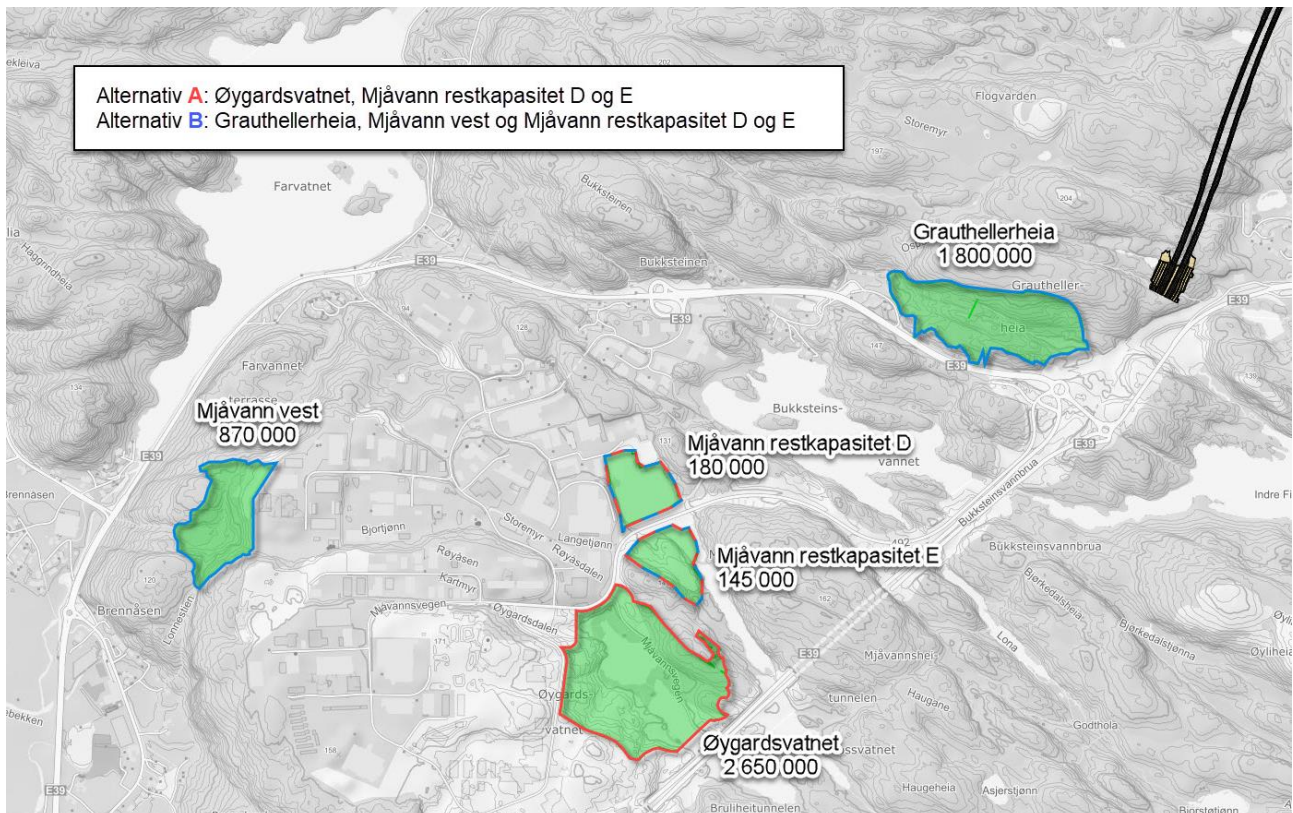
Mjåvann vest

Området ligger i forlengelse av Mjåvann industriområde i vest. Området er et nåværende naturområde, men det får avrenning fra Mjåvann industriområde. Gjennom området går det en mindre bekk/vannsig ned mot Møllebekken. Det er mistanke om forurensning i kantsonen mot Mjåvann næringsområde, ellers ingen mistanke.

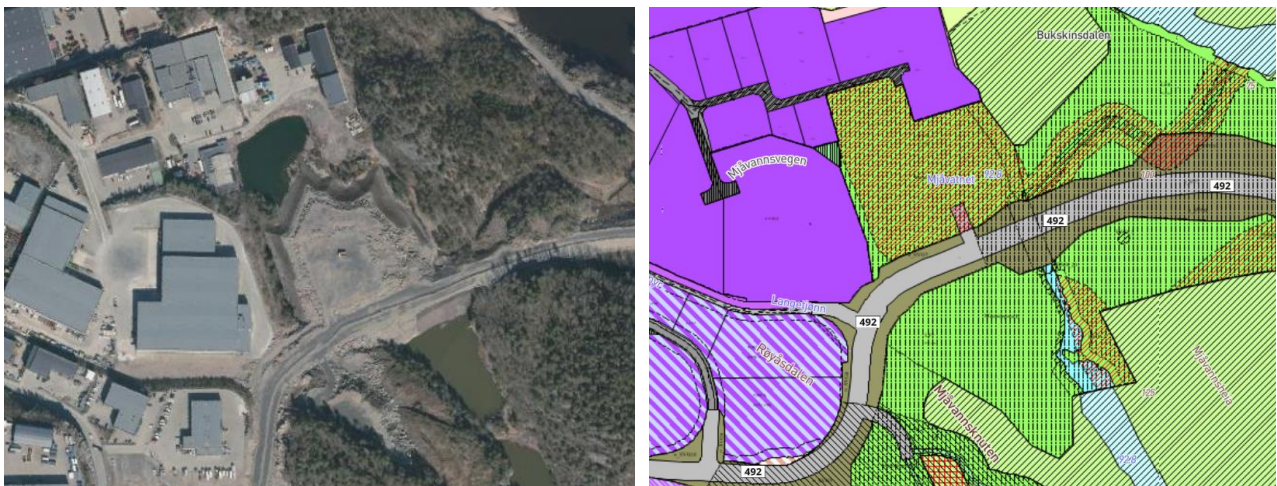
Grauthellerheia

Dagens arealbruk ved Grauthellerheia er naturområder uten tidligere virksomheter. Det er ingen mistanke om forurensning i grunnen i dette området.

FAGRAPPOR FORURENSNING



Figur 2-8. Alternativer for massedisponering er vist i grønt. Alternativ A er Øygardsvatn og Mjåvann restkapasitet D og E. Alternativ B er Grauthellerheia, Mjåvann vest og Mjåvann restkapasitet D og E.



Figur 2-9. Mjåvann restkapasitet D og E. Til venstre: satellittbilde (kilde: 1881, år 2021). Til høyre: gjeldende reguleringsplan.

FAGRAPPORF FORURENSNING

Tabell 2-2. Analyseresultater fra Midtre Øygardsvatn og Mjåvann. Undersøkelsene ble gjennomført av prosjektet E39 Kristiansand vest- Mandal øst i 2016 [12]. Analyseresultatene er klassifisert i henhold til veileder M-608 [13].

Parameter	Enhet	Rossevann	Øygård Midt	Mjåvann	Bukkesteins vann
Tørrstoff	%	2,4	2,2	7,1	2,5
Arsen	mg/kg	28	24	12	140
Bly	mg/kg	320	220	90	680
Kobber	mg/kg	100	300	53	410
Krom	mg/kg	20	23	12	43
Kadmium	mg/kg	5,2	5,4	1,2	12
Kvikksølv	mg/kg	0,202	0,278	0,295	0,817
Nikkel	mg/kg	140	1900	77	800
Sink	mg/kg	540	530	180	940
Naftalen	mg/kg	< 0,084	< 0,092	0,029	< 0,081
Acenaftalen	mg/kg	< 0,084	< 0,092	< 0,028	< 0,081
Acenaften	mg/kg	< 0,084	< 0,092	0,033	< 0,081
Fluoren	mg/kg	< 0,084	< 0,092	0,03	< 0,081
Fenantren	mg/kg	0,089	< 0,092	0,45	0,57
Antracen	mg/kg	< 0,084	< 0,092	0,089	< 0,081
Fluoranthen	mg/kg	0,35	0,41	1,4	1,8
Pyren	mg/kg	0,29	0,33	1,1	1,4
Benzo[a]antracen	mg/kg	0,1	0,097	0,62	0,61
Chrysen	mg/kg	0,27	0,26	0,7	0,9
Benzo[b]fluoranten	mg/kg	1,5	1,2	3,9	12
Benzo[k]fluoranten	mg/kg	0,4	0,42	1	2,2
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,18	0,16	0,83	1,2
Dibenzo[ah]antracen	mg/kg	0,71	0,35	1,2	3,1
Benzo[ghi]perylene	mg/kg	0,089	< 0,092	0,19	0,45
Indeno[123cd]pyren	mg/kg	0,79	0,32	1,1	2,9
PAH16	mg/kg	4,8	3,5	13	27
PCB7	mg/kg	n.d.	n.d.	0,033	0,056
TBT Effektbasert	mg/kg	<12	<12	<6	<12
TBT forvaltningsmessig	mg/kg	<12	<12	<6	<12

FAGRAPPOR FORURENSNING

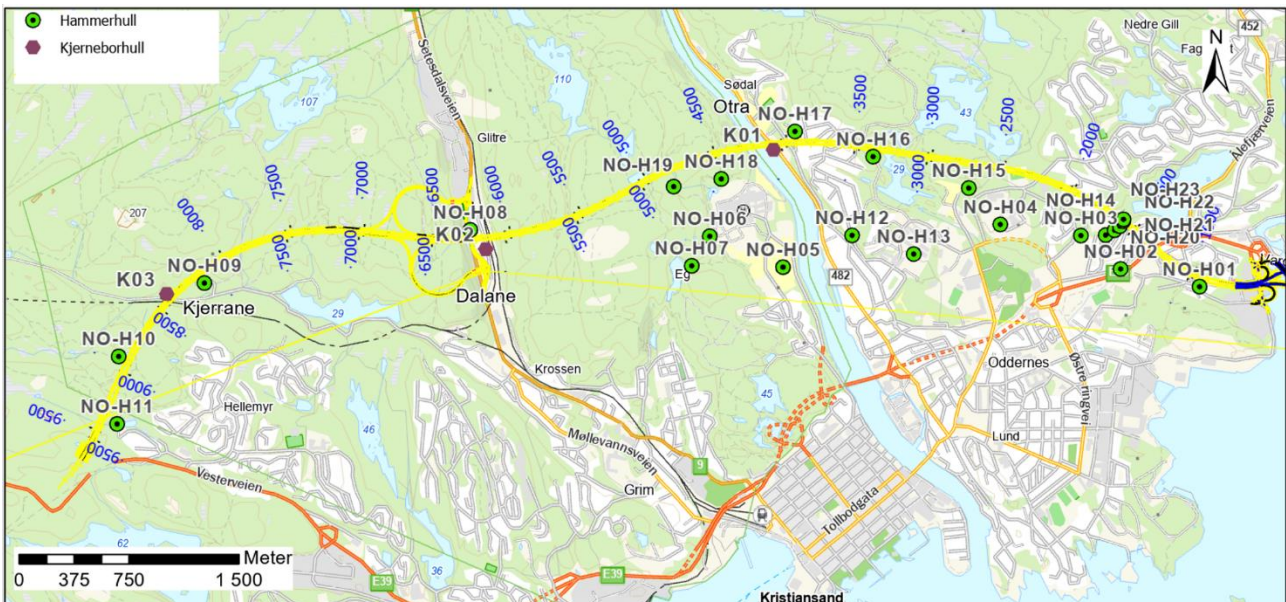
3 Innledende undersøkelser av berg

3.1 Innledning

Berggrunnen langs den planlagte veitraseen består av gneis og granitt. Det er en mistanke at gneis kan være syredannende grunnet innhold av sulfidmineraler. Det er dermed krav etter forurensningsforskriften kapittel 2 å gjennomføre undersøkelser for å avklare dens syredannende potensiale.

3.2 Metode

Steinprøver ble tatt fra 3 av 4 kjernebore (K01, K02 og K03) og 11 av 23 hammerbore i planlagt tunnel trasé, mer informasjon og fullstendig beskrivelse av disse undersøkelsene finnes i rapport [14] og [1]. Plassering av kjerne- og hammerbore er vist i Figur 3-1.



Figur 3-1: Plassering av kjerne- og hammerbore langs den planlagte veitraseen.

3.2.1 Kjerneprøver

Basert på kjernelogg ble det valgt ut ni prøver som representerte bergarter med mistanke om syredannende potensiale, og som i tillegg var representative for kjernen. Prøvene ble analysert for total kjemisk sammensetning, inkludert svovel. Det er antatt at berg ikke inneholder organiske miljøgifter og disse ble dermed ikke analysert. For å vurdere utlekkingspotensialet av metaller ble det i tillegg utført ristetester på tre av prøvene samt analyse av mineralogi med analyseteknikken XRD¹. Ristetester ble utført i både avionisert vann etter avfallsforskriften og i saltvann (lokalt vann fra Vigebukta utenfor Kristiansand). Ristetester og total kjemisk sammensetning ble utført av analyselaboratoriet ALS Laboratory group Norway (ALS). ALS er akkreditert for metodene som ble

¹ XRD = X-ray powder diffraction

FAGRAPPORF FORURENSNING

benyttet. XRD analyser ble utført av NTNU. Analyser utført på kjerneprøver er oppsummert i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Utført analyser på kjerneprøver.

Prøvenavn	Kjerne	Dyp (m)	Beskrivelse	Total kjemi	XRD	Ristettest
K02-17-ag	K02	146-148	Amfibolittisk gneis	X		
K03-13-ag	K03	105-109	Amfibolittisk gneis	X	X	X
K03-28-ag	K03	181-182	Amfibolittisk gneis	X		
K01-4-øg	K01	28-29	Øyegneis	X		
K02-20-gg	K02	163-164	Granittisk gneis	X		
K03-18-bg	K03	133	Biotittisk gneis	X	X	X
K01-7-fgg	K01	42	Forvitret granittisk gneis	X		
K01-10-føg	K01	57-61	Forvitret øyegneis	X	X	X
K02-19-fag	K02	160	Forvitret amfibolittisk gneis	X		

3.2.2 Hammerhull

For å få et mer utfyllende grunnlag over variasjon i svovel konsentrasjoner ble tørkede prøver av borekaks (knust stein) fra hammerhull analysert med håndholdt XRF² (Bruker Titan S1). Totalt ble 105 prøver, fra ca. hver 10. meter av tunneltrasèen fra 11 hammerhull (H02-H04, H06, H09-H11 og H20-H23) undersøkt. Alle prøver med et svovelinnhold større enn 1000 mg/kg, pluss noen med lavere svovelinnhold, ble sendt til Vannlaboratoriet AS for en hydrogenperoksidtest etter metoden beskrevet i «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis versjon 2,4» [15].

3.3 Vurderingsgrunnlag

3.3.1 Syredannende potensiale

Prøvene er klassifisert etter metoden i «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis versjon 2,4» [15] som baserer seg på svovelkonsentrasjon, forvitningsgrad og hydrogenperoksidtest. Hydrogenperoksidtest måler temperaturøkningen over en definert tidsperiode (25 min) etter at hydrogenperoksid er tilsatt. Bakgrunnen for testen er at reaksjonen mellom hydrogenperoksid og sulfider er eksotermisk (avgir varme). Tabell 3-2 gjelder for stein med middels og lav forvitningsgrad. Stein med høy forvitningsgrad er som regel klassifisert som syredannende.

² XRF = Røntgenfluorescens

FAGRAPPORF FORURENSNING

Tabell 3-2: Klassifisering av steinprøver iht. «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis versjon 2,4» [15].

Svovelkonsentrasjon	Hydrogenperoksid test		
	Lavt (<0,7°C)	Middels (0,7-1,2°C)	Høyt (>1.2°C)
Lavt (<1500 mg/kg)	Ikke syredannende	Ikke syredannende	Syredannende
Middels (1500-8000 mg/kg)	Ikke syredannende	Syredannende	Syredannende
Høyt (>8000 mg/kg)	Syredannende	Syredannende	Syredannende

3.3.2 Basiskarakterisering og utlekking

Det er planlagt å deponere stein under vann og både ferskvanns- og saltvannslokalteter er aktuelle. Per dags dato finnes det ingen veileder som anbefaler grenseverdier av metallinnhold i berg rettet mot utfylling av masser i vann. I mangel av en egnet veileder for totalinnhold av forurensningsparametere i stein ved utfylling i vann sammenlignes analyseresultater med grenseverdier i M-608 «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020» [13] og grenseverdier i TA-2553 «Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn» [16]. Veileder TA-2553 er utarbeidet med hensyn til finstoff som er tilført tungmetaller og ikke stein med naturlig innhold av metaller, mens Veileder M-608 gjelder for sediment. Ingen av veilederne er derfor egnet for totalinnhold i stein. Ristetester for å vurdere utlekkingspotensial gir et bedre bilde av faktisk risiko knyttet til utfylling. Konsentrasjoner av metaller i resultat fra ristetest er vurdert etter tilstandsklasser i M-608 «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020» [13].

Tilstandsklasser er utarbeidet basert på en risikovurdering av ytre miljø og/eller helse basert på biotilgjengelighet av det aktuelle stoffet. Klassifiseringssystemet i både TA-2553 og M-608 består av 5 tilstandsklasser (Tabell 3-3).

I henhold til forurensningsforskriften regnes prøver med konsentrasjoner over normverdi (tilstandsklasse I i TA-2553) som forurenset. Siden metallkonsentrasjoner i stein er naturlig forekommende vil det ikke være korrekt å sammenligne disse verdiene direkte med tilstandsklassene i TA-2553, men det gir et inntrykk av metallinnhold og mulig risiko.

En ett-trinns ristetest gir informasjon om korttids-utlekkingspotensiale og eluatet er sammenlignet med MAC-EQS verdi som er ment å gi beskyttelse for akutt eksponering. MAC-EQS verdi tilsvarer øvre grense for tilstandsklasse III i M-608 (Tabell 3-3). Resultater fra tester utført i avionisert vann er sammenlignet med MAC-EQS verdier for ferskvann, mens tester utført i lokalt vann fra Vigebukta er sammenlignet med MAC-EQS verdier for sjøvann. Det presiseres at metallkonsentrasjoner i eluatet fra ristetest ikke bør sammenlignes direkte med EQS-verdier ettersom konsentrasjonen i en resipient vil påvirkes av fortykning og spredningsforhold. En vurdering av fortykning er presentert i Fagrapport Vannmiljø [3].

FAGRAPPORF FORURENSNING

Tabell 3-3: Klassifisering av steinprøver iht. TA-2553 og M-608.

	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense: TA-2553	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	
Øvre grense: M-608	Bakgrunn	Ingen toksiske effekter (Øvre grense = AA-EQS ³)	Kroniske effekter ved langtidseksponering (Øvre grense = MAC-EQS ⁴)	Akutt toksiske effekter ved korttidseksponering	Omfattende toksiske effekter

3.4 Resultater

3.4.1 Mineralogi

Mineralogi er vist i Tabell 3-4. Fullstendig analyseresultater er vist i vedlegg 1. Hovedmineraler i amfibolittisk gneis (K03-13) er amfibol (48%) og plagioklas (36%), mens i biotittisk gneis (K03-18) er hovedmineralene kvarts (36%) og plagioklas (48%). Prøven av forvitret øyegneis (K01-10) inneholdt kvarts (26%) og alkalifeltspat (29%), men også kalsitt (27%) som er et sekundærmineral og et tegn på forvitningsprosesser.

Tabell 3-4: Mineralogi av 3 kjerneprøver.

Mineral	Amfibolittisk gneis K03-13-ag	Biotittisk gneis K03-18-bg	Forvitret Øyegneis K01-10-føg
Kvarts (%)	8	36	26
Glimmer (%)	2	7	1
Plagioklas (%)	36	48	14
Akalifeltspat (%)	2	4	29
Amfibol (%)	48		
Pyroksen (%)	3	5	3
Kloritt (%)	1		<1
Kalsitt (%)	<1	<1	27
Smektitt (%)			påvist

³ AA-EQS Grenseverdi for kroniske effekter ved langtidseksponering

⁴ MAC-EQS Grenseverdi for akutt toksiske effekter ved korttidseksponering

FAGRAPPORF FORURENSNING

3.4.2 Kjemisk sammensetning

Kjerneprøver

Svovel- og metallkonsentrasjoner er vist i Tabell 3-5 og

Tabell 3-6. Iht. veilederen er svovelkonsentrasjonen i 7 av 9 kjerneprøver definert som lav (<1500 mg/kg). Dette stemmer med mineralogi i og med at det ikke er påvist sulfidmineraler. De siste to prøvene har «middels» svovelkonsentrasjon (2260 og 5520 mg/kg). Disse var ikke analysert for mineralogi.

Ifølge kjernelogg stammer de to kjerneprøvene med middels svovelkonsentrasjon fra en omvandlet sone hvor enkelte sprekker er fylt med pyritt og kalsitt. Pyritt i sprekker forekommer ofte i større krystaller som er mer motstandsdyktig mot forvitring sammenlignet med finkornig pyritt. At kalsitt også er påvist i samme sprekker tyder på lite fare for at syredannende reaksjoner vil kunne oppstå, siden kalsitt raskt vil nøytralisere ev. syredannelse. Berget i seg selv har lave svovelkonsentrasjoner.

Metallkonsentrasjoner er som forventet for disse bergartene (Tabell 3-5). Det er ingen tydelig forskjell i konsentrasjon mellom bergartene med lave og middels svovelkonsentrasjon, og heller ikke mellom prøver betegnet som «forvitret» og de andre prøvene. De tre prøvene av amfibolittisk gneis har forhøyede konsentrasjoner av krom, nikkel og sink sammenlignet med normverdi (TA-2553) og/eller tilstandsklasse II (M-608). Dette er forventet siden amfibolittisk gneis inneholder amfibol som igjen inneholder disse metallene. Amfibol er et silikatmineral og kan anses som inert⁵. Eluatet fra prøven av granittisk gneis (K02-20-gg) overskrider øvre grense for tilstandsklasse II for kobber i sjøvann. Prøven ble ikke analysert for mineralogi, men kobber vil i stor grad også være mineralbundet og lite tilgjengelig.

Uranksentrasjon er noe forhøyet i prøve K01-10-føg (16 mg/kg) sammenlignet med de andre prøvene, men dette er på grunn av kalsitt (27%). Uranksentrasjon er under grenseverdi for radioaktivt avfall (ca. 80 mg/kg U). Fullstendig analyseresultater er vist i vedlegg 1.

⁵ Inert = kjemiske stoffer som ikke reagerer lett med andre stoffer

FAGRAPPORF FORURENSNING

Tabell 3-5: Metaller, svovel, total uorganisk og total organisk konsentrasjoner i de analyserte kjerneprøvene. Svovelkonsentrasjoner er fargelagt iht. Tabell 3-2. Metall som overskrider normverdi for forurenset grunn er farget grått.

Stoff	Enhet	Normverdi/ TA2553 (Klasse I)	K02- 17-ag	K03- 13-ag	K03- 28-ag	K01- 4-øg	K02- 20-gg	K03- 18-bg	K01- 7-fgg	K01- 10-føg	K02- 19-fag
As	mg/kg TS	<8	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Cd	mg/kg TS	<1.5	<0.1	0.274	0.643	<0.1	0.102	<0.1	<0.1	0.159	<0.1
Cr	mg/kg TS	<50	82	61.7	137	<10	47.5	24.9	<10	<10	33.4
Cu	mg/kg TS	<100	9.16	53.8	29.4	6.64	91.9	8.39	2.29	6.37	33.6
Hg	mg/kg TS	<1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ni	mg/kg TS	<60	24.3	37.8	58	8.22	32.9	15.2	2.4	1.98	20
Pb	mg/kg TS	<60	15.6	8.28	20.3	34.5	26.3	9.96	36.8	52.4	26.7
Zn	mg/kg TS	<200	186	162	284	59	83.9	71.1	44.8	65.6	50.1
Th	mg/kg TS		4.22	0.98	3.08	22.9	10.2	6.97	21.8	8.77	8.14
U	mg/kg TS		1.92	0.53	1.85	2.34	2.75	1.33	4.89	16.4	11
S	mg/kg TS		676	653	722	231	5520	116	<80	384	2260
TIC	% TS		<0.10	0.17	0.12	0.17	<0.10	0.14	0.44	0.76	0.12
TOC	% TS		<0.10	0.25	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10

Tabell 3-6: Metallkonsentrasjoner sammenlignet med øvre grense for tilstandsklasse II i ferskvannssediment iht. M-608. Konsentrasjoner som overskrider øvre grense til tilstandsklasse II er fargekodet grått (Tabell 3-3).

Stoff	Enhet	M-608 Klasse II	K02- 17-ag	K03- 13-ag	K03- 28-ag	K01- 4-øg	K02- 20-gg	K03- 18-bg	K01- 7-fgg	K01- 10-føg	K02- 19-fag
Ferskvann											
As	mg/kg TS	<18	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Cd	mg/kg TS	<1.5	<0.1	0.274	0.643	<0.1	0.102	<0.1	<0.1	0.159	<0.1
Cr	mg/kg TS	<112	82	61.7	137	<10	47.5	24.9	<10	<10	33.4
Cu	mg/kg TS	<210	9.16	53.8	29.4	6.64	91.9	8.39	2.29	6.37	33.6
Hg	mg/kg TS	<0.52	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ni	mg/kg TS	<42	24.3	37.8	58	8.22	32.9	15.2	2.4	1.98	20
Pb	mg/kg TS	<66	15.6	8.28	20.3	34.5	26.3	9.96	36.8	52.4	26.7
Zn	mg/kg TS	<139	186	162	284	59	83.9	71.1	44.8	65.6	50.1
Saltvann											
As	mg/kg TS	<18	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Cd	mg/kg TS	<2.5	<0.1	0.274	0.643	<0.1	0.102	<0.1	<0.1	0.159	<0.1
Cr	mg/kg TS	<620	82	61.7	137	<10	47.5	24.9	<10	<10	33.4
Cu	mg/kg TS	<84	9.16	53.8	29.4	6.64	91.9	8.39	2.29	6.37	33.6
Hg	mg/kg TS	<0.52	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ni	mg/kg TS	<42	24.3	37.8	58	8.22	32.9	15.2	2.4	1.98	20
Pb	mg/kg TS	<150	15.6	8.28	20.3	34.5	26.3	9.96	36.8	52.4	26.7
Zn	mg/kg TS	<139	186	162	284	59	83.9	71.1	44.8	65.6	50.1

FAGRAPPORF FORURENSNING

Svovelskonsentrasjon i borekaks (hammerhull)

Svovelskonsentrasjoner er vist i Tabell 3-7. XRF-analyser av 105 borekaksprøver ga en gjennomsnittskonsentrasjon på 590±900 mg/kg (1SD). Av disse hadde 15 prøver (14%) en svovelskonsentrasjon større enn 1500 mg/kg, hvorav høyeste konsentrasjon var 5633 mg/kg. Bergartstypene langs hammerhullene er ikke kartlagt, men det antas at svovelskonsentrasjonene over 1500 mg/kg også skyldes sprekkesoner, tilsvarende for kjerneprøver.

3.4.3 Hydrogenperoksidtest

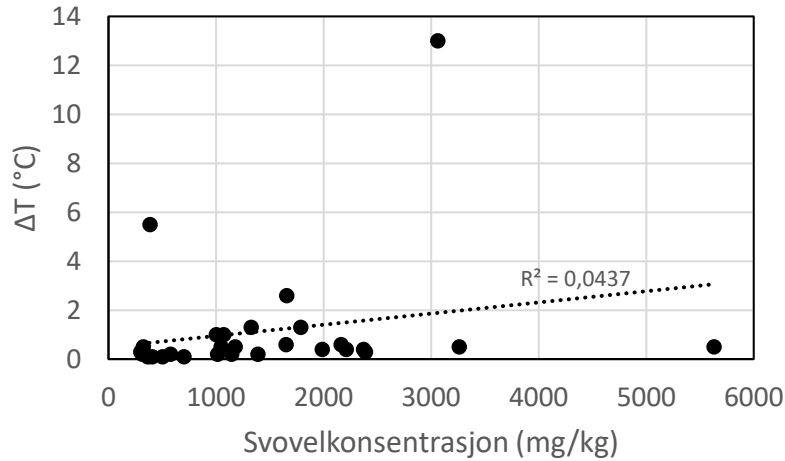
Resultater fra hydrogenperoksidtest samt svovelskonsentrasjoner for borekaksprøver er vist i Tabell 3-7. Fem av 28 prøver som ble sendt inn for testing var klassifisert som syredannende. I alle tilfeller skyldes denne klassifiseringen temperaturøkningen og ikke svovelskonsentrasjonen.

Klassifisering basert på temperaturøkning forutsetter at det kun er sulfidmineraler som bidrar til varmeutvikling. Det er imidlertid ingen korrelasjon mellom svovelskonsentrasjon og temperaturendring i analyseresultatene (Figur 3-2). Dette kan ha flere årsaker, f.eks. at oksidasjon av andre mineraler bidrar til temperaturøkningen, eller at det er svovel-forbindelser som enten ikke avgir varme, eller som ikke er tilgjengelig for reaksjon [17]. En temperaturøkning skyldes dermed ikke nødvendigvis oksidasjon av sulfidmineraler. Basert på kjernelogg er det en mistanke at noen av de høye ΔT-verdier (temperaturendringene) kan skyldes sprekkefyllinger. Forekomst av sprekkefyllinger er vanskelig å verifisere i en borekaksprøve, men det er sannsynlig at dette er noe av årsaken også her.

Tabell 3-7: Resultater fra hydrogenperoksidtest samt svovelskonsentrasjoner fra håndholdt XRF. Svovelskonsentrasjoner og temperaturøkning er fargelagt iht. Tabell 3-2. Prøvenavn er fargelagt basert på sammenlagt klassifisering (syredannende / ikke syredannende, se Tabell 3-2).

Prøve	S (mg/kg)	ΔT (°C)	Prøve	S (mg/kg)	ΔT (°C)
H02-10m	1657	2.6	H10-62m	324	0.5
H02-11m	2372	0.4	H20-34m	1180	0.5
H02-12m	5633	0.5	H20-36m	1048	0.5
H02-13m	302	0.3	H20-39m	3264	0.5
H02-14m	702	0.1	H20-49m	3064	13.0
H02-24m	504	0.1	H20-59m	1328	1.3
H02-34m	578	0.2	H20-99m	1005	1.0
H02-44m	1146	0.2	H21-63m	2392	0.3
H03-16m	407	0.1	H22-4m	1988	0.4
H03-56m	367	0.1	H22-6m	1788	1.3
H04-93m	315	0.2	H22-26m	2165	0.6
H06-6m	387	5.5	H22-76m	1389	0.2
H06-7m	1073	1.0	H23-5m	1651	0.6
H06-49m	2213	0.4	H23-65m	1015	0.2

FAGRAPPORF FORURENSNING



Figur 3-2: Temperaturendring basert på hydrogenperoksidtest vs. svovelkonsentrasjon. Det er ingen signifikant korrelasjon ($R^2 = 0,04$).

3.4.4 Utlekkingstester

Resultater fra ristetester er vist i Tabell 3-8 og Vedlegg 1. I ristetester utført i avionisert vann er MAC-EQS verdiene for arsen i forvitret øyegneis (K01-10-føg) og kobber i biotittisk gneis (K03-18-bg) overskredet. Overskridelser er likevel små og innenfor måleusikkerhet (27%).

Metallkonsentrasjoner i eluatet fra amfibolittisk gneis (K03-13-ag) er samtlige under MAC-EQS verdiene.

I ristetester utført i sjøvann overskrider konsentrasjonen av sink MAC-EQS verdiene. Den høyere sinkkonsentrasjonen skyldes ikke selve vannet som hadde en konsentrasjon på 4,2 µg/l. Saltvann har en høyere ionestyrke enn ferskvann og dette kan føre til økt mobilitet av noen metaller. Dersom eluatet er fortynt 9 ganger vil sinkkonsentrasjon være under MAC-EQS verdien.

Tabell 3-8: Resultater av eluatet fra ett-trinns ristetester utført etter NS-EN 12457-2. Konsentrasjoner som overskrider Mac-EQS er fargekodet grått. Konsentrasjoner av metaller i sjøvann brukt i forsøk er også vist.

Stoff	Enhet	MAC-EQS	Ristetest i avionisert vann			MAC-EQS	Ristetest i saltvann			Sjøvann brukt til ristetester
			K01-10-føg	K03-13-ag	K03-18-bg		K01-10-føg	K03-13-ag	K03-18-bg	
Arsen	µg/l	8.5	8.8	1	1	8.5	2	2	2	Ikke analysert
Bly	µg/l	14	1	1	1	14	1	1	1	0.4
Kadmium	µg/l	0.45	0.27	<0.20	<0.20	1.5*	0.59	<0.20	<0.20	<0.05
Kobber	µg/l	7.8	4.5	1.3	8.3	2.6	<10	<10	<10	0.6
Krom	µg/l	3.4	<5	<5	<5	35.8	<5	<5	<5	0.2
Kvikksølv	µg/l	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.002
Nikkel	µg/l	34	4.2	<3	<3	34	<3	<3	<3	<0.5
Sink	µg/l	11	6	3.4	8.2	6	49.7	44.9	49.7	4.2

*Tilstandsklasse for kadmium er avhengig av vannets hardhet. Hardhet i sjøvann tilsvarende klasse 5.

FAGRAPPORF FORURENSNING

3.5 Samlet vurdering

Det er utført innledende undersøkelser på kjerne- og hammerhullprøver for å se på bergets syredannende potensiale og utlekkingspotensiale. Fem av 28 borekaksprøver er klassifisert som syredannende basert på svovelkonsentrasjon og hydrogenperoksidtest. Mesteparten av prøvene (23 av 28) er derimot klassifisert som ikke syredannende. Det er observert pyritt i sprekkefyllinger og det er vurdert at sprekkefyllinger er mest sannsynlig årsak til at noen prøver ble klassifisert som syredannende. Sprekkefyllinger er ikke representative for selve bergarten og en klassifisering av berg bør ikke baseres på sprekkefyllinger. Dessuten forekommer kalsitt i sprekkeene sammen med pyritt som vil kunne nøytralisere ev. dannelse av syre. Bergartene langs den planlagte veitraseen er dermed vurdert å ha lavt potensiale for syredannelse. Det anses at det er ingen behov for oppfølging i byggefasen med tanke på syredannende bergarter utover normal geologisk kartlegging. Det kan likevel ikke utelukkes at det påtreffes syredannende berg under driving. Dersom det under geologisk kartlegging under driving avdekkes tegn på syredannende berg, som for eksempel rustutfelling, må det utføres prøvetaking i henhold til veileder «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis» [15].

Metallkonsentrasjoner er som forventet for gneis. Klassifiseringssystemer for løsmasser og jord (TA-2553) og sedimenter (M-608) er ikke egnet for vurdering av gneis siden grenseverdiene er basert på den lett løselige, biotilgjengelige fraksjonen, mens i de undersøkte steinene er metallene bundet i silikatmineraler og er dermed ikke biotilgjengelig.

Ristetester utført i avionisert vann viste små overskridelser av noen metaller sammenlignet med MAC-EQS verdier, mens ristetester utført i sjøvann viste overskridelse av sink i alle tre bergartstypene. En ett-trinns ristetest er ment å representere den initielle kontaktfasen når materialet faller gjennom vannsøylen, men en direkte sammenligning av eluatkonsentrasjoner med EQS-verdier er problematisk i og med at den ikke tar hensyn til fortynning i vannet. Dersom eluatet er fortynnet 9 ganger vil sinkkonsentrasjon være under MAC-EQS verdien. En risikovurdering som tar hensyn til fortynning er presentert i fagrapport vannmiljø [3].

4 Miljøtekniske grunnundersøkelser

4.1 Metode

4.1.1 Vurderingsgrunnlag

Forurensningsforskriftens kapittel 2 legger føringer for terrenginngrep i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeider [18]. Kapitlet gjelder ved terrenginngrep i områder hvor det har vært virksomhet som kan ha forurenset grunnen, det finnes tilkjørte forurensete masser eller det av andre årsaker er grunn til å tro at det er forurenset grunn.

Tiltakshaver skal vurdere om det er forurenset grunn i området der et terrenginngrep er planlagt gjennomført. Ved mistanke om forurensning, skal tiltakshaver sørge for at det blir utført nødvendige undersøkelser for å få klarlagt omfanget og betydningen av eventuell forurensning i grunnen.

FAGRAPPORF FORURENSNING

Ved terrenginngrep i forurenset grunn plikter tiltakshaver å gjennomføre de tiltak som er nødvendige for å sikre at:

- grunnen ikke lenger er forurenset eller at fastsatte akseptkriterier for eiendommen ikke overskrider tilstandsklasser iht. Miljødirektoratet sin veileder om forurenset grunn [19].
- anleggsarbeidet, herunder oppgraving og disponering av forurenset masse, ikke medfører forurensningsspredning eller fare for skade på helse eller miljø.
- at tiltaket ikke medfører at grunnforurensning som ikke er akseptabel for arealbruken blir vanskeligere tilgjengelig for opprydding i etterkant av tiltaket.

Forurenset masse som ikke omdisponeres på eiendommen, skal leveres til godkjent deponi eller behandlingsanlegg med tillatelse etter forurensningsloven. Dersom det blir behov for å transportere ut masser utenfor tiltaksområdet gjelder ikke lenger Miljødirektoratets veileder. Massene skal da klassifiseres etter avfallsforskriften.

Kommunen er myndighet for å saksbehandle saker iht. krav i forurensningsforskriften kap. 2 [18].

Forurenset grunn kan inndeles i tilstandsklasser etter helsefaren ved jordas innhold av ulike nivå av miljøgifter. Miljødirektoratet sin veileder TA-2553 [16] benyttes for å vurdere hvilke tilstandsklasser massene tilhører i forhold til forurensning i et tiltaksområde. Miljødirektoratet arbeider med å oppdatere normverdier og tilstandsklasser. Inntil dette er på plass, vil dagens normverdier i forskrift og dagens tilstandsklasser (omtalt i TA-2553) være gjeldende. For alle praktiske formål skal ny veileder om forurenset grunn erstatte TA-2553.

Tilstandsklasse 1 regnes som rene masser. Med økende innhold av miljøgifter øker også tilstandsklassene, opp til klasse 5 som regnes som svært forurensede masser. Tabell 4-1 viser fargekodene til de forskjellige tilstandsklassene. Ved konsentrasjoner høyere enn tilstandsklasse 5 klassifiseres massene som farlig avfall innenfor tiltaksområdet. Tilstandsklassene knyttes dessuten til et områdes arealbruk når det bygges, graves eller ryddes opp på området. Med arealbruk menes arealbruk slik det fremgår av kommuneplanen eller slik kommunen planlegger fremtidig bruk av området.

Tabell 4-1: Tilstandsklasser for forurenset grunn og beskrivelse av tilstand

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Nivå som anses å være farlig avfall

Tilstandsklassene brukes deretter for å vurdere hvordan massene kan håndteres innenfor tiltaksområdet og avhenger av arealformålet for området. Alle de aktuelle tiltaksområdene vil bli

FAGRAPPORF FORURENSNING

omregulert til trafikkareal dersom veien blir bygd ut her. Akseptkriteriene for tilstandsklasser på areal regulert til industri og trafikkareal er vist i Figur 4-1.

Resultatene fra pesticidanalysene er klassifisert etter TA-2553 for DDT og ellers forurensningsforskriftens «vedlegg 1 normverdier» for parametere det ikke finnes tilstandsklasser for.



Figur 4-1: Figur hentet fra veileder TA-2553, figuren viser hvilke tilstandsklasser som er akseptable på et areal regulert til industri eller trafikk. Det skilles på toppjord (0-1 m) og dypereleggende jord.

4.1.2 Prøvetaking

Innledende miljøtekniske grunnundersøkelser ble gjennomført den 25.-27. oktober 2021 i Dalane og 1.-3. november 2021 i Vige. Prøvetakingen foregikk i form av sjaktning med gravemaskin i de aktuelle områdene i Dalane og Vige.

Det ble gravd ned til ca. 2 meter dybde, med ca. 1 meter i diameter for sjaktene. Prøveuttak foregikk per meter eller i ulike lag. Prøvetaking ble også gjort for hånd i noen punkter på drivhustomta. Det ble da gravd ned ca. 1 meter med spade og tatt ut prøver fra dette punktet.

Det ble tatt ut prøver fra 17 prøvepunkter i Dalane, og 15 prøvepunkter i Vige, med 2-4 prøver per punkt. Jordprøvene ble sendt til analyse hos ALS Laboratory Group, som er akkreditert for disse analysene, 48 prøver ble analysert for tungmetaller, PAH-16, PCB-7, THC og BTEX, 5 prøver ble i tillegg analysert for klorerte pesticider, klorerte benzener, flyktige halogenerte hydrokarboner, fenoler og klorfenoler og 10 prøver ble analysert for pesticider. Bilder og observasjoner fra feltarbeidet er vist i kapittel 8 - feltlogg.

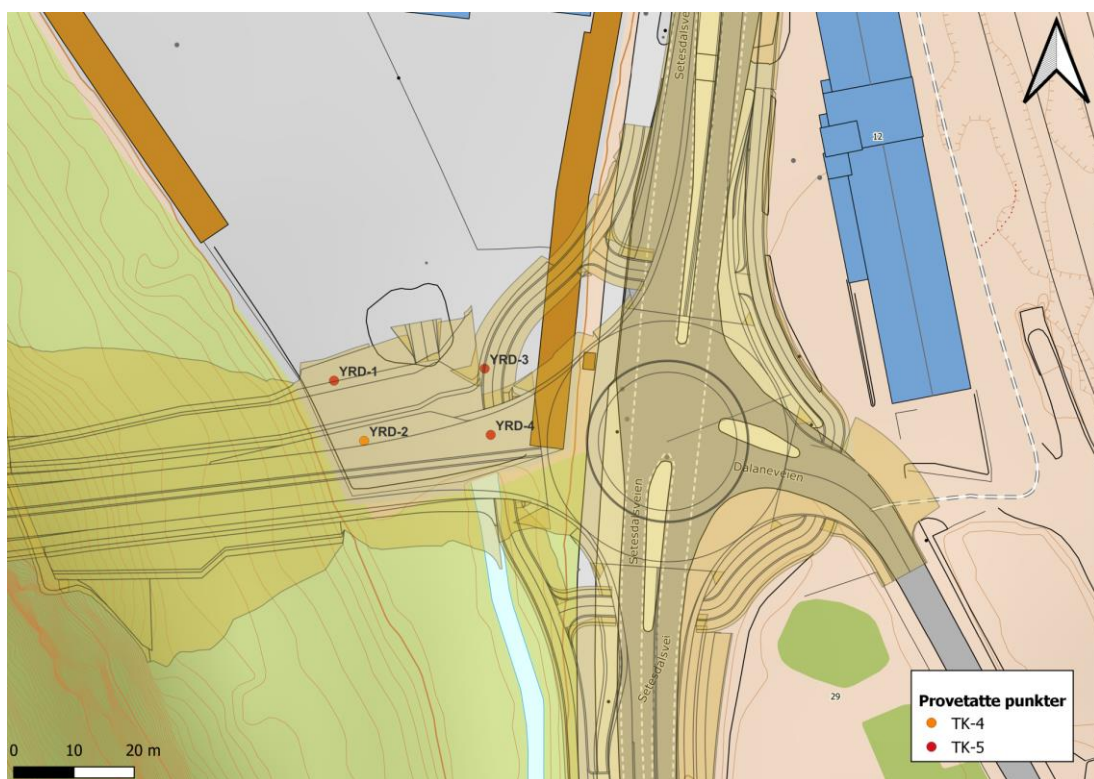
FAGRAPPORF FORURENSNING

4.2 Resultater kjemisk analyse

Analyseresultatene for miljøgifter i jord i Dalane og Vige-området er presentert i dette kapittelet. I Dalane er resultatene delt mellom biltomta og drivhustomta. Analyseresultatene er oppsummert i Tabell 4-2 til Tabell 4-5.

4.2.1 Dalane

Resultatene for biltomta i Dalane viser til forhøyede konsentrasjoner av metaller og PAHer (Figur 4-2). Figur 4-2 viser høyest påvist tilstandsklasse i hvert prøvepunkt, dette tilsvarte tilstandsklasse 4 og 5.

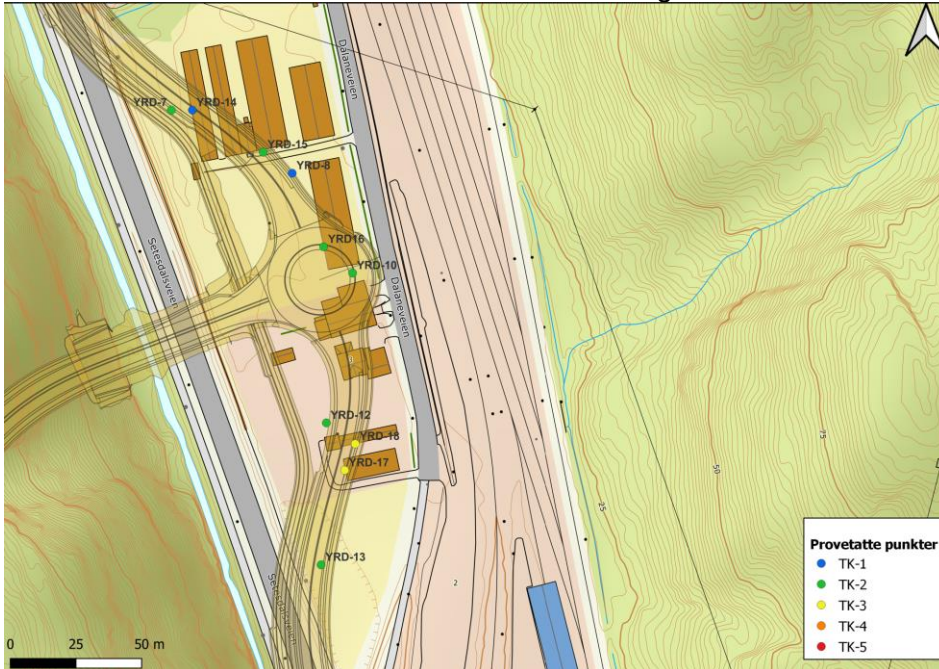


Figur 4-2: Analyseresultatene for miljøgifter i jord på biltomta, Dalane. Verdiene er klassifisert etter TA-2553. Høyest påvist tilstandsklasse er vist i hvert punkt.

På drivhustomta viser resultatene lave konsentrasjoner for de fleste miljøgifter i henhold til TA-2553, og tilstandsklasse 2 for alle analyserte prøvepunkter (Figur 4-3 og Figur 4-4). Figur 4-3 viser høyest påvist tilstandsklasse i hvert prøvepunkt. Prøvene analysert for pesticider viser konsentrasjoner av DDT tilsvarende tilstandsklasse 1 i punkt YRD-8 og YRD-14 og tilstandsklasse 3 i punkt YRD-17 og YRD-18. Resten av punktene hadde konsentrasjoner tilsvarende

FAGRAPPOR FORURENSNING

tilstandsklasse 2. Resultatene er vist i Tabell 4-3 og

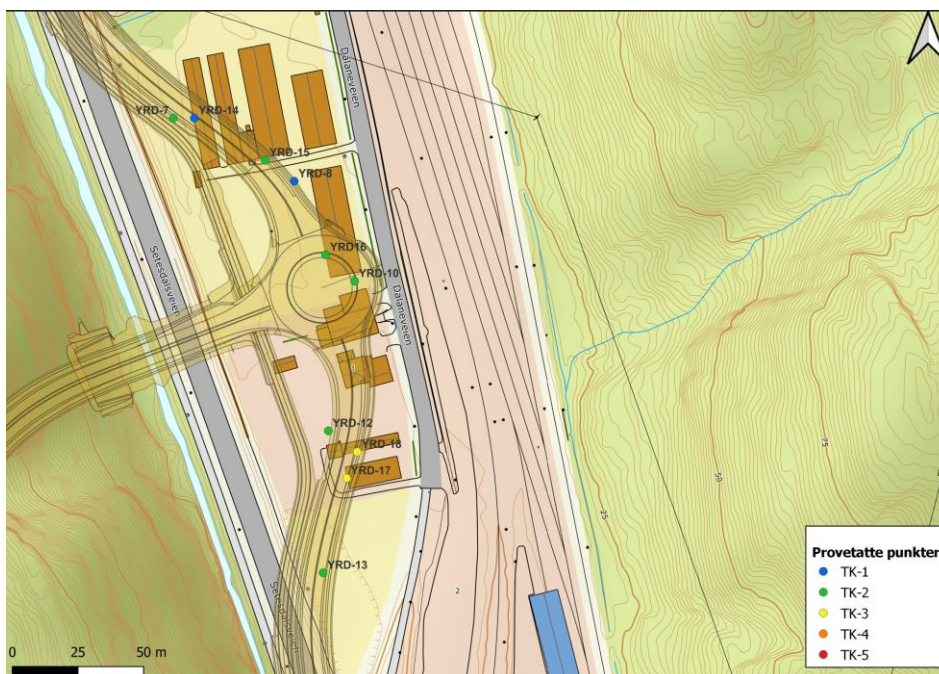


Figur 4-4. Tabellen viser også summen av DDD, DDE og DDT, da det kan antas like egenskaper i nedbrytningsproduktene DDD og DDE. Norconsult mener derfor at disse tre stoffene bør vurderes samlet mot grenseverdier for DDT.

FAGRAPPOR FORURENSNING



Figur 4-3: Analyseresultatene for miljøgifter i jord på drivhustomta, Dalane. Verdiene er klassifisert etter TA-2553. Høyest påvist tilstandsklasse er vist i hvert punkt.



Figur 4-4: Analyseresultatene for pesticider i jord på drivhustomta. Verdiene er klassifisert etter TA-2553 og forurensningsforskriftens «vedlegg 1 normverdier». Høyest påvist tilstandsklasse er vist i hvert punkt for samlet sum av DDD, DDE og DDT.

FAGRAPPOR FORURENSNING

Tabell 4-2: Analyseresultatene for miljøgifter i jord i Dalane. Verdiene er klassifisert etter TA-2553 (se Tabell 4-1) og forurensningsforskriften «Vedlegg 1 Normverdier». Kun parametere med verdier over deteksjonsgrensen er vist i tabellen. For fullstendig analyserapport se vedlegg 1.

Parametere	Enhet	YRD-1	YRD-1	YRD-1	YRD-2	YRD-2	YRD-2	YRD-2	YRD-3	YRD-3	YRD-3	YRD-4	YRD-4	YRD-4	YRD-8	YRD-9	YRD-10	YRD-12
Dybde (m)		0-0.4	0.4-1.4	1.4-1.9	0-0.35	0.35-0.85	0.85-1.45	1.45-2.10	0-0.85	0.85-1.1	1.1-1.6	0-0.5	0.5-0.9	0.9-1.1	0-0.6	0-1.5	0-0.4	0-0.55
Tørrestoff ved 105 grader	%	88.70	87.90	85.90	90.50	83.60	82.60	87.10	86.10	75.30	79.90	82.90	79.40	84.40	81.50	74.90	80.30	82.00
Cr6+	mg/kg TS		0.67			1.52			2.52			0.53						
As (Arsen)	mg/kg TS	3.45	5.66	<0.50	2.07	2.40	<0.50	<0.50	30.10	2.25	<0.50	5.77	1.68	2.38	2.91	0.68	2.65	1.11
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	<0.10	0.85	<0.10	0.65	1.26	<0.10	<0.10	3.14	0.38	<0.10	2.64	<0.10	0.67	0.21	<0.10	0.26	0.21
Cr (Krom)	mg/kg TS	39.70	23.20	3.85	52.70	32.00	3.86	5.52	89.60	6.77	9.46	68.40	3.48	19.10	7.80	4.40	7.93	5.24
Cu (Kopper)	mg/kg TS	1930.00	154.00	4.32	827.00	117.00	3.14	3.60	3010.00	31.20	280.00	364.00	11.40	74.30	22.90	8.47	21.40	62.60
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	0.61	0.60	<0.20	0.25	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	2130.00	43.60	<5.0	84.60	79.10	7.20	<5.0	984.00	10.40	15.60	107.00	8.30	27.40	9.70	<5.0	10.70	6.50
Pb (Bly)	mg/kg TS	102.00	229.00	8.60	163.00	374.00	4.60	3.10	996.00	56.10	124.00	620.00	34.20	194.00	30.80	16.20	50.60	57.60
Zn (Sink)	mg/kg TS	219.00	292.00	31.20	412.00	867.00	74.30	25.20	2250.00	375.00	112.00	2300.00	38.10	413.00	68.00	43.80	96.40	121.00
Sum PCB-7	mg/kg TS	0.02	0.47	<0.01	0.07	0.30	<0.01	<0.01	0.87	<0.01	0.03	5.84	0.04	0.30	0.01	<0.01	<0.01	0.03
Naftalen	mg/kg TS	<0.01	0.04	<0.01	0.01	0.06	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	<0.01	0.15	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluoren	mg/kg TS	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	<0.01	0.14	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluoranten	mg/kg TS	0.86	2.38	<0.01	0.14	0.65	<0.010	<0.010	1.92	0.06	0.07	6.76	0.18	0.31	0.07	0.32	0.48	0.07
Pyren	mg/kg TS	0.73	2.14	<0.01	0.17	0.68	<0.010	<0.010	1.93	0.05	0.06	6.07	0.16	0.26	0.06	0.36	0.42	0.07
Benso(a)pyren	mg/kg TS	0.30	0.52	<0.01	0.13	0.49	<0.01	<0.01	1.32	0.03	0.03	1.76	0.07	0.11	0.04	0.21	0.23	0.04
Sum of 16 PAH	mg/kg TS	4.53	22.00	<0.08	1.66	5.14	<0.08	<0.08	19.80	0.49	0.68	65.70	1.37	2.84	0.45	2.08	2.49	0.47
Benzen	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Etylbensen	mg/kg TS	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	0.06	<0.20	<0.20	0.06	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Sum xylener	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.30	<0.02	<0.02	0.25	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
THC >C12-C35 (sum)	mg/kg TS	411	41	426	356	541	<6.50	<6.50	1380	56	289	321	14	151	<6.50	<6.50	<6.50	<6.50
Heksaklorbensen HCB	mg/kg TS		<0.01			<0.01			0.07			0.09						
Tetrakloreten	mg/kg TS		0.06			0.07			0.04			0.02						

FAGRAPPORF FORURENSNING

Tabell 4-3: Analyseresultater av pesticider i jord på Drivhustomta. Verdiene er klassifisert etter TA-2553 (se Tabell 4-1) og forurensningsforskriften «Vedlegg 1 Normverdier». For fullstendig analyserapport se vedlegg 1.

Parametere	Enhet	YRD-7	YRD-8	YRD-10	YRD-12	YRD-13	YRD-14	YRD-15	YRD-16	YRD-17	YRD-18
Dybde (m)		0-0.5	0-0.6	0-0.4	0-0.55	0-0.55	0.1-0.4	0.1-0.4	0.1-0.4	0.1-0.4	0.1-0.4
a-HCH	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
b-HCH	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
g-HCH (Lindan)	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
o,p'-DDD	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.01	<0.02	0.09	0.06
p,p'-DDD	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	0.00	0.00	<0.02	0.0247	<0.02	0.14	0.19
o,p'-DDE	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.00	<0.02	0.02	0.01
4,4-DDE	mg/kg TS	<0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.11	0.02	0.86	1.03
o,p'-DDT	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	0.01	0.00	<0.02	0.04	<0.02	1.8	1.7
p,p'-DDT	mg/kg TS	<0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.27	0.01	6.17	6.88
Sum DDT	mg/kg TS	<0.04	<0.02	<0.02	0.04	0.03	<0.02	0.31	0.03	7.97	8.58
Sum DDD, DDE, DDT	mg/kg TS	<0.12*	<0.08*	<0.09*	0.1	0.09	<0.08*	0.46	<0.11*	9.07	9.87

*Der konsentrasjonene er under deteksjonsgrensen angis tilstandsklassen for halve deteksjonsgrensen.

4.2.2 Vige

I Vige viser analyseresultatene lave konsentrasjoner av de fleste analyserte stoffer tilsvarende tilstandsklasse 1 og 2 (Tabell 4-4 og Tabell 4-5). Punkt YRV-5 viser tilstandsklasse 2 for ulike PAHer. Punkt YRV-6 og YRV-13 viser konsentrasjoner av oljeforbindelser tilsvarende tilstandsklasse 2. Figur 4-5 viser en oversikt over plasseringen for prøvepunktene og høyest påviste tilstandsklasser for hvert punkt.

FAGRAPPORF FORURENSNING



Figur 4-5: Analyseresultatene for miljøgifter i jord i Vigje. Verdiene er klassifisert etter TA-2553.

FAGRAPPOR FORURENSNING

Tabell 4-4: Analyseresultater for miljøgifter i jord i Vige (punkt 1-7). Verdiene er klassifisert etter TA-2553 (se Tabell 4-1) og forurensningsforskriften «Vedlegg 1 Normverdier». Ruter markert med blått er tilstandsklasse 1 (under normverdi). For fullstendig analyserapport se vedlegg 1.

Parametere	Enhet	YRV-1	YRV-1	YRV-2	YRV-2	YRV-3	YRV-3	YRV-4	YRV-4	YRV-5	YRV-5	YRV-5	YRV-5	YRV-6	YRV-6	YRV-7	YRV-7
Dybde (m)		0-0.5	0.5-0.8	0-0.5	0.5-1.8	0-1	1-2	Sprengstein	Sprengstein	0-0.5	0.5	0.5-1.2	1.2-1.8	0-0.1	0.1-1	0.06-0.21	0.21-1.6
Tørrestoff ved 105 grader	%	87	92.8	93.5	93	95.4	95.4	94.2	93.7	94.3	93.3	81.7	95.6	90.4	88.4	96	94.1
Cr6+	mg/kg TS																
As (Arsen)	mg/kg TS	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Cr (Krom)	mg/kg TS	4.34	13.90	12.30	32.20	18.10	15.70	32.80	31.20	14.90	26.00	9.95	38.90	3.85	7.04	29.80	16.70
Cu (Kopper)	mg/kg TS	12.90	10.60	52.00	24.90	18.70	14.10	29.80	28.40	16.10	20.40	14.00	39.40	6.98	4.44	31.70	10.00
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	<5.0	13.20	10.00	18.80	13.40	11.50	20.80	20.40	14.00	15.10	9.80	20.30	<5.0	<5.0	25.70	8.50
Pb (Bly)	mg/kg TS	5.70	6.70	6.60	7.50	5.20	7.40	9.00	9.10	4.20	8.90	14.10	7.50	4.50	8.10	8.90	13.80
Zn (Sink)	mg/kg TS	43.8	58.00	56.60	69.10	59.20	63.30	76.80	70.80	60.30	51.90	26.00	75.50	105.00	29.40	81.20	38.70
Sum PCB-7	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluoranten	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.69	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Pyren	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.52	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benso(a)pyren	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.17	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sum of 16 PAH	mg/kg TS	0.01	<0.08	0.02	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	0.05	0.06	2.92	<0.08	0.03	<0.08	<0.08	<0.08
THC >C12-C35 (sum)	mg/kg TS	56.00	<6.50	58.00	42.00	63.00	24.00	30.00	18.00	45.00	26.00	16.00	12.00	108.00	45.00	<6.50	16.00

Tabell 4-5: Analyseresultatene for miljøgifter i jord i Vige (punkt 8-15). Verdiene er klassifisert etter TA-2553 (se Tabell 3) og forurensningsforskriften «Vedlegg 1 Normverdier». Ruter markert med blått er tilstandsklasse 1 (under normverdi). For fullstendig analyserapport se vedlegg 1.

Parametere	Enhet	YRV-8	YRV-8	YRV-9	YRV-9	YRV-10	YRV-10	YRV-10	YRV-11	YRV-11	YRV-12	YRV-12	YRV-13	YRV-13	YRV-13	YRV-14	YRV-14	YRV-14	YRV-15	YRV-15	YRV-15
Dybde (m)		0.14-0.29	0.29-1.3	0.06-0.16	0.16-0.95	0.04-0.21	0.21-0.26	0.26-1.25	0-0.2	0.5-1	0-0.8	0.8-1.9	0.04-0.3	0.3-0.8	0.8-1.6	0.03-0.4	0.4-0.9	0.9-1.7	0.03-0.1	0.1-1.2	1.2-2
Tørrestoff ved 105 grader	%	96.2	95.5	97	93.9	95.5	94.6	94	93.1	95.1	95.6	94.1	96.1	95.6	97	96	97.8	96.7	95.8	96	96.8
Cr6+	mg/kg TS							0.312													
As (Arsen)	mg/kg TS	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	0.51	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Cr (Krom)	mg/kg TS	26.80	13.20	12.40	10.20	22.20	4.59	23.50	23.30	5.38	10.40	16.70	21.00	8.96	3.65	16.40	0.86	20.20	27.60	1.85	2.57
Cu (Kopper)	mg/kg TS	36.40	19.60	9.82	9.00	19.20	6.27	28.30	15.40	22.00	9.43	12.60	26.80	6.57	17.40	16.60	2.15	11.70	22.70	24.00	12.80
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	25.80	10.20	9.10	13.60	13.80	5.60	18.60	17.50	31.90	6.80	13.00	11.90	5.90	<5.0	13.60	<5.0	14.50	22.90	<5.0	<5.0
Pb (Bly)	mg/kg TS	6.90	19.50	6.40	9.70	8.00	13.80	51.30	10.90	22.50	14.60	36.60	5.40	21.90	19.60	11.80	8.00	14.80	9.20	54.20	33.80
Zn (Sink)	mg/kg TS	74.90	48.00	43.10	34.10	70.50	23.20	86.70	49.50	39.80	39.20	48.80	76.80	33.80	22.20	61.70	20.00	97.20	71.00	76.20	47.90
Sum PCB-7	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fluoranten	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Pyren	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Benso(a)pyren	mg/kg TS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sum of 16 PAH	mg/kg TS	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	0.01	<0.08	<0.08	0.02	0.36	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
THC >C12-C35 (sum)	mg/kg TS	<6.50	13.00	27.00	73.00	70.00	18.00	26.00	99.00	13.00	21.00	34.00	151.00	<6.50	<6.50	30	<6.50	<6.50	18	<6.50	<6.50

4.2.3 Vurdering av resultater

På Dalane ble det påvist forurensning i tilstandsklasse 4 og 5 for ulike metaller og PAHer på biltomta, og tilstandsklasse 2 for PAHer på drivhustomta. Analyseresultatene for pesticider på drivhustomta viste konsentrasjoner av DDE, DDE og DDT tilsvarende tilstandsklasse 1, 2 og 3. I Vige ble det påvist forurensning i tilstandsklasse 2 for prøvepunkt YRV-5, YRV 6 og YRV-13. Resterende prøvepunkter ble det ikke påvist forurensning i (tilstandsklasse 1).

I henhold til Miljødirektoratets veileder for forurenset grunn kan masser i tilstandsklasse 1-3 bli liggende for gjeldende arealbruk (Figur 4-1). Tilstandsklasse 4 kan bli liggende med risikovurdering. Det samme gjelder for masser i tilstandsklasse 5 i dypere liggende lag (>1m). I topplag <1 meter må det kjøres ut av område og leveres til godkjent deponi. Massene må da håndteres iht. avfallsforskriften.

4.2.4 Videre arbeid

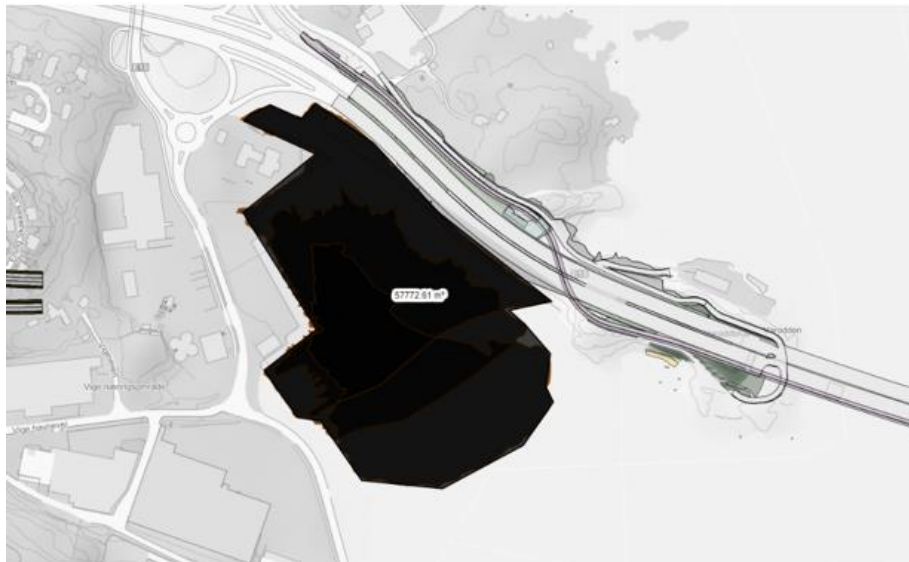
Det er ikke tilstrekkelig prøvetatt med hensyn på kartlegging av mulig forurensning i grunnen iht. Miljødirektoratets veileder for forurenset grunn. Det er også enkelte områder, f.eks. eksisterende veiareal, hvor det ikke var mulig å prøveta i denne fasen. For å oppfylle kravene i veilederen, samt ev. avgrense påvist forurensning, vil det være aktuelt med supplerende prøvetakning i neste fase.

En ny prøvetakingsplan utarbeides når veiltaket i større grad er detaljert. Antall prøvepunkt settes ut etter føringer gitt i Miljødirektoratets veileder for forurenset grunn. Langs vei bør det tas blandprøver med flere stikk i dybden 0-30 cm for hvert prøvepunkt. Jordprøvene sendes til analyse for metaller, PAH-, PCB-, BTEX- og olje-forbindelser (alifater). Prøvetakingen må utføres av en person med miljøfaglig bakgrunn. I etterkant av den supplerende prøvetakingen utarbeides det en tiltaksplan for de kommende gravearbeidene dersom det påvises forurensning i massene.

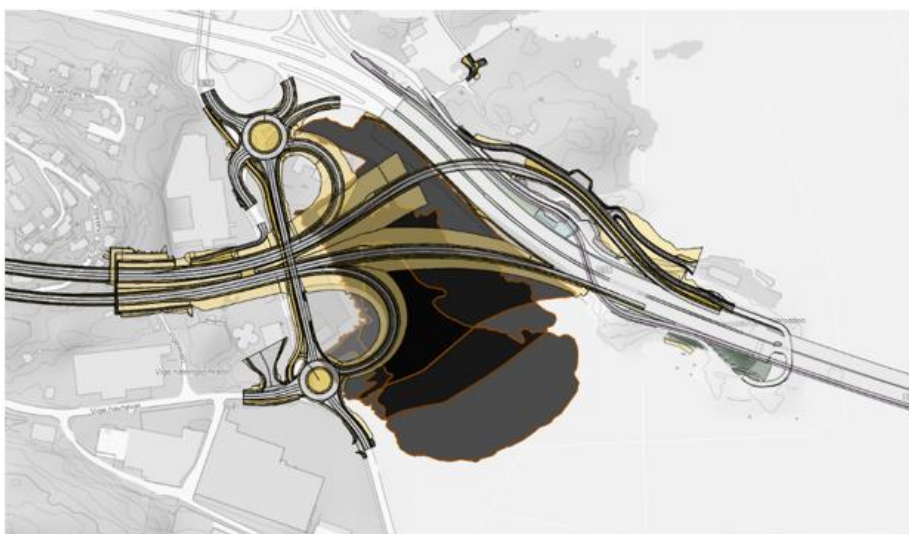
5 Miljøtekniske undersøkelser i Vigebukta

Tiltaket i Vige inkluderer et stort veikryss med tilhørende veisystem som plasseres på utfyllt sjøbunn. Utfyllingen krever et areal på ca. 57 800 m² og totalt er det estimert et behov for 665 300 m³ med utfyllingsmasser for veikrysset. Denne mengden inkluderer utfylling som skal skje over vannsøylen. I tillegg medfører etableringen av veikrysset en mindre utfylling nord for E18 på ca. 7000 m².

Veifyllinger må tilfredsstillende strenge krav til stabilitet. Det er derfor foreslått etablering av motfyllinger for å oppnå disse kravene. Av den totale utfyllingen er ca. halvparten en motfylling. Videre er grunnen meget setningsgivende og det estimeres at setninger under veifyllinger og motfyllinger vil være opp til 1,5 m og vil foregå over 100 år uten setningsakselererende tiltak. For å få unnagjort størsteparten av setninger i anleggstiden forslås det etablering av vertikaldren i leirmasser kombinert med forbelastning. Oversikt over tiltaksområdet for utfyllingen er vist i Figur 5-1. Området for utfyllingen inkludert planlagt veitrase er vist i Figur 5-2.



Figur 5-1: Tiltaksområdet for utfyllingen i sjø ved Vige uten planlagt veitrasè.



Figur 5-2: Tiltaksområdet for utfyllingen i sjø ved Vige med planlagt veitrasè.

5.1 Metode

5.1.1 Vurderingsgrunnlag

Resultatene fra undersøkelsen av sjøbunnen i Vigebukta er sammenlignet med tilstandsklasser for forurenset sediment i veileder M-608 (Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota) [13]. En beskrivelse av tilstandsklassene er vist i tabell 5-1. Ved forurensning i tilstandsklasse I og II, og for sediment som samlet sett ikke overskrider grenseverdier for trinn 1 i veileder M409 [20], kreves det normalt ikke tiltak for å begrense spredning av forurensning.

Parametere som det ikke finnes klassegrenser for vises med hvit bakgrunn. TBT er klassifisert i henhold til forvaltningsmessige tilstandsklasser. Parameterne hvor verdiene er under deteksjonsgrensen, men hvor deteksjonsgrensen er over grensen mellom tilstandsklasse 1 og 2, er markert med grå farge.

Tabell 5-1: Beskrivelse av tilstandsklasser, Veileder M-608.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC _{akutt}	Øvre grense: PNEC _{akutt} X AF ¹⁾	

1) AF: sikkerhetsfaktor

5.1.2 Prøvetakingsmetode

I Miljødirektoratets veileder for risikovurdering (M409) kreves minimum 5 stasjoner fra et tiltaksområde, der hver stasjon maksimalt kan representere et areal på maks 10 000 m². Der bunnen er dypere enn 20 m kan man forvente større homogenitet i sedimentstruktur og hver stasjon kan representere inntil 40 000 m² bunn. På hver stasjon bør det være 4 parallelle prøver, som kan forenes til en blandprøve. I tillegg til prøver i tiltaksområdet kan det være gunstig for videre vurderinger å ta prøver på referansestasjoner. Prøvene skal dekke det øvre, biologisk aktive laget- som oftest er 0-10 cm.

Feltarbeidet ble utført den 16. juni 2021 av Norconsult, og leid mannskap fra hhv. Agder Dykk AS og Sørlandsdykk A/S. Det ble tatt prøver fra fire stasjoner direkte under tiltaksområdet i Vige, en stasjon under tiltaksområdet nord for E18, to referansestasjoner i en transekt utover i fjorden, og to referansestasjoner i Narviga (Figur 1). Langs E18 og innerst ved kai/bensinstasjon er det steinfyllinger og ikke mulig å ta prøver med grabb. I hver stasjon ble det tatt 4 parallelle prøver som ble blandet til en prøve og sendt til laboratorium for kjemiske analyser. I Narviga ble det brukt en mindre grabb, og dette medførte at det var nødvendig med flere enn 4 parallelle prøver/grabbskudd for å få nok prøvemateriale.

I tillegg til disse prøvene ble det tatt en blandprøve ved badeplassen på Varodden. Blandprøven besto av ti uttak av sediment i fordelt over hele strandsonen på ca. 0,5m dyp. Feltarbeidet ble gjennomført 17august 2022.

Sedimentprøvene ble analysert for PCB-7, PAH-16, TBT, metaller (As, Ni, Cd, Cr, Hg, Zn, Cu, Pb), TOC, vanninnhold og kornstørrelse. Analysene ble utført av laboratoriet ALS Laboratory Group

Norway AS, som er akkreditert for disse analysene. Observasjoner og kommentarer fra feltarbeidet er vist i Vedlegg 1 sammen med rådata fra analysene.

5.2 Resultat

Analyseresultater fra prøvetaking i Vigebukta og Narviga er vist i Tabell 5-2 og Figur 5-3. I henhold til SVV sin håndbok R211 (vedlegg 1 Jordartsklassifisering) klassifiserer et flertall av prøvene som siltig sand. Enkelte av prøvene har en større andel silt og en mindre andel sand.

Vigebukta:

Antracen tilsvarer tilstandsklasse 3 i YR-1 og YR-5. Det er påvist TBT i tilstandsklasse 3 i YR-1, og PAH forbindelser i tilstandsklasse 4 ved Varodden. Ellers er alle forurensningsparametere i tilstandsklasse 2 eller bedre.

Narviga:

Det er påvist forurensning av sink i tilstandsklasse 3, og PAH og TBT opp til tilstandsklasse 4 i Narviga. Ellers er alle forurensningsparametere i tilstandsklasse 2 og lavere.

Nord for E18

Alle forurensningsparametere er i tilstandsklasse 2 eller bedre.



Figur 5-3. Prøvepunktene i 2021 i Vigebukta, Narviga og nord for E18 med farger tilsvarende tilstandsklasser i veileder M-608.

DETALJREGULERING E18 YTRE RINGVEI
DETALJREGULERING E18 YTRE RINGVEI
FAGRAPPOR FORURENSNING

Tabell 5-2. Resultater fra prøvetaking av sediment i Vigebukta den 15.06.21 klassifisert iht. veileder M-608.

ELEMENT	SAMPLE	YR-1	YR-2	YR-3	YR-4	YR-5	YR-6	YR-7	YR-8	YR-9	Varodden
Sampling Date		2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2021-06-15	2022-08-17
Tørrestoff ved 105 grader	%	49.9	61.1	74.2	63.7	61.8	69.9	76.5	22.5	20.8	83.2
Ekstraksjon		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
As (Arsen)	mg/kg TS	3.3	4.14	1.81	1.93	3.2	2.01	1.04	7	8.49	1.7
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0.3	0.53	<0.020
Cr (Krom)	mg/kg TS	21.8	19.2	9.98	15.3	15	5.76	4.21	19.5	23.5	5.8
Cu (Kopper)	mg/kg TS	34.2	30.7	14.8	16.9	15.4	10.6	3.12	73	53.1	7.9
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0.010
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	13	11.6	7	10.4	14.9	3.9	3.5	18.3	24.4	6.6
Pb (Bly)	mg/kg TS	15.7	14.7	9.5	10.7	17.4	4.8	5.6	37.1	34.1	18
Zn (Sink)	mg/kg TS	91.6	71	40.5	62.8	53.6	28.7	20.9	149	160	42
PCB 28	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0.00050
PCB 52	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0.00092	<0,00070	<0.00050
PCB 101	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0.00386	<0,00070	0.0014
PCB 118	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0.00221	<0,00070	0.0007
PCB 138	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0.00098	<0,00070	<0,00070	0.00732	0.00162	0.0039
PCB 153	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0.00073	<0,00070	<0,00070	0.006	0.00092	0.0044
PCB 180	mg/kg TS	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070	0.00388	<0,00070	0.0036
Sum PCB-7	mg/kg TS	<0,00245	<0,00245	<0,00245	<0,00245	0.00171	<0,00245	<0,00245	0.0242	0.00254	0.014
Naftalen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<19	<19	34
Acenaftalen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	23
Acenaften	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	24
Fluoren	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	21
Fenantren	µg/kg TS	19	<10	<10	<10	20	<10	12	48	24	84
Antracen	µg/kg TS	6	<4	<4	<4	5	<4	<4	16	10	27
Fluoranten	µg/kg TS	54	24	19	<10	47	<10	31	143	131	96
Pyren	µg/kg TS	48	22	16	<10	42	<10	25	154	119	83
Benso(a)antracen	µg/kg TS	26	13	10	<10	26	<10	18	73	60	47
Krysen	µg/kg TS	28	15	12	<10	27	<10	22	88	73	62
Benso(b)fluoranten	µg/kg TS	42	20	17	<10	44	<10	25	143	122	100
Benso(k)fluoranten	µg/kg TS	27	15	12	<10	30	<10	20	84	76	75
Benso(a)pyren	µg/kg TS	29	17	13	<10	32	<10	22	85	74	83
Dibenso(ah)antracen	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	21	18	21
Benso(ghi)perylene	µg/kg TS	26	18	15	<10	44	<10	18	111	82	88
Indeno(123cd)pyren	µg/kg TS	24	16	12	<10	36	<10	14	85	67	67
Sum of 16 PAH (M1)	µg/kg TS	329	160	126	<77	353	<77	207	1050	856	940
Sum PAH carcinogene	µg/kg TS	176	96	76	<35	195	<35	121	579	490	
Monobutyltinn	µg/kg TS	2.42	2.53	2.39	<1	1.79	<1	1.12	3.53	7.54	1.38
Dibutyltinn	µg/kg TS	47.1	21.8	17.9	1.76	13.2	5.16	8.03	144	186	3.9
TBT forvaltningsmessig	µg/kg TS	8.19	4	1.4	<1	1.02	<1	3.44	26.2	14.8	3.28
Leire <2 µm	%	0.3	0.7	0.1	3.6	0.8	<0,1	<0,1	0.3	0.2	<0.1
Silt (2-63 µm)	%	37.6	59.4	14.7	40.3	54.3	8.6	1.6	63.5	78.9	
Sand (> 63 µm)	%	62.1	39.9	85.2	56.1	44.9	91.3	98.4	36.2	20.9	99.2
Totalt organisk karbon (TOC)	% tørrvekt	1.56	0.9	1.33	1.2	1.4	1.24	1.84	7.07	5.7	0.37
Jordartsklassifisering		Siltig sand	Sandig silt	Sand	Siltig og sandig	Siltig og sandig	Sand	Sand	Sandig silt	Sandig silt	Sand

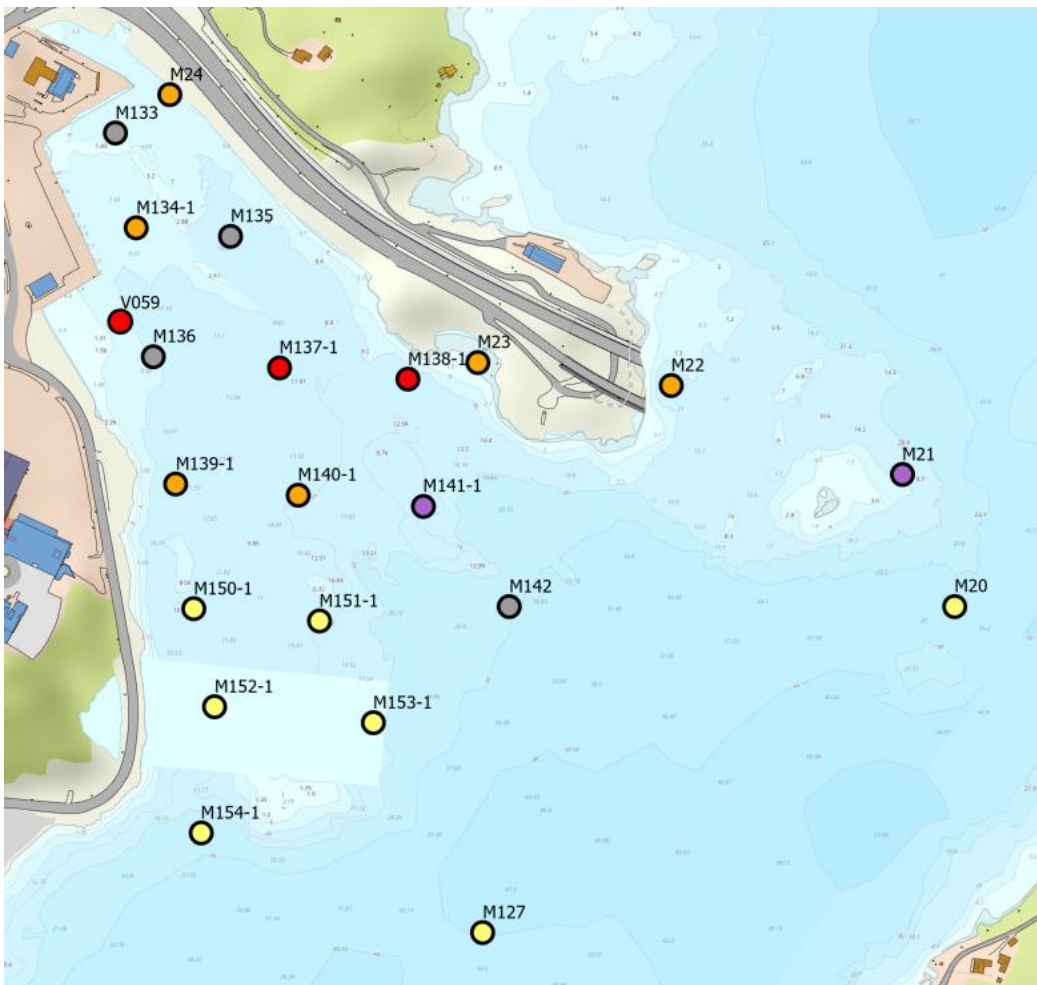
FAGRAPPORF FORURENSNING

5.2.1 Sammenligning med tidligere prøvetaking

Det er gjennomført flere tidligere undersøkelser av sedimentene i Vige og Kongsgårdbukta i forbindelse med havneutbygging. En oppsummering av resultatene er gitt i Tabell 5-3 De fleste tidligere undersøkelser i Vigebukta er gjort av Sørlandskonsult i 2008. Unntaket er en prøverekke langs Varoddbroa/E18 (nr. M20-M24) som er prøvetatt i 2011 og prøvepunktet V-059 fra 2018. Resultater som er over 10 år gamle regnes som foreldet på grunn av tilførsel av nytt materiale og/eller erosjon.

Alle undersøkelser er klassifisert etter veileder M-608 og vist med fargekoder i Figur 5-4 Tidligere resultater viser at sedimentene i Vigebukta er forurenset til tilstandsklasse 2 til 5. Det er funnet høye konsentrasjoner av ulike PAH-forbindelser, men også for PCB, TBT og ulike tungmetaller. Høyest forurensningsgrad er funnet innerst i Vigebukta, med avtakende forurensningsgrad mot sørøst.

Prøvene i 2021 innenfor tiltaksområdet i Vigebukta indikerer at forurensningsgraden i sedimentene har blitt bedre siden forrige større prøvetaking i 2008.



Figur 5-4. Kart over tidligere prøvetaking i Vigebukta der forurensningsgraden i sediment er fargekodet iht. veileder M-608. Grå farge betyr steinfylling eller ingen prøve. Lilla farge betyr at deteksjonsgrensen er høyere enn grenseverdien TK III/III.

FAGRAPPORRT FORURENSNING

Tabell 5-3. Oppsummering av tidligere undersøkelser av sediment i Vigebukta.

Nr. figur	Firma	Dato	Doknr	Tittel
V-059	Norconsult	29.10.2018	5176609- RIM-01- 5176609	Innledende miljøteknisk kartlegging av sedimenter. Kongsgård- Vige. Kjerneprøver
M19-M24	Norconsult	02.11.2011	5112256- NOT-01	Vurdering av marint miljø ved Varoddbrua
M133-142 og 150-154	Sørlandskonsult	21.10.2008	2636.419	Kristiansand havn KF - Utfylling Vige. Analyser av sedimenter.

5.2.2 Vurdering av resultater

Vige

Det er tatt fem gyldige prøver innenfor tiltaksområdet (nyere enn 10 år), hvorav en prøve er fra 2018 (V059) og de resterende er fra 2021. Resultatene fra prøvene som er tatt i 2021 viser lav forurensningsgrad som ikke utgjør en risiko for spredning av forurensning. Samtidig må man ta hensyn til at det kan finnes sterkere forurensning i dypere lag av sediment. Dette er spesielt viktig å ta hensyn til ved peling eller mudring. Resultatet fra prøven i 2018 viser en høyere forurensningsgrad også i overflaten. Dette må hensyntas ved planlegging av tiltak for å unngå spredning av forurensning.

I strandsonen ved Varodden er det påvist PCB og PAH i tilstandsklasse 3 og 4. Det ble observert en del asfaltrester ved prøvetaking, dette kan være én årsak. Det er ikke planlagt tiltak i dette området, men tiltaket kan forårsake at sedimenter fra andre deler av bukta, samt finstoff fra fyllingen spres til badebukten. Resultatene tyder på at en eventuell spredning ikke vil forverre tilstanden i badebukten.

Narviga

Det er påvist forurensning av sink i tilstandsklasse 3, og PAH og TBT opp til tilstandsklasse 4 i Narviga. Ellers er alle forurensningsparametere i tilstandsklasse 2 og lavere. Det må påregnes avbøtende tiltak mot spredning av forurensning ved eventuell utfylling/mudring i dette området.

Nord for E18

Alle forurensningsparametere er i tilstandsklasse 2 eller bedre. Ingen spesielle tiltak er nødvendig for å redusere/hindre spredning av forurensning.

5.2.3 Videre arbeid.

Avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensning må konkretiseres. Det må utarbeides en søknad om tiltak i sjø til Statsforvalteren.

FAGRAPPORRT FORURENSNING

6 Miljøteknisk undersøkelse i Øygardsvatnet

6.1 Metode

6.1.1 Vurderingsgrunnlag

Resultatene fra undersøkelsen er sammenlignet med tilstandsklasser for forurenset sediment i ferskvann i veileder M-608 (Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota). En beskrivelse av tilstandsklassene er vist i Tabell 6-1 tabell 5-1. Klassifisering etter TA-2553 (Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn) [16] er kommentert i teksten.

Parametere som det ikke finnes klassegrenser for er vist med hvit bakgrunn. Parameterne hvor verdiene er under deteksjonsgrensen, men hvor deteksjonsgrensen er over grensen mellom tilstandsklasse 1 og 2, er markert med grå farge.

Tabell 6-1: Beskrivelse av tilstandsklasser, Veileder M-608.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC _{akutt}	Øvre grense: PNEC _{akutt} x AF ¹⁾	

2) AF: sikkerhetsfaktor

6.1.2 Prøvetaking og observasjoner

Feltarbeid ble utført 5.august 2022 av Norconsult og mannskap fra AF-gruppen. Det ble tatt en blandprøve av sediment i hhv. nordre og midtre Øygardsvatn, der hver blandprøve besto av fire stikk. I nordre Øygardsvatn var det ikke mulig å ta prøver i midten av vannet, grunnet mye vegetasjon, og alle stikk er derfor langs kantene. I midtre Øygardsvatn ble det tatt prøver i midten av vannet.

Ved prøvetaking ble det observert høy turbiditet i begge vannene, dette var til tross for at anleggsarbeidene til E39 Kristiansand vest – Mandal øst ikke hadde aktivitet i området. Sedimentene minnet om mudder/dy og var tilsvarende i alle områder. I grunne områder, spesielt i nordre vann, var det mye vannplanter.

FAGRAPPOR FORURENSNING



Figur 6-1. Bilder fra prøvetaking av Øygardsvatn.

6.2 Resultater

Analyseresultater fra 2022 viste at sedimentene er forurenset med kadmium, kobber, nikkel, bly og sink i opp til tilstandsklasse 4 (Figur 6-2). Sedimentene besto hovedsakelig av silt med en høy andel organisk materiale (hhv. 21 og 14 % TOC) og lavt innhold av tørrstoff. Ved klassifisering etter TA-2553 er prøvepunktet ØS-M i tilstandsklasse 4 på grunn av høy konsentrasjon av nikkel, prøven ØS-M er i tilstandsklasse 2.

FAGRAPPORF FORURENSNING

	SAMPLE	ØS-M	ØN-M
Sampling Date		2022-08-05	2022-08-05
Tørrestoff ved 105 grader	%	7,29	12,8
As (Arsen)	mg/kg TS	6,8	5,17
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	2,72	0,43
Cr (Krom)	mg/kg TS	15,4	17,1
Cu (Kopper)	mg/kg TS	94,4	68,7
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,20	<0,20
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	206	121
Pb (Bly)	mg/kg TS	95	60,3
Zn (Sink)	mg/kg TS	315	180
PCB 28	mg/kg TS	<0,0040	<0,0020
PCB 52	mg/kg TS	<0,0040	<0,0020
PCB 101	mg/kg TS	<0,0040	<0,0020
PCB 118	mg/kg TS	<0,0040	<0,0020
PCB 138	mg/kg TS	<0,0060	<0,0020
PCB 153	mg/kg TS	<0,0040	<0,0020
PCB 180	mg/kg TS	<0,0020	<0,0020
Sum PCB-7	mg/kg TS	<0,0140	<0,0070
Naftalen	mg/kg TS	0,021	0,01
Acenaftalen	mg/kg TS	<0,011	<0,010
Acenaften	mg/kg TS	0,012	<0,010
Fluoren	mg/kg TS	0,014	<0,010
Fenantren	mg/kg TS	0,115	0,024
Antracen	mg/kg TS	0,0192	<0,0100
Fluoranten	mg/kg TS	0,381	0,069
Pyren	mg/kg TS	0,298	0,073
Benso(a)antracen [^]	mg/kg TS	0,169	0,022
Krysen [^]	mg/kg TS	0,3	0,053
Sum av benso(b+j)fluoranten [^]	mg/kg TS	0,908	0,158
Benso(k)fluoranten [^]	mg/kg TS	0,218	0,035
Benso(a)pyren [^]	mg/kg TS	0,222	0,0292
Dibenso(ah)antracen [^]	mg/kg TS	0,088	0,014
Benso(ghi)perylen	mg/kg TS	0,484	0,073
Indeno(123cd)pyren [^]	mg/kg TS	0,495	<0,090
Sum of 16 PAH (M1)	mg/kg TS	3,74	0,566
Sum PAH carcinogene	mg/kg TS	2,4	0,311
Benzen	mg/kg TS	<0,0269	<0,0138
Toluen	mg/kg TS	<0,54	<0,30
Etylbensen	mg/kg TS	<0,200	<0,200
Sum xylener (M1)	mg/kg TS	<0,0810	<0,0415
Sum BTEX (M1)	mg/kg TS	<0,464	<0,298
Alifater >C5-C6	mg/kg TS	<13,5	<7,00
Alifater >C6-C8	mg/kg TS	<13,5	<7,00
Alifater >C8-C10	mg/kg TS	<28,9	<13,8
Alifater C10-C12	mg/kg TS	9,9	12,1
Alifater >C12-C16	mg/kg TS	5,4	22,7
Alifater >C16-C35	mg/kg TS	129	438
Sum alifater >C12-C35	mg/kg TS	134	461
Sum alifater >C5-C35	mg/kg TS	144	473
Totalt organisk karbon	% tørrvekt	21,2	14,2

		ØS-M	ØN-M
Fraksjon < 0,002 mm	%	0,377	1,16
Fraksjon 0,002-0,004 mm	%	2,81	5,83
Fraksjon 0,004-0,008 mm	%	8,55	13,4
Fraksjon 0,008-0,016 mm	%	17,6	21,6
Fraksjon 0,016-0,032 mm	%	26	27,2
Fraksjon 0,032-0,063 mm	%	20,8	21,1
Fraksjon 0,063-0,125 mm	%	8,21	6,14
Fraksjon 0,125-0,25 mm	%	2,49	0,514
Fraksjon 0,25-0,5 mm	%	4,3	1,16
Fraksjon 0,5-1 mm	%	6,14	0,99
Fraksjon 1-2 mm	%	1,23	0,495
Fraksjon 2-4 mm	%	1,53	0,33
Fraksjon 4-8 mm	%	<0,010	<0,010
Fraksjon 8-16 mm	%	<0,010	<0,010
Fraksjon 16-31,5 mm	%	<0,010	<0,010
Fraksjon 31,5-63 mm	%	<0,010	<0,010
Fraksjon > 63 mm	%	<0,010	<0,010

Figur 6-2. Analyseresultater fra nordre Øygardsvatn (ØN-M) og midtre Øygardsvatn (ØS-M). Resultatene er klassifisert etter veileder M-608 for ferskvann [13].

6.2.1 Vurdering av resultater og videre arbeid

Prøvene er i tilstandsklasse 4 og masser som fjernes fra området må håndteres som forurenset avfall. Det følger av forurensningsloven §32 første ledd at næringsavfall i utgangspunktet skal bringes til lovlig avfallsanlegg. Bestemmelsen åpner imidlertid også for at avfall kan «gjenvinnes eller brukes på annen måte». Med alternativet «brukes på annen måte» menes bruk der avfallet tjener et nyttig formål ved å erstatte anvendelsen av andre materialer som ellers ville blitt benyttet. Massenens egenskaper med høyt organisk innhold, innhold av forurensning og høyt vanninnhold tilsier lavt gjenbrukspotensial. Det påpekes at det kun er tatt prøver av overflaten og at masser i dypere lag kan ha andre egenskaper.

Hvis massene graves opp må de avvannes før videre håndtering, og siden massene har et høyt innhold av TOC påpekes det at dette kan ta lang tid. Det er vurdert at området rundt Øygardsvatnet har tilstrekkelig plass til å muliggjøre en lang oppholdstid. I videre arbeid må avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensning og finstoff konkretiseres. Eventuell gjenbruk av massene i veianlegget er søknadspliktig

FAGRAPPORRT FORURENSNING

7 Konklusjon og videre anbefalinger

7.1 Syredannende bergarter

Det er utført innledende undersøkelser på kjerne- og hammerhullprøver for å se på bergets syredannende potensiale og utlekkingspotensiale. Fem borekaksprøver er klassifisert som syredannende basert på svovelkonsentrasjon og hydrogenperoksidtest. Mesteparten av prøvene er derimot klassifisert som ikke syredannende. Det er observert pyritt i sprekkefyllinger og det er vurdert at sprekkefyllinger er mest sannsynlig årsak til at noen prøver ble klassifisert som syredannende. Bergartene langs den planlagte veitrasèen har ellers lavt potensiale for syredannelse og kan betraktes som ikke syredannende. Det vurderes dermed å ikke være krav til en tiltaksplan for håndtering av syredannende berg jf. forurensningsforskriften kapittel 2. Det kan likevel ikke utelukkes at det påtreffes syredannende berg under driving. Dersom det under geologisk kartlegging under driving avdekkes tegn på syredannende berg, som for eksempel rustutfelling, må det utføres prøvetaking i henhold til veileder «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis» [15].

Det er vurdert at mindre mengder syredannende berg kan håndteres innenfor tiltaksområdet. Ved plassering av slike masser i fyllinger skal massene skjermes mot eksponering av vann. Det vil f.eks. si ligge høyt i fylling (over maksimal grunnvannstand), tett dekke/asfalt på toppen for å unngå vanninntrengning og ev. avskjærende grøfter mot sideterreng. Det bør i tillegg legges skjellsand/solaritt eller tilsvarende under fyllingen, og mellom lag med sulfidstein, for å øke pH ved ev. sur avrenning. Alternative måter for plassering av sulfidmasser kan også vurderes.

7.2 Utlekkingspotensiale av metaller

Metallkonsentrasjoner er som forventet for gneis. I de undersøkte steinene er metallene bundet i silikatminerale og er dermed ikke biotilgjengelig.

Ristetester utført med avionisert vann viste små overskridelser av noen metaller sammenlignet med MAC-EQS verdier, mens ristetester utført i sjøvann viste overskridelse av sink i alle tre bergartstypene. En ett-trinns ristetest er ment å representere den initiale kontaktfasen når materialet faller gjennom vannsøylen, men en direkte sammenligning av eluatkonsentrasjoner med EQS-verdier er problematisk i og med at den ikke tar hensyn til fortynning i vannet. Dersom eluatet er fortynnet 9 ganger vil sinkkonsentrasjon være under MAC-EQS verdien. En risikovurdering som tar hensyn til fortynning er presentert i Fagrapport Vannmiljø [3].

7.3 Grunnforurensning

Analyseresultatene viste lav forurensningsgrad i Vige tilsvarende tilstandsklasse 1 og 2. Ved biltomta på Dalane ble det påvist forurensning tilsvarende tilstandsklasse 4 og 5, og på drivhustomta ble det påvist forurensning tilsvarende tilstandsklasse 2. Analyser av pesticider på drivhustomta påviste tilstandsklasse 1 til 3.

FAGRAPPORF FORURENSNING

I henhold til Miljødirektoratets veileder for forurenset grunn kan masser i tilstandsklasse 1-3 bli liggende ved gjeldende arealbruk. Masser i tilstandsklasse 4 og 5 (>1 m) kan bli liggende dersom det vurderes som akseptabelt ved risikovurdering iht. Miljødirektoratets veileder. Dersom massene skal fraktes ut av tiltaksområdet må de leveres til godkjent deponi for forurensete masser, massene må da håndteres iht. avfallsforskriften.

Det er ikke tilstrekkelig prøvetatt med hensyn på kartlegging av mulig forurensning i grunnen iht. Miljødirektoratets veileder for forurenset grunn. Det er også enkelte områder, f.eks. eksisterende veiareal, hvor det ikke var mulig å prøveta i denne fasen. For å oppfylle kravene i veilederen, samt ev. avgrense påvist forurensning, vil det være aktuelt med supplerende prøvetakning i neste fase.

Vige: I Vige ble det kun tatt ut prøver fra deler av det planlagte veiarealet. Her vil det kunne være aktuelt å ta flere prøver ved rundkjøringen, ved bensinstasjonen og areal for resten av den prosjekterte veien.

Dalane: På biltomta og drivhustomta vil det være aktuelt å sette opp flere prøvetakningspunkter for å avgrense forurensningen.

Mjåvannsområdet: Det er generell mistanke om grunnforurensning i områder i nær tilknytning til Mjåvann industriområde. Det kan være aktuelt å ta flere jordprøver i neste fase.

Generelt: En ny prøvetakingsplan utarbeides når veiltaket i større grad er detaljert. Antall prøvepunkt bestemmes etter føringer gitt i Miljødirektoratets veileder for forurenset grunn. Jordprøvene sendes til analyse for metaller, PAH-, PCB-, BTEX- og olje-forbindelser (alifater). Prøvetakingen må utføres av en person med miljøfaglig bakgrunn. I etterkant av den supplerende prøvetakingen utarbeides det en tiltaksplan for de kommende gravearbeidene for områder det påvises forurensning i massene.

7.4 Forurensning til sjø

Det er tatt tilstrekkelig med prøver for å vurdere grad av forurensning i sedimentene i Vige ved planlagt tiltak. Resultatene fra prøvene som er tatt i 2021 viser en lav forurensningsgrad som ikke utgjør en risiko for spredning av forurensning. Samtidig må man ta hensyn til at man kan finnes sterkere forurensning i dypere lag av sediment. Dette er spesielt viktig å ta hensyn til ved peling eller mudring. Resultatet fra prøven i 2018 (V059) viser en høyere forurensningsgrad også i overflaten. Dette må hensyntas ved planlegging av tiltak for å unngå spredning av forurensning.

I videre arbeid må avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensning og finstoff konkretiseres, og det må utarbeides en søknad om tiltak i sjø til Statsforvalteren. Se også Fagrapport Vannmiljø [3].

7.5 Forurensning i sedimentene i Øygardsvatnet og Mjåvann

Prøvene fra sedimentene i Øygardsvatn og Mjåvann viser forurensning, og masser som fjernes fra disse områdene må håndteres som forurenset avfall. Hvis massene graves opp

FAGRAPPORRT FORURENSNING

må de avvannes før videre håndtering. Det er vurdert at området rundt Øygardsvatnet har tilstrekkelig plass til å muliggjøre en lang oppholdstid. Eventuell gjenbruk av massene i veianlegget er søknadspliktig

8 Referanser

- [1] Norconsult, «NV42E18YR-GEO-RAP-0001 - Fagrapport Ingeniørgeologi,» Nye veier, 2023.
- [2] Norges geologiske undersøkelse (NGU), [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/. [Funnet 7 12 2021].
- [3] Norconsult, «NV42E18YR-YML-RAP-0005 - Fagrapport Vannmiljø,» Nye veier, 2023.
- [4] Norconsult, «NV42E18YR-PLA-0007- Fagrapport ikke-prissatte konsekvenser,» Nye veier, 2023.
- [5] Norconsult, «NV42E18YR-YML-RAP-0003-Miljøprogram med miljøoppfølgingsplan,» 2023.
- [6] Kristiansand kommune. [Internett]. Available: <https://kristiansand.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=9c62e14f536448e08c011fbde6267096>. [Funnet 10 11 2021].
- [7] Statens vegvesen, 2021. [Internett]. Available: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@88783,6467616,12/valgt:1013740595:540/vegsystemreferanse:87254.032:6466708.599>.
- [8] «Miljødirektoratet,» [Internett]. Available: <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>. [Funnet 12 02 2022].
- [9] Sørlandskonsult, «Bjarne Johansen bildemontering AS. Risikovurdering forurenset grunn,» 2002.
- [10] COWI, «Sluttrapport for tiltak forurenset jord ved nybygg. Bjarne Johansen bildemontering AS.,» 2010.
- [11] «Finn.kart,» 2019. [Internett]. Available: <https://kart.finn.no/>. [Funnet 28 03 2022].
- [12] Rambøll, «011 Sedimentundersøkelser,» 2017.
- [13] Miljødirektoratet, «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota - revidert 30.10.2020. M-608/2016,» 2020.
- [14] Norconsult, «NV42E18YR-GEO-RAP-0003 - Datarapport for kjernelogging,» Nye veier, 2023.
- [15] Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis. Versjon 2,4,» 2021.
- [16] Miljødirektoratet, *Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. TA 2553/2009, 2009.*

FAGRAPPORF FORURENSNING

- [17] Norges geologiske undersøkelse (NGU), «Karakterisering av sur gneis. Vurdering av karakteriseringsmetode for angivelse av utlekkingspotensiale i sur gneis,» 2018.
- [18] Klima- og miljødepartementet, 2004. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_2#KAPITTEL_2.
- [19] Miljødirektoratet, 2021. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/forurenset-grunn/for-naringsliv/forurenset-grunn---kartlegge-risikovurdere-og-gjore-tiltak/>.
- [20] Miljødirektoratet, «Risikovurdering av forurenset sediment- Veileder 409,» 2015.
- [21] Statens vegvesen, «Håndbok V712 Konsekvensanalyser,» Vegdirektoratet, Oslo, 2018.
- [22] Miljødirektoratet, 2021. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/forurenset-grunn/for-naringsliv/forurenset-grunn---kartlegge-risikovurdere-og-gjore-tiltak/>.
- [23] Rambøll, «011 Sedimentundersøkelser,» Paul Andreas Aakerøy, Geir Frode Langlo, Per Kristian Røhr, 2017.
- [24] Miljødirektoratet, «Endring i avgjørelse av klage på vedtak om tillatelse til utslipp av anleggsvann fra tunneldriving og utfylling i sjø ved Mekjarvik i Randaberg kommune – entreprise E 11,» 2017.
- [25] Opplysningen 1881, 2021. [Internett]. Available: <https://www.1881.no/>.
- [26] Miljødirektoratet, «Naturbase.kart,» [Internett]. Available: <https://geocortex01.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>. [Funnet 28 02 2022].
- [27] Vann-Nett, «Vann-nett Portal,» [Internett]. Available: <https://vann-nett.no/portal/#/mainmap>. [Funnet 20 03 2022].
- [28] Kristiansand kommune, «Temakart,» 2021. [Internett]. Available: <https://kristiansand.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=9c62e14f536448e08c011fbde6267096>.

9 Vedlegg

Vedlegg 1: Feltlogg og Fullstendige analyserapporter

Vedlegg 2: CEEQUAL-tabell (finnes på neste side)

FAGRAPPORF FORURENSNING

9.1 Vedlegg 2. CEEQUAL-tabell

Denne rapporten dekker ett eller flere dokumentasjonskrav under CEEQUAL (BREEAM Infrastructure). CEEQUAL har evidensbaserte vurderingskriterier og ekstern verifisering, og brukes for å måle bærekraft i et prosjekt. For å forbedre erfaringsoverføring til neste fase er de relevante kravene oppsummert og referert til i følgende tabell.

Tabell 9-1: Ceequal krav med kommentar.

<i>Krav i CEEQUAL-manualen</i>	<i>Relevant avsnitt med dokumentasjon i dette dokument</i>	<i>Kommentar</i>
4.2.1. «Contamination risk assessment»	Kapittel 2.5.	Det er gjennomført en innledende vurdering (Fase 1) av forurenset grunn og sediment i planområdet. I tillegg er det gjort en vurdering av risiko for påvisning av syredannende berg og utlekking av metaller. Resipienter som kan bli påvirket er identifisert i Fagrapport Vannmiljø. Det er gjennomført en vurdering av risiko for spredning av forurensning ved tiltak i sjø.
4.2.2. «Further assessment of contamination» (a)	Kapittel 3, 4, 5 og 6.	Vurderingen inkluderer befarings- og prøvetaking av jord, sediment og berggrunn for å få mer informasjon om faktiske forhold.