

Avinor AS

► Anleggsteknisk utførelse av tiltak i områder med PFAS-forurensning, Brannøvingsfelt 2

Bergen lufthavn, Flesland

Oppdragsnr.: 5205614 Dokumentnr.: 10003522-189619-BR000-O1-RA-0002 Versjon: FB03 Dato: 2022-11-03



Oppdragsgiver: Avinor AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Asbjørn Rasdal
Rådgiver: Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika
Oppdragsleder: Aina Marie Nordskog
Fagansvarlig: Anders Eggen
Andre nøkkelpersoner: Annelene Pengerud, Hege A. Øiseth, Audun Søyland Teie, Stein Gunnar Rønningsbakk, Lars Været

FB03	2022-11-03	For kommentar	SGR, AST	AEG, HAOis	AP
FA02	2022-10-27	Tverrfaglig kontroll	SGR	AEG, HAOis	AP
FA01	2022-10-18	Intern utgave	SGR		
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► **Sammendrag**

Kommer i FE-versjon

Innhold

1	Bakgrunn	5
2	Premisser	6
2.1	Tekniske premissgivere	6
2.2	Myndighetsbehandling	6
3	Beskrivelse av omfang	7
3.1	Tiltaksområdet	7
3.2	Infrastruktur	8
3.3	Krav til kaianlegg	9
4	Flyoperative forhold	11
4.1	Sikkerhetsområder og hinderplan	11
4.2	Utforming av terreng	11
5	SHA, airside safety og security	12
6	Anleggsgjennomføring	13
6.1	Riggområde og porter	13
6.2	Transport, mellomlagring og bearbeiding av masser	14
6.3	Etappeplan	16
6.4	Interne anleggsveier	17
6.5	Vannhåndtering og rensing av anleggsvann	18
6.4.1	<i>Krav til vannhåndtering</i>	18
6.4.2	<i>Delområder og avrenningsmønster</i>	18
6.4.3	<i>Terreng og bergoverflate</i>	19
6.4.4	<i>Etappeplan og vannhåndtering</i>	21
6.4.5	<i>Dimensjonerende vannmengder</i>	24
6.4.6	<i>Vannrensing</i>	26
6.4.7	<i>Utslipp til resipient</i>	27
6.4.8	<i>Innkjøp av vannrenseanlegg</i>	27
6.4.9	<i>Avsluttende kommentar vedrørende vannhåndtering og vannrensing</i>	27
6.5	Miljøforhold i anleggsgjennomføringen	28
6.5.1	<i>Miljørisikoanalyse</i>	28
6.5.2	<i>Kontroll- og overvåkningsprogram</i>	28
7	Fremdrift	29
8	Kostnadsoverslag	30
9	Referanser	31
10	Vedlegg	32

1 Bakgrunn

Miljødirektoratet har i pålegg datert 20. oktober 2021 pålagt Avinor å utarbeide tiltaksplan for opprydding i grunn som er forurensset av per- og polyfluorerte forbindelser (PFAS) ved Bergen lufthavn. I henhold til pålegget skulle det utarbeides en tiltaksplan som minimum tok for seg de to mest forurensede områdene ved lufthavnen, herunder sist nedlagte brannøvingsfelt (BØF1) og gammelt brannøvingsfelt (BØF2).

Tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved brannøvingsfeltene ved lufthavnen ble oversendt Miljødirektoratet i desember 2021. Det ble i tiltaksplanen foreslått tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser (alternativt vasking av masser) ved sist nedlagte brannøvingsfelt (BØF1). For gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ble det ikke foreslått tiltak, da alle vurderte tiltaksalternativer kom ut med en relativt høy kostnad per kg PFAS fjernet gjennom tiltaket, samt betydelige usikkerheter knyttet til tiltakseffekter og eventuelle andre kilder som bidrar til dagens spredningssituasjon i dette området.

Miljødirektoratet har i etterkant av dette pålagt gjennomføring av tiltak både ved sist nedlagte (BØF1) og gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ved Bergen lufthavn, jfr. pålegg datert 30. mai 2022 [1]. Frist for gjennomføring av tiltakene er satt til 1. januar 2023 for BØF1 og 1. juli 2023 for BØF2.

Denne forprosjektrapporten beskriver den anleggstekniske gjennomføringen av tiltak ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2). Avinor planlegger å gjennomføre en byggherrestyrt anleggsentreprise for nevnte tiltak. Det ble gjennomført en befaring på lufthavnen den 13. juni 2022, med representanter fra Avinor sentralt; Ijaz Ahmed og Mari Bratberg, representanter fra Bergen lufthavn; Kjetil Ølness, Peter Holmkvist, og representanter fra Norconsult; Anders Eggen, Annelene Pengerud, Marit Helene Uppstrøm Kværnmo og Karen Cecilie Johannessen.

2 Premisser

Følgende styrende dokumenter er lagt til grunn for løsningene som er omtalt:

- Pålegg fra Miljødirektoratet om å gjennomføre tiltak for å rydde opp i PFAS-forurensset grunn ved Bergen lufthavn, Flesland, Bergen kommune, datert 30.05.2022
- Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn som følge av brannøving, datert 21.12.2021
- EASA CS-ADR-DSN (issue 6, 29. mars 2022): Gjeldende forskrift for hinderflatene for rullebanen

Følgende premisser er lagt til grunn:

- Tiltakene skal utføres med minst mulig påvirkning på operativ drift

De overordnede kravene til miljø er gitt i de styrende dokumentene som listet over. Et dokument som ivaretar krav i pålegget fra Miljødirektoratet om bl.a. kontroll- og overvåkingsprogram vil utarbeides, og kravene fra Miljødirektoratet skal hensyntas i detaljprosjekteringen med prisbærende poster for entreprenør og i anleggsgjennomføringen.

2.1 Tekniske premissgivere

- Bærekraftsavdelingen i Avinor
- Seksjon Masterplan, flyplassutforming og kapasitet, i Avinor
- Seksjon Lufthavntjenester for Airside Safety, i Avinor

2.2 Myndighetsbehandling

- Miljødirektoratet

Overordnede avklaringsbehov:

- Gjennomføringsstrategi og entreprisstruktur
- Aktuelle forberedende arbeider og/eller byggherreleveranser

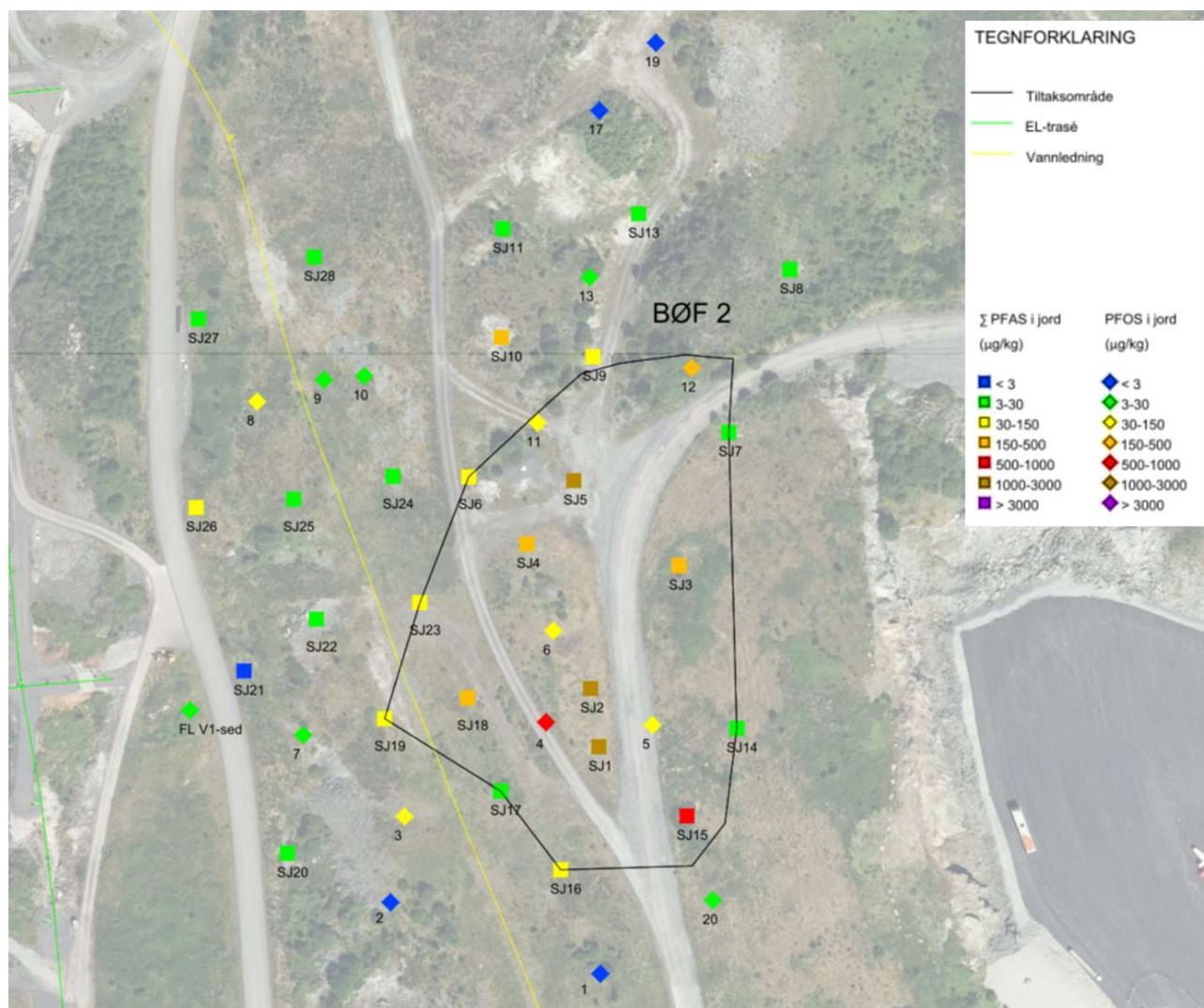
3 Beskrivelse av omfang

3.1 Tiltaksområdet

Det ble i tiltaksplanen ikke foreslått tiltak for gammelt brannøvningsfelt (BØF2), og det ble derfor heller ikke angitt et faktisk tiltaksområde for ulike tiltaksgrenser (konsentrasjonsgrenser). Det ble i tiltaksplanen kun estimert totalkostnad og kost/effekt basert på interpolerte konsentrasjonsgrenser. Som del av forprosjektet er det derfor foreslått et tiltaksområde for en tiltaksgrense på 150 µg/kg basert på krav i pålegget. Foreslått tiltaksomfang er vist i Figur 1.

Tiltaksområdet ved BØF2 er anslått til ca. 8600 m². Mengder og beskrivelse av masser er basert på tiltaksplanen av 21.12.2021. Det er utført prøvegravinger for uttak av miljøprøver som fra 0,3 m på sentrale deler til over 3,0 m i ytterkant av tiltaksområdet, med et estimert snitt over området på ca. 1,3 m.

Det er p.t. ikke utført oppdaterte beregninger av mengde PFAS (kg) innenfor det foreslåtte tiltaksområdet.



Figur 1 Tiltaksområdet, prøvepunkter og eksisterende infrastruktur

Totalt volum masser til utgraving er estimert til ca. 11200 m³, hvor fraksjoner <50 mm sorteres ut og leveres til godkjent deponi. Det er anslått en fordeling på 40% av totalvolumet med fraksjoner <50 mm, tilsvarende ca. 4450 m³ og ca. 8050 tonn. I tillegg skal busker og trær håndteres som PFAS-forurenset. Det skal graves ned til fjell i hele tiltaksområdet.

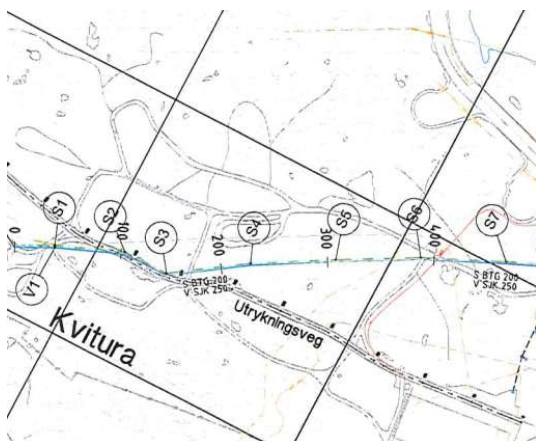
Tiltaket omfatter utgraving av mineralske fyllmasser over fjell. Basert på utførte prøvegravinger forventes det ikke å påtreffes underliggende stedegen torv innenfor tiltaksområdet, med unntak av mot yttergrense i nordlig del. Dersom det under utgraving påtreffes dypereleggende torv, må denne prøvetas for å avklare videre håndtering.

Tabell 1 Oversikt mengder fyllmasser, basert på tidligere utført sjakting.

Massefordeling	Konsentrasjonsgrense
	>150 µg/kg
Areal (m ²)	8600
Dybde (m)	1,3
Volum tot. (m ³)	11200
Andel <50mm (volum%)	40%
Egenvekt (t/m ³)	1,8
Totalvekt (tonn)	20100
Vekt til deponi (tonn)	8050
Volum til deponi (m ³)	4450
Vekt utsortert masse (tonn)	12050
Volum utsortert masse (m ³)	6750

3.2 Infrastruktur

Eksisterende 250 SJK vannledning og 200 BTG SP krysser tiltaksområdet i vest. Disse må hensyntas og grense for tiltaksområdet kan trekkes øst for ledningstraseen.



Figur 2 Vann- og spillvannstrase ved BØF2

Ved prøvegraving i SJ16 ble det påtruffet en kabel. Denne er antatt ikke i bruk.

3.3 Krav til kaianlegg

Nærmeste kaianlegg ligger vest for lufthavnen på Fleslandveien 244 og Fleslandveien 238. Fleslandveien 244 benyttes i dag som kai for fiskebåter for Havdrøn AS. Kai på Fleslandveien 238 blir benyttet til mottak av sand/grus og levering av masser. Det er i dag etablert en lastekasse på kaien, bygd opp av betongklosser som er delvis kledd med stålplater.



Figur 3 Lastekasse på Fleslandveien 238 (bilder tatt på befaring av Norconsult 13.06.22)

Kai/lastekasse er i dag ikke tilknyttet noen innretning for oppsamling av overvann. Det er derfor en risiko for at forurenset vann ledes ut i sjø ved f.eks. kraftig regn. Ved befaring kunne man se en vannansamling sentralt i lastekassen, som tilsier at fallforholdene lokalt i kassen ikke leder ut i sjø. For å kunne benytte kassen bør det likevel utføres tiltak for å sikre seg at kassen er tett. Det må i tillegg vurderes om det skal legges opp en tett kant rundt hele kassen. Ved større regnskyll må det vurderes om kassen skal dekkes til, med f.eks. en presenning, for å unngå at det blir et basseng inne i kassen.

Båtene lastes normalt med en gravemaskin fra båten. Det vil følgelig bli liggende igjen restmasser i kassen som gravemaskinen ikke får lastet opp i båten. Restmasse og eventuelt overvann som ligger igjen må samles opp og sendes med båten før avgang eller endt skift.

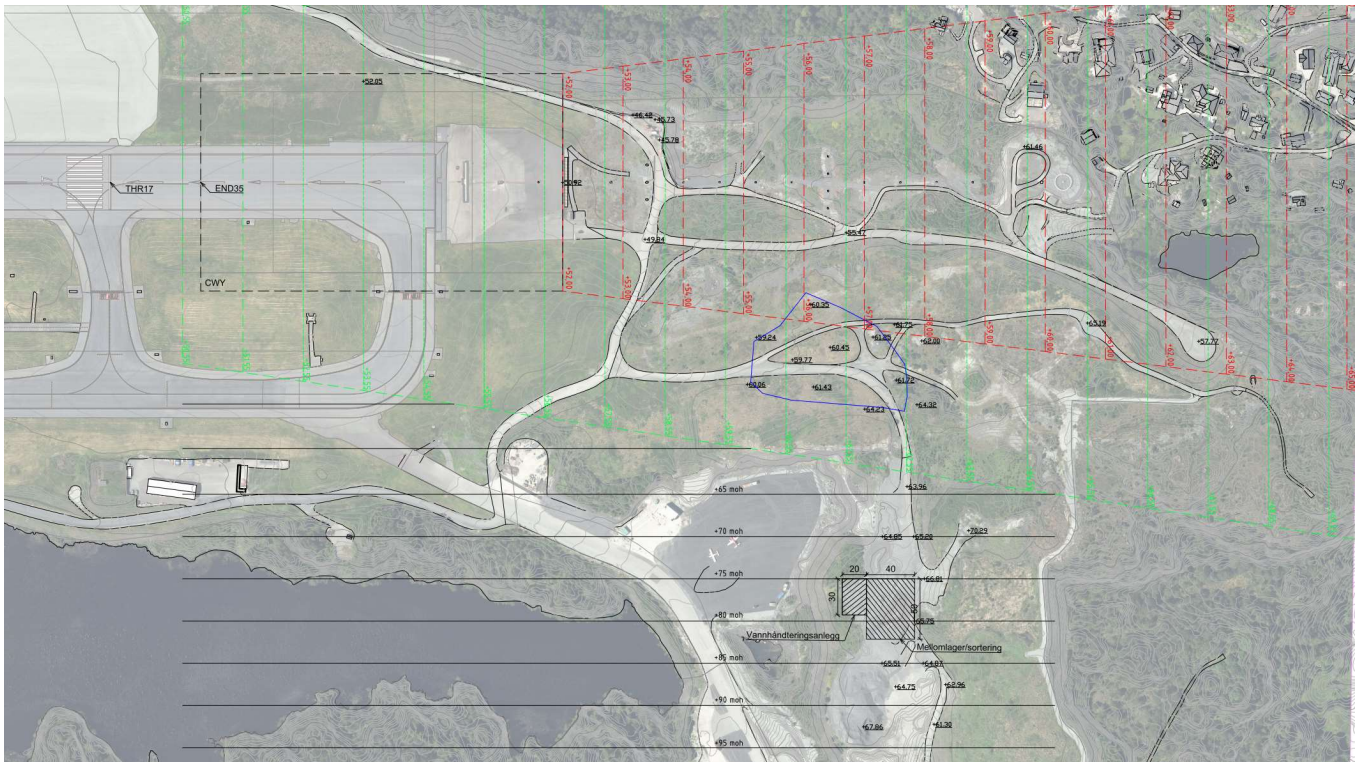
Det er ikke hentet inn datagrunnlag for kapasitet på båter som kan ha anløp ved kaien i Fleslandveien 238, men grunneier, Hoff og Sønner AS, har tidligere tatt inn båter med lastekapasitet på mellom 1700-2200 tonn.

For utlysning av konkurransegrunnlag vil tilbyderne få oppgaven med å definere hvilken kai de vil benytte og selv etablere avtale med eier for aktuelt kaianlegg.

4 Flyoperative forhold

4.1 Sikkerhetsområder og hinderplan

ROS for flysikkerhet ble gjennomført mandag 31.10.2022 med Avinor. Analysen vurderer planlagt plassering av rigg, mellomlager og vannrenseanlegg øst for tiltaksområdet, arbeider i selve tiltaksområdet og transportrute til/fra tiltaksområdet til Sletten-porten i sør med hensyn til flysikkerhet og operativ drift, f.eks. hinderflater (Figur 4), tiltak på kjøreveier og security.



Figur 4 Hinderflater for avgang mot nord (rød) med tilhørende sideflate (svart)

4.2 Utforming av terreng

Det er ingen utformingskrav til overflate etter ferdigstilt gravetiltak, men terreng legges ikke høyere enn i dag etter tilbakefylling med rene masser. Det vil være krav til bæreevne for reetablerte veier. Det er et ønske fra lufthavna om å benytte internt lagrede fresemasser til toppdekke. Det må da kunne dokumenteres at massene er rene.

5 SHA, airside safety og security

Viktige dokumenter for forprosjekt og videre til detaljprosjektering og konkurransegrunnlag er:

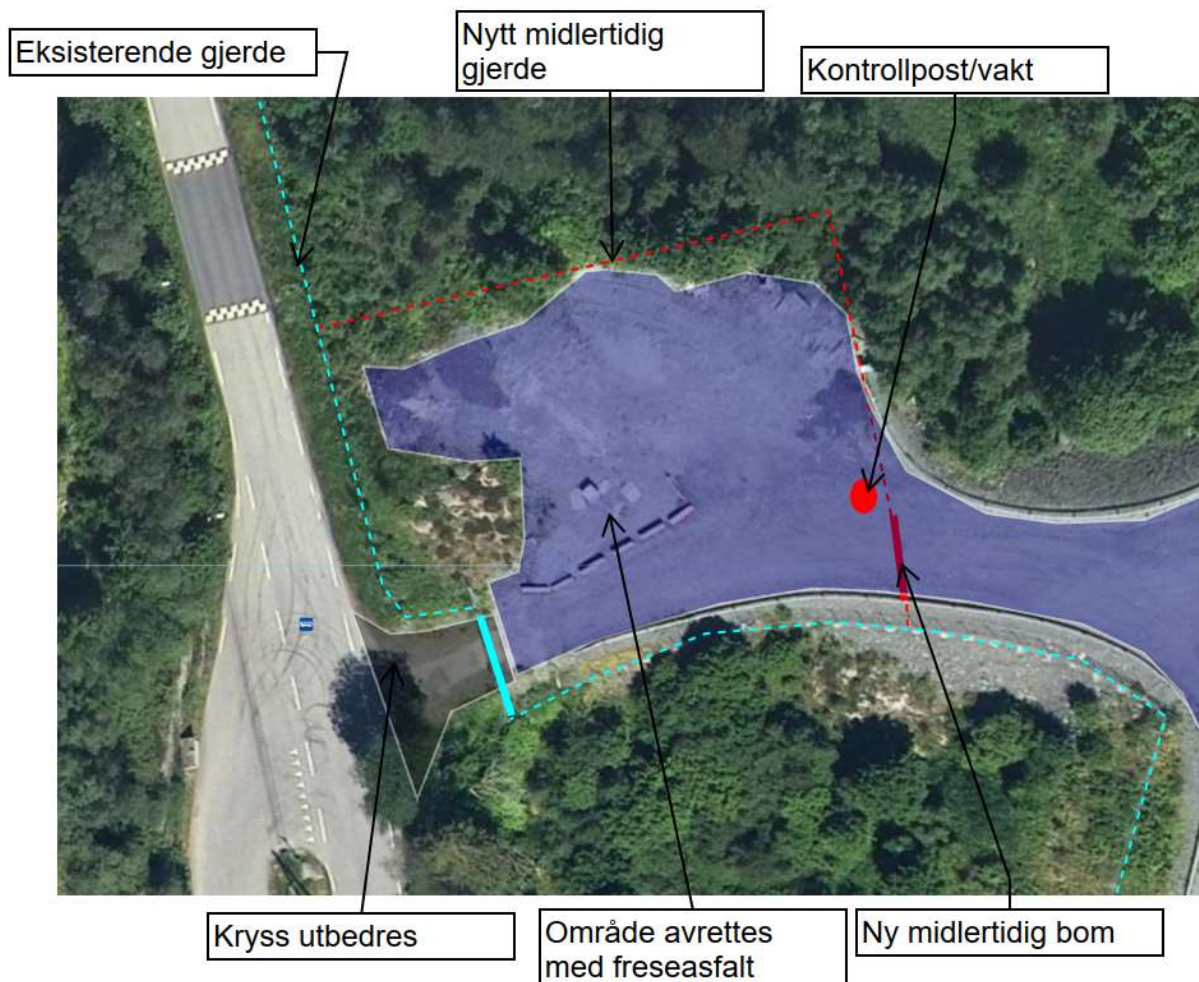
- SHA-plan (Avinor er KP)
- ROS-analyse, operativ risikovurdering (Avinor med Norconsult som fasilitator)
- Premisser fra lufthavna («Lokalt regelverk»), frem mot bilag D til konkurransegrunnlag (Avinor)

Risikoanalyse flysikkerhet ble gjennomført den 31.10.2022 med deltakelse fra lufthavna, prosjektledelse, relevante premissgivere og rådgiver. Viktige oppfølgingspunkter fra gjennomføring av ROS flysikkerhet medtas videre inn i detaljprosjekteringen. Tiltak og ansvar for oppfølging vil føres i Avinors system for risikostyring.

6 Anleggsgjennomføring

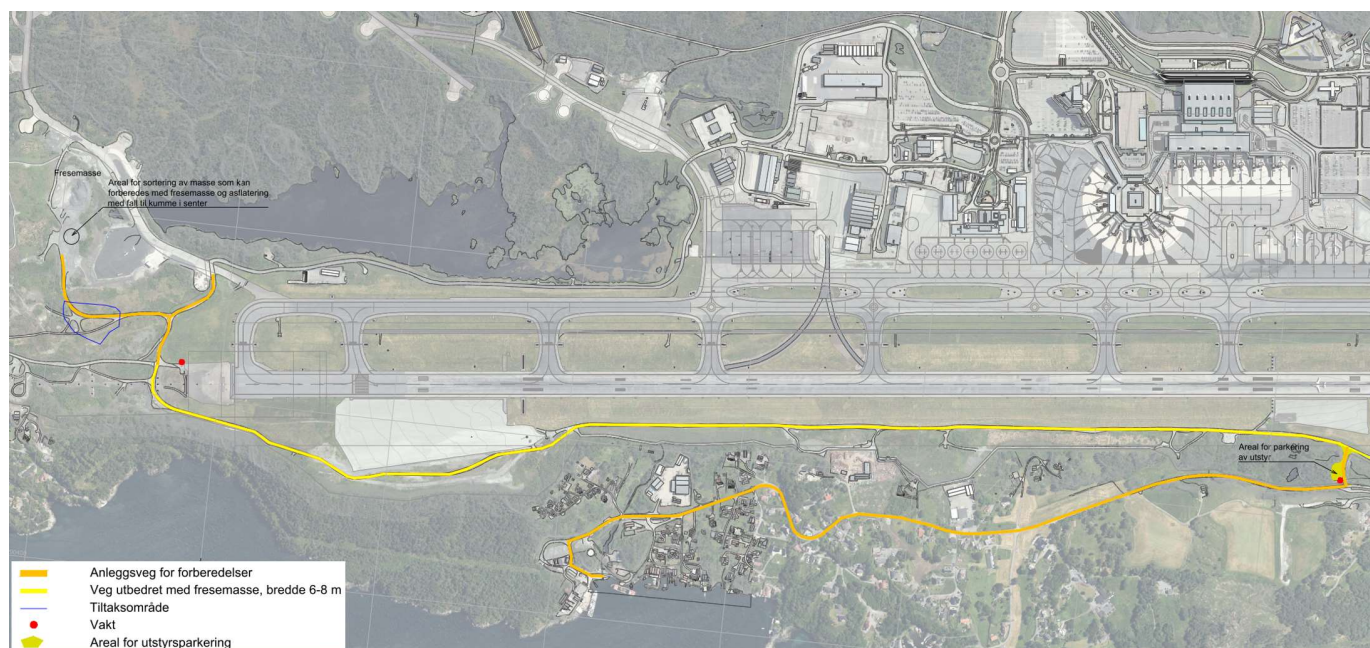
6.1 Riggområde og porter

Det legges opp til etablering av midlertidig flyplassgjerde ved Sletten-porten. Flytting av gjerde og port vil gi en bedre og tryggere trafikkavvikling for inn- og uttransport fra lufthavnen. Dette frigjør i tillegg et areal på «hvit sone» til plassering av brakker, lagring av utstyr, parkering etc. Området utbedres med freseasfalt fra Avinors masselager, og tiltak for sikt og trafikkavvikling i kryss må påregnes.



Figur 5 Område ved Sletten-porten

Vakthold ved Sletten-porten holdes av entreprenør ved inn- og uttransport av masser. Behov for ev. vakt ved utrykningsveien nord for baneende gjennomgås i en egen, senere ROS-analyse for blant annet lavsikt og kjøreveier. Etterarbeid for gjennomført ROS-analyse søker å identifisere arealer nærmere tiltaksområdet for fremskutte brakker. Parkering av utstyr ved mellomager-området forutsettes også.



Figur 6 Rigg, kjøreveier og vakthold

6.2 Transport, mellomlagring og bearbeiding av masser

I tiltaksplanen er det anslått at innholdet av fraksjoner under 50 mm er på ca. 40%. For å unngå kostbar og unødvendig transport og leveringsgebyr på rene masser er det derfor nødvendig å sortere ut fraksjoner over 50 mm. Tiltaksarealet er plassert innenfor inn- og utflygingsflatene for rullebanen, hvor terrenget bryter hinderplanet for utflygingsflaten. Som et utgangspunkt er det derfor ikke rom for anleggsaktivitet innenfor tiltaksarealet mens det pågår flyaktivitet. Fra de ytre grensene for inn- og utflygingsflatene øker høyderestriksjonene til hinderplanet i et forhold på 1:7. Fra tiltaksområdet og østover er terrenget/eksisterende vei svakt hellende oppover. Dette gir rom for en arbeidshøyde på ca. 8,0 m i en avstand på omtrent 130-140 m øst for tiltaksarealet, hvor det i dag ligger et masselager tilhørende lufthavna.

I dette området må et areal opparbeides for mellomlagring og bearbeiding av masser, samt lagring av utsorterte, forurensede masser. Det er strenge krav til håndtering av avrenning fra de forurensende massene. Det er derfor nødvendig å etablere et tett dekke med oppsamlingssystem som tilknyttes en renseløsning. Dekket må etableres med et fall til oppsamlingssystemet. For å sikre at man har kontroll på avrenningen, bør det etableres en terskel rundt dekket.

Det er planlagt en nattestengingsperiode for lufthavna i perioden 24. mai. - 9. juni 2023, men med flyaktivitet på helg. I denne perioden kan det forventes en luke på ca. 5 timers effektivt arbeid nattestid.

Det er store volumer som skal flyttes, sett opp mot det korte tidsvinduet for når gravingen kan utføres. Det er i tillegg noe usikkerhet rundt mengdene, da dybder til underliggende fjell varierer betydelig mellom de punkter som er prøvegravd, og det er heller ikke påtruffet fjell i alle punktene. Innenfor det avsatte tidsrommet på knapt 3 uker, skal det i tillegg utføres andre arbeider, som re-etablering av området, etablering av anleggsvei, etablering av terskel/voll og fjerning av busker.

Tabell 2 Kapasitetsbehov for utgraving, gitt anslått volum på ca. 11 200 m³

Kapasitetsbehov					
Timer pr. dag	dager	m ³ /time	m ³ /dag	tonn/time	tonn/dag
5	10	223,6	1118	402,48	2012,4
5	12	186,33	931,67	335,40	1677,00
5	17	131,53	657,65	236,75	1183,76

Tabell 3 Antall billass pr. time, 4-akslet bil m/16 tonn kapasitet, gitt anslått volum på ca. 11 200 m³

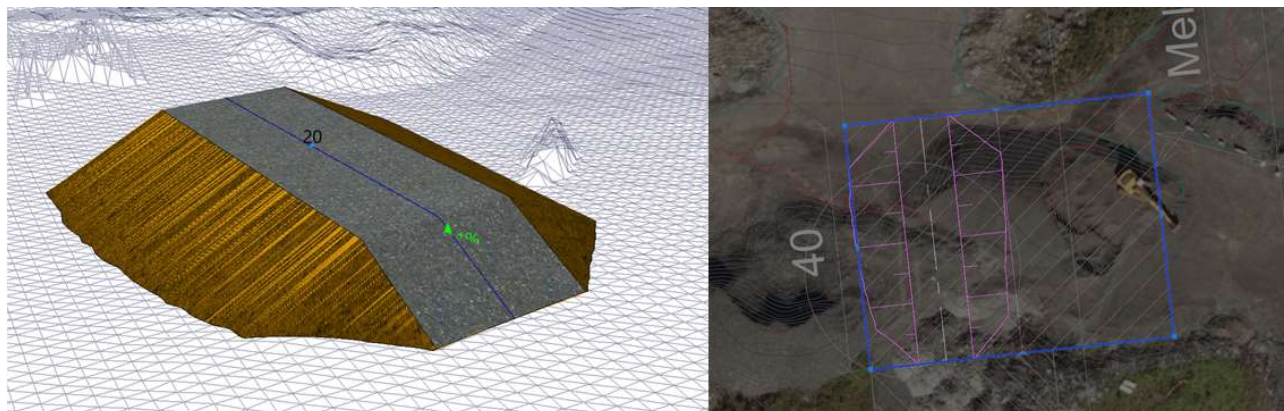
Antall lass - 4-akslet bil, 16 tonn kapasitet		
Dager	Tonn/time	Antall billass pr. time
10	402,48	25,16
12	335,40	20,96
17	236,75	14,80

Gitt at det er 10 dager tilgjengelig for utlasting, tilsvarer dette et kapasitetsbehov på én ferdig opplastet lastebil hvert 2. minutt, mot ca. én hvert 4. minutt for 17 dagers utgraving. Det er da ikke tatt hensyn til andre arbeider som skal foregå i samme tidsperiode.

Kapasitetsbehovet kan oppnås, men dette krever en særdeles god logistikkplanlegging. Kapasiteten bør også planlegges med noe slakk for eventuelt uforutsette hendelser underveis, reservemaskiner i tilfelle uforutsett stans, etc. Dette vil gi en økt kostnad for utførelsen, og kost/effekt med hensyn til antall kg PFAS fjernet vil bli dårligere. Det anbefales derfor sterkt å se på mulighetene for å kunne utføre gravearbeidene, enten komplett, eller delvis på dagtid.

Opparbeidet mellomlager må ha kapasitet til å kunne lagre utsortert forurenset masse før opplasting til båttransport, et område for sortering, samt innkjørt lager av usorterte masser fra tiltaksarealet. For å unngå at mellomlageret blir uforholdsmessig stort, må det planlegges effektiv bearbeiding på dagtid i perioden det pågår utgraving og transport fra tiltaksområdet.

Det er foreløpig vurdert et mellomlager med et totalareal på 40x50 m. Dette gir en lagringskapasitet for utsorterte masser på ca. 2000 m³ og 3600 tonn ved benyttelse av halvparten av totalarealet. Dette skal være tilstrekkelig for å fylle en forventet båtlast, og samtidig gi rom for lagring av usorterte masser, men krever at sorteringen pågår kontinuerlig, for å unngå at mellomlageret fylles av usorterte masser.



Figur 7 Visualisering av lagringskapasitet

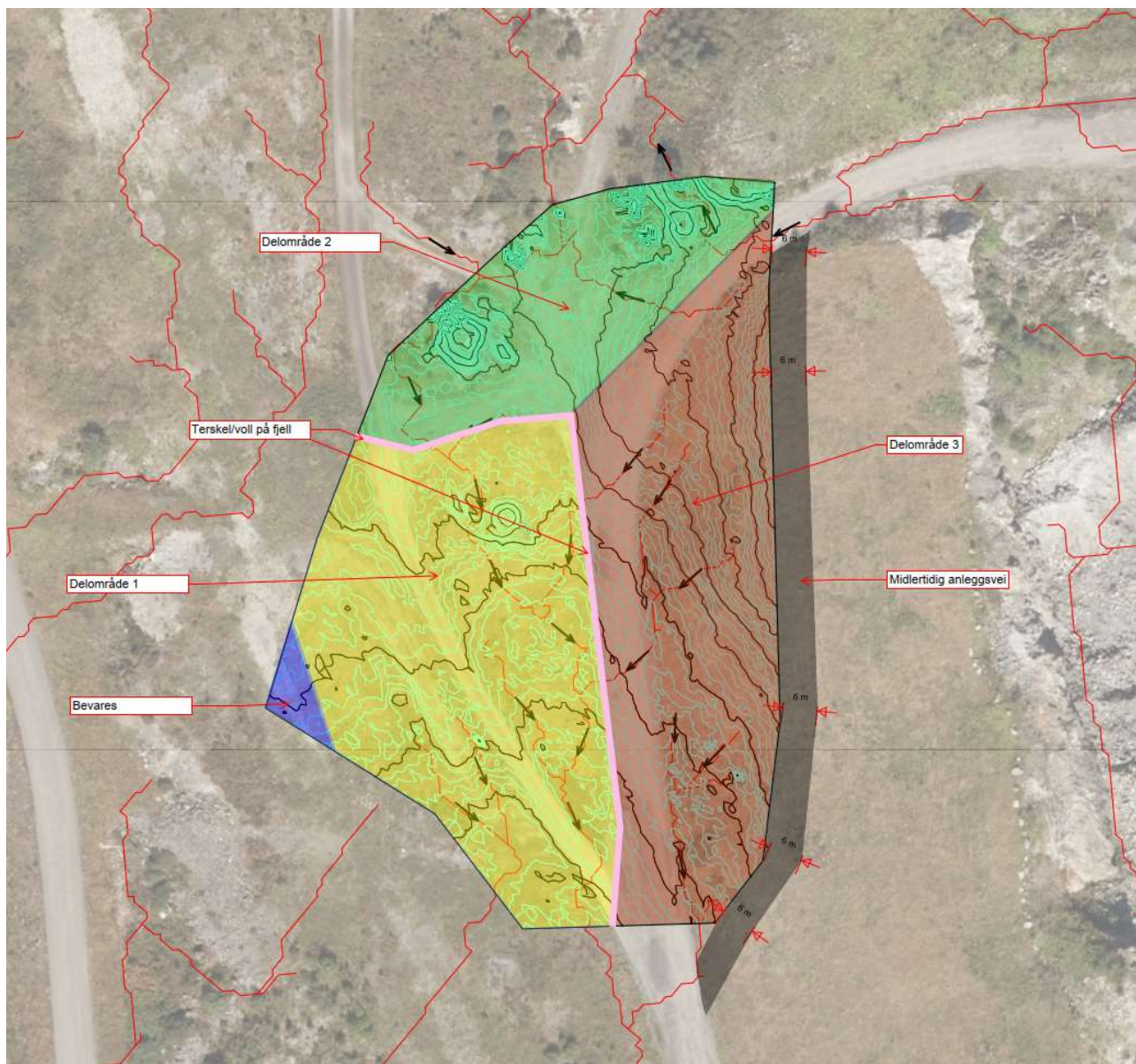
Avklaringsbehov detaljfase for tiltaksområdet og mellomlager/sorteringsområde:

- Muligheter for dag-arbeid i tiltaksområdet
- Endelig størrelse, utforming og plassering av mellomlager. Mulighet for brakker her også?
- Tilknytning infrastruktur/forsyning ved Sletten-porten og ev. ved mellomlager
- Evakueringsområder utstyr defineres
- Vakthold langs kjørevei vest

6.3 Etappeplan

Med bakgrunn i kjente og forventede forhold foreslås følgende etappeplan for tiltak ved BØF2:

- 1) Innledende arbeider
 - a. Rydding av vegetasjon og grovflising av busker innenfor tiltaksområdet
 - b. Etablering av sperrevoll/terskel
 - c. Klargjøring av renseanlegg, pumpeump og pumpeledning
 - d. Etablering av anleggsvei langs østsiden av tiltaksområdet
- 2) Oppgraving av masser i delområde 1
 - a. Flakriving og fjerning av asfalt
 - b. Utgraving av masser seksjonsvis (eksisterende, mindre hauger vurderes prøvetatt)
 - c. Sortering ved mellomlager
 - d. Tilbakefylling av rene, utsorterte masser underveis
- 3) Oppgraving av masser i delområde 2
 - a. Utgraving av masser seksjonsvis
 - b. Sortering ved mellomlager
 - c. Tilbakefylling av rene, utsorterte masser underveis
- 4) Oppgraving av masser i delområde 3
 - a. Utgraving av masser seksjonsvis
 - b. Sortering ved mellomlager
 - c. Tilbakefylling av rene, utsorterte masser underveis
- 5) Reetablering av området
 - a. Innfylling av freseasfalt (må dokumenteres som ren)
 - b. Oppbygging av veier



Figur 8 Foreslått etappe-inndeling for utgraving. Svarte piler viser helning på terrengoverflate

6.4 Interne anleggsveier

Det legges opp til etablering av en anleggsvei like øst for tiltaksområdet for å få en konfliktfri trase for transport av utsortert, forurenset masse fra mellomlageret til utskipningskai. Vegen skal bygges med bredde og bæreevne tilpasset forventet transportmengde. Vegetasjonsdekket graves opp og legges i ranke (som tildekkes), for senere tilbakelegging etter tilbakeføring

Innenfor tiltaksområdet kan eksisterende veier benyttes som anleggsveier. Eventuelt behov for flere anleggsveier i de forskjellige delområdene må tilpasses ved utgraving.

6.5 Vannhåndtering og rensing av anleggsvann

6.4.1 Krav til vannhåndtering

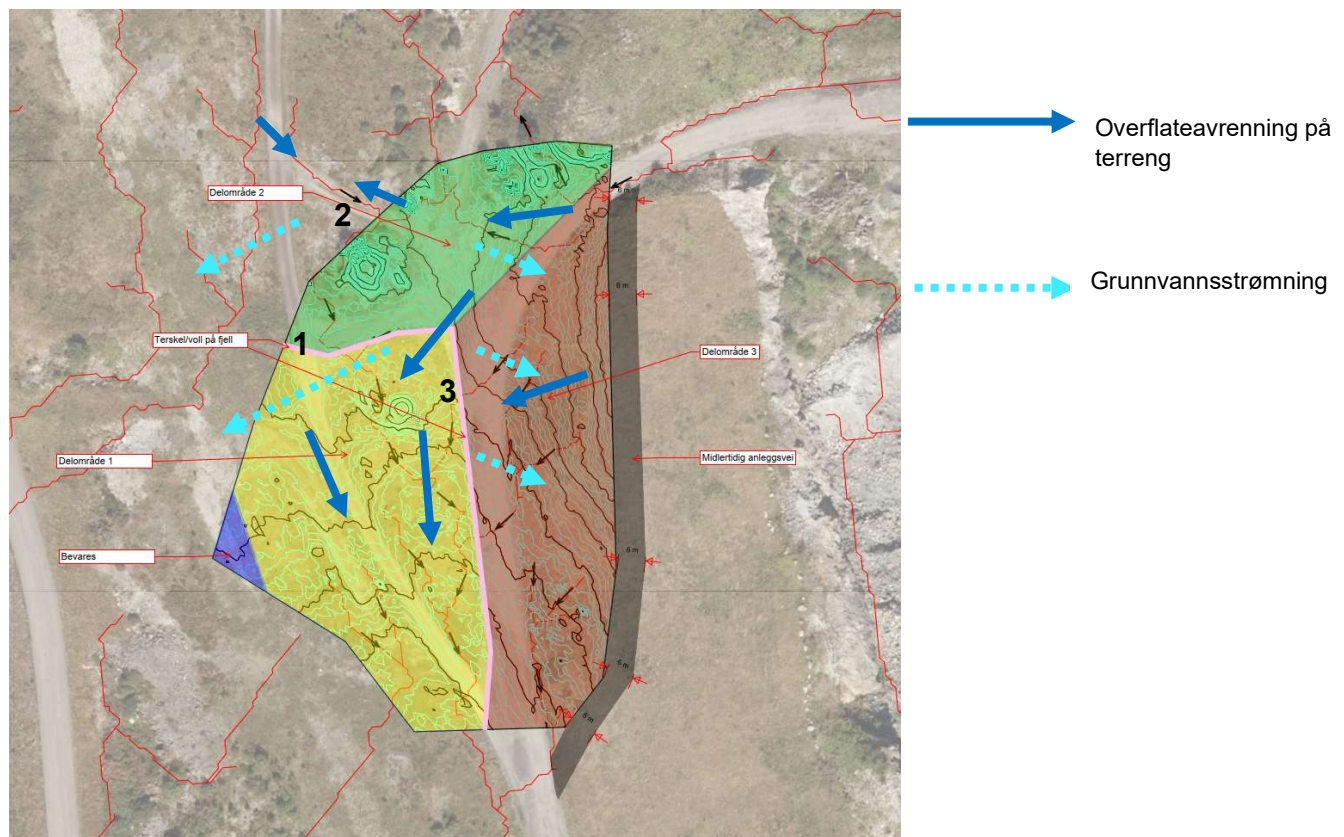
Det er stilt krav fra Miljødirektoratet om at overflatevann utenfor tiltaksområdet så langt det er mulig skal avskjæres og ledes utenom anleggsområdet. Vann fra graveområder skal samles opp, ledes til vannrenseanlegg med nødvendig renseløsning for vann, og måles for innhold av PFAS og suspendert stoff (SS) før utslipp. Det er satt en øvre grense for konsentrasjon av SS i utslippsvann på 50 mg/l, og et maksimalt utslipp av PFOS og PFAS på hhv. 15 og 30 g gjennom anleggsperioden (samlet for BØF1 og BØF2), jfr. vilkår 6.4 i pålegg fra Miljødirektoratet.

Hvilke konsekvenser kravene om et samlet maksimalt utslipp for PFOS og PFAS fra begge felt får for BØF2 alene, vil ikke være kjent før utgravningen av BØF1 er ferdigstilt og utslippsmengder er beregnet. Det er derfor lagt til grunn en konservativ tilnærming for BØF2, hvor det legges opp til et rensetrinn for PFAS. Dette også med tanke på at utslippet er tenkt ført til Langavatn som allerede er sterkt belastet med tilførsler av PFAS fra ulike deler av lufthavnen. Det foreslås at løsning for vannhåndtering, renseløsning og planlagt utslippspunkt vurderes på nytt etter at utslippstall fra gjennomført tiltak på BØF1 foreligger.

6.4.2 Delområder og avrenningsmønster

Gammelt brannøvingsfelt (BØF2), slik det er angitt i tidligere rapporter, ligger i sin helhet innenfor det topografiske nedbørfeltet til Lindevikabekken. Området domineres av grove fyllmasser (sand, grus, stein og blokk) og det forventes derfor høy infiltrasjonsfaktor med et betydelig grunnvannsbidrag til vannføringen i Lindevikabekken, både i løsmasser og via sprekker i berg. Det er sprengt ut et betydelig område øst for BØF2, ned til 15-20 m under nivå for brannøvingsfeltet. Det må derfor forventes at grunnvannskillet ligger noe vest for det topografiske skillet i dette området, og at grunnvann dels strømmer inn i nedbørfeltet til Langavatn. Avrenningsforholdene og dermed potensiell spredning av forurensning fra området nord og øst for BØF2 er dels uoversiktlige grunnet utsprenging og senere utfylling i store deler av området.

Grovt estimert mønster for grunnvannsstrømning og overflateavrenning er vist på Figur 9. Dette er da forventet avrenningsmønster og vanntransport før arbeidene på feltet starter.



Figur 9 Grunnvannsstrømning og overflateavrenning. Det foreligger ikke grunnlag for å angi plassering et ev. grunnvannsskille i området, men det antas noe grunnvannsstrøm i berg mot lavereliggende utsprengt område i øst.

Tiltaksområdet ved BØF2 er delt inn i tre delområder 1, 2 og 3 og er estimert til ca. 8 600 m². Begrunnelse for delområdenes avgrensning er gitt i kapittel 6.4.4. Under hele utgravningen vil det også være avrenning fra mellomlageret, slik at totalt areal som potensielt kan gi avrenning til vannrenseanlegget må hensynta dette.

Tabell 4 Oversikt delområder, arealer og overflate.

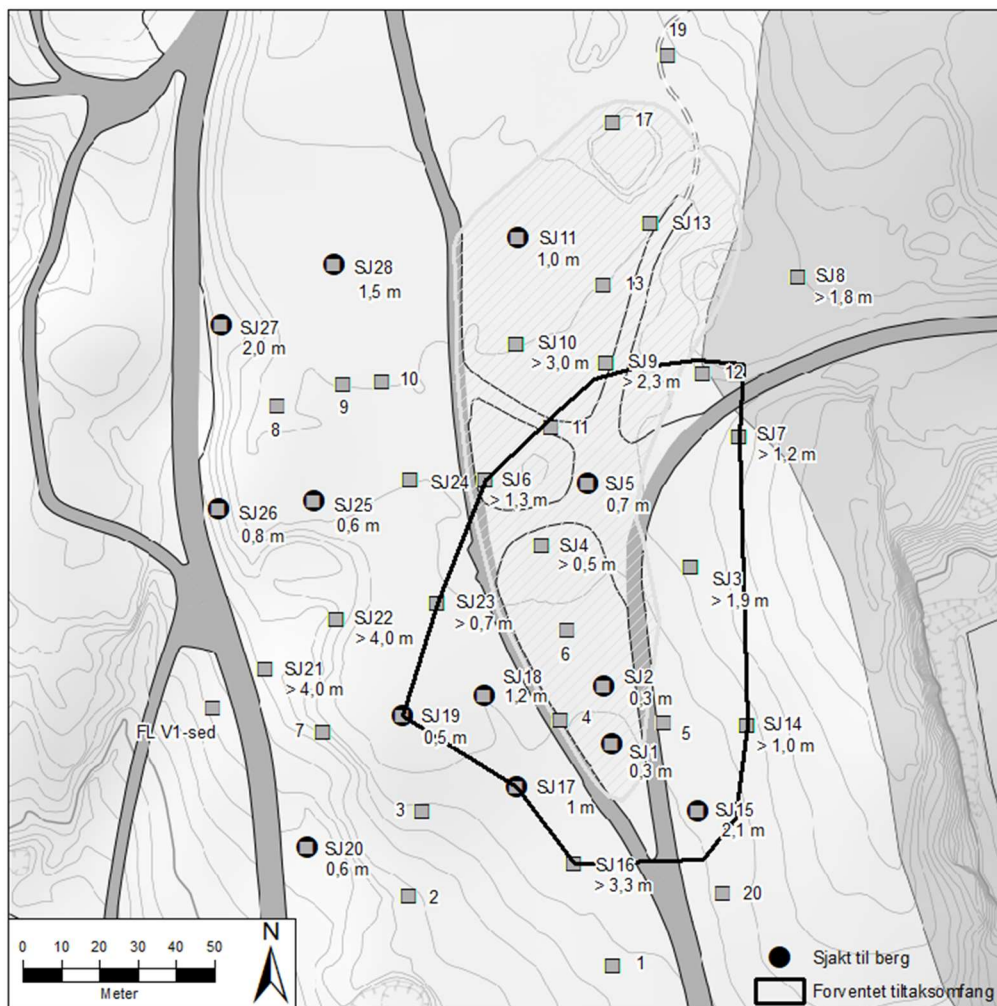
Delområde	Areal (m ²)	Areal delområde + mellomlager (m ²)
Mellomlager	2 000	
1	3 600	5 600
2	3 100	5 100
3	1 900	3 900

For delområde 3 og til dels delområde 2 så vil nedbørfeltet til området være større enn den fysiske avgrensningen. Dette er omtalt nærmere i kapittel 6.4.5.

6.4.3 Terreng og bergoverflate

Terreng og bergoverflate forventes å være sammenfallende, men med varierende dybde til fjell. Dybde til fjell er størst i øst og sør. Det er imidlertid relativt få målepunkter til berg.

Vann forventes å følge avgravid bergflate, men at noe infiltrasjon til sprekker i berg må påregnes der slike avdekkes.



Figur 10 Dybde til berg basert på observasjoner gjort under prøvegravinger.

6.4.4 Etappeplan og vannhåndtering

De grunnleggende kravene i pålegget fra Miljødirektoratet er at:

1. Overflatevann skal så langt mulig ledes utenom tiltaksområdet, og
2. Vann fra graveområder og mellomlager skal samles og renses til gitte utslippskrav og vannmengder skal dokumenteres

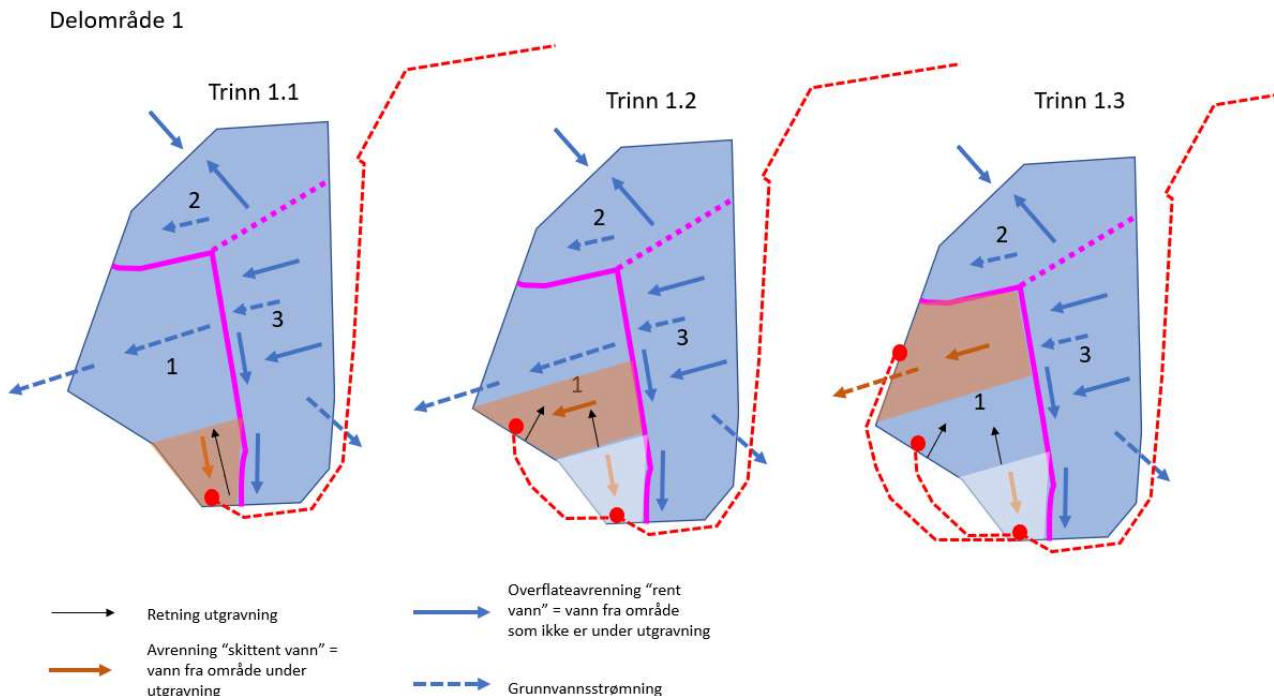
Det vil være en begrensning på hvor omfattende tiltak som kan iverksettes for å ivareta kravene over, før de virker mot sin hensikt med tanke på spredning av forurensning. Etablering av tiltak inne i utgravingsområdet og på grensen av tiltaksområdet innebærer i seg selv en oppstart av arbeidene, som også bør innebære oppsamling og håndtering av vann, men som ikke vil være mulig. Videre vil mer omfattende tiltak innebære en forlengelse av arbeidene som i seg selv gir større risiko for uheldige hendelser og ikke minst mer nedbør og total forurensningstransport i løpet av anleggsfasen. Løsninger som er lite tidkrevende er i seg selv et tiltak som begrenser spredning av forurensninger.

For BØF2 innebærer dette at det vurderes som samlet sett lite hensiktsmessig å:

- Avskjære grunnvannsstrømning og overflateavrenning inn i delområde 3. Både terreng og berg heller relativt bratt mot vest langs den østre grensen for tiltaksområdet, og det vil ikke være jevnt fall på en evt. avskjærende voll i området. Videre er mektigheten relativt stor med dybde til berg målt > 1,2 m med sannsynlighet for sprekker i berg normalt på tiltaksgrensen.
- Begrense spredning av vann mot vest ut fra tiltaksområdet i delområde 3. Dybde til berg er målt til >3,3 m i sør og >1,3 m i nord, og grensen mot vest er ca. 165 m lang. Det vil ikke være ensidig fall mot et enkelt lavpunkt langs grensen, og tilsvarende sannsynlighet for sprekker som likevel gir avrenning ut av feltet.

Samtidig vil det være gunstig å begrense arealet som gir samtidig avrenning under utgravningen. Dette oppnås ved å etablere en avskjærende voll som går langsmed eksisterende vei som vist på Figur 11 og Figur 12. Den avskjærende vollen vil tjene to hensikter; hindre innlekking av "rent" vann til delområde 1 mens dette er under utgravning ("rent" vann er i denne sammenhengen vann fra områder som ikke er under utgravning), og bidra til oppsamling av vann fra delområder 2 og 3 mens disse er under utgravning.

Utgravningen skjer etappevis med rekkefølge delområde 1, 2 og til slutt 3. For delområde 1 foreslås følgende rekkefølger, som må vurderes underveis i utgravningen når reelt avrenningsmønster fremkommer.



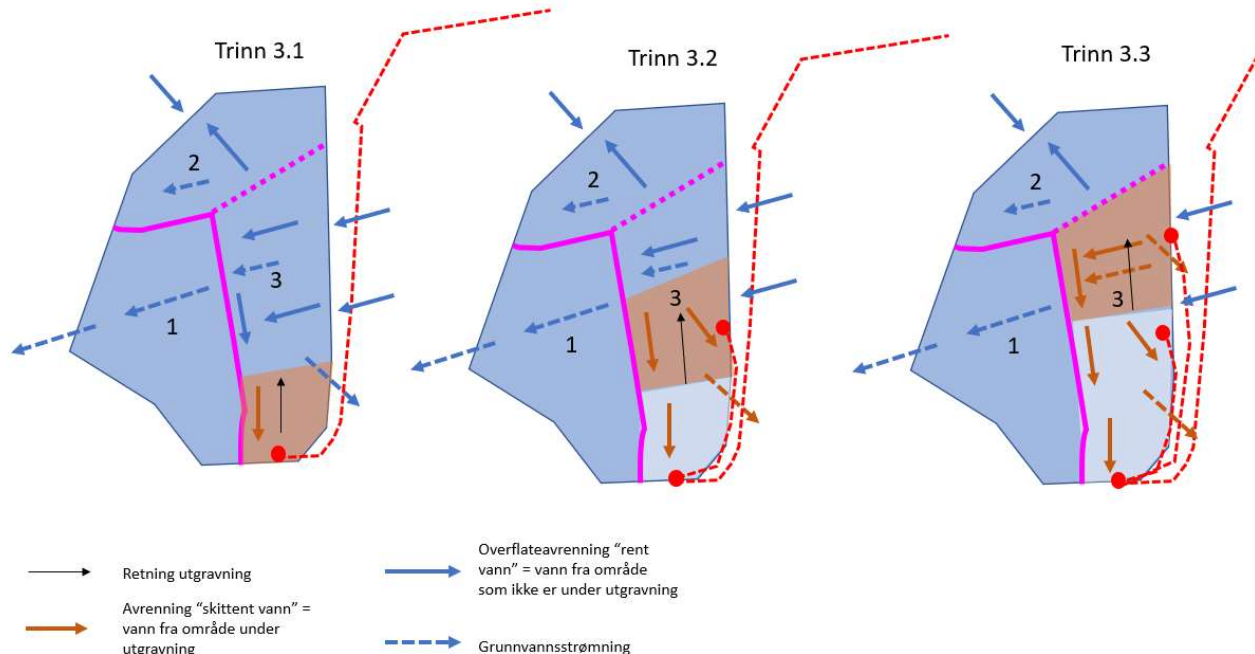
Figur 11 Rekkefølge for utgravning i delområde 1.

Trinn 1.1: Utgravningen starter i sør og med etablering av hovedpumpesump i sørenden. Hensikten med dette er å starte med etablering av hovedpumpesump på laveste bergnivå slik at avrenning fra område som graves ut, kan samles opp i lavpunkt. Det kan være at det må gjøres tiltak helt i sørenden, hvor det er stor dybde til berg (>3,3 m), for å få samlet vann i pumpesumpen.

Trinn 1.2: Utgravningen fortsetter nordover. Pumpesump i sør beholdes, men det benyttes mobil lensepumpe for oppsamling av vann som forventes å følge berg mot vest. Samles vannet opp inne i feltet, må pumpen flyttes etter. Den mobile lensepumpen leverer vann til hovedpumpesump i sør slik at det kun trengs en pumpeledning fra utgravningsområdet og til renseanlegg.

Trinn 1.3: Tilsvarende som for trinn 1.2. Det benyttes mobil pumpe for å samle opp så mye vann som mulig. Det vil være avrenning på berg som ledes ut av feltet mot vest, uten at dette kan samles opp med lensepumpe.

Delområde 3



Figur 12 Rekkefølge for utgravning i delområde 3.

For delområde 3 spesielt gjelder det at avrenningsfeltet vil være større enn delområdet som følge av overflateavrenning inn i delområdet fra øst. Hvor stort tilleggsbidraget blir, er vanskelig å anslå ettersom avrenningsmønsteret ikke er kartlagt.

Trinn 3.1: Utgravningen starter i sør og med etablering av hovedpumpesump i sørenden. Hensikten med dette er å starte med etablering av hovedpumpesump på laveste bergnivå slik at avrenning fra område som graves ut, kan samles opp i lavpunkt. Det kan være at det må gjøres tiltak helt i sørenden, hvor det er målt stor dybde til berg (> 3,3 m).

Trinn 3.2: Utgravningen fortsetter nordover. Pumpesump i sør beholdes, men det benyttes mobil lensepumpe for oppsamling av vann som følger grunnvannsstrømning mot øst. Den mobile lensepumpen leverer vann til hovedpumpesump i sør slik at det kun trengs en pumpeledning fra utgravningsområdet og til renseanlegg.

Trinn 3.3: Tilsvarende som for trinn 3.2. Det benyttes mobil pumpe for å samle opp så mye vann som mulig.

Parallelt med oppsamling av vann fra delområdene så vil det alltid samles opp vann fra mellomlageret. Vann fra mellomlageret vil alltid ha prioritet og skal renses før vann fra utgravningsområdet, da forurensningsmengder fra masser i mellomlageret anses å være størst.

6.4.5 Dimensjonerende vannmengder

Det er utført overvannsberegninger for å estimere fordrøyningsbehovet/utjevningvolum. Nedbørdata er hentet fra målestasjon Sandsli (SN50480, 37 moh). Følgende parametre/inndata er lagt til grunn, med tilhørende kommentarer til dimensjoneringen:

Tabell 5 Inndata dimensjonering fordrøyningsbehov.

Parameter/ Inndata	Kommentar til dimensjoneringen
2-års gjentakintervall	Gitt tiltakets varighet, vil det være unødig å dimensjonere for ekstremhendelse
Avrenningskoeffisient 0,85	Ettersom tiltaket graver ned til fjell, og oppsamling skjer i grøfter under dagens terreng, er avrenningsfaktor satt til 0,85.
Konsentrasjonstid 5 min	Avstander på feltet er korte og det legges derfor til grunn en kort konsentrasjonstid på 5 minutter
Ingen klimafaktor	Tiltaket gjennomføres nå og i løpet av kort tid, så ingen klimafaktor legges til grunn i beregningene.
Arealer	Det regnes inn det totale arealet for delområdene. Som følge av til dels ukjent berggeometri, avrenningsmønster og ikke minst manglende tett yttergrense for delområdene, så vil dette være et grovt estimat på reelle avrenningsarealer. Innlekking av vann utenfra vil gi høyere vannmengder enn beregnet, utlekking av vann som man ikke klarer å samle opp, gir lavere vannmengder.

Delområde 1 blir dimensjonerende med forutsetningene som legges til grunn og vil utgjøre et totalt areal inkl. mellomager på 5 600 m² med samtidig avrenning. Vannmengden til renseanlegget kan håndteres med ulike kombinasjoner av fordrøyningsvolum og momentankapasitet – lavere momentankapasitet gir økt fordrøyningsbehov og motsatt.

Til fordrøyning (utjevning) før vannrensing kan 20 fots containere benyttes (35 m³ bruttovolum). Pumpe monteres 0,2 m fra bunn for å redusere videreføring av slam, og det antas 0,5 m fra topp container til vannspeil. Dette gir ca. 25 m³ effektivt fordrøyningsvolum per container.

Det legges til grunn bruk av to fordrøyningscontainere for å redusere behov for momentankapasitet på renseanlegget. Dette gir en dimensjonerende vannmengde for renseanlegget på 7 l/s = 25,2 m³/h.

Tabell 6 Dimensjonering av vannrenseanlegg.

Beregning av fordrøyningsbehov - enkel regnenvelop med konstant utløp					
Grunnlag for beregninger:					
Totalt avrenningsareal				0,55	ha
Avrenningskoeffisient				0,87	
Redusert areal				0,4775	ha
Dimensjonerende gjentakintervall				2	år
Klimafaktor				1,0	
Maksimalt videreført vannmengde		7	l/s		
Midlere videreført vannmengde		100 %		7	l/s
Nedbørdata hentet fra	Klimaservicesenteret.no		Stasjon	Bergen - Sandsli (SN50480), 37 moh	
Varighet	Intensitet	Intensitet med klimafaktor	Volum inn	Volum ut	Fordrøyningsbehov
min	l/s*ha	l/s*ha	m ³	m ³	m ³
1	252,3	252,3	7,2	0,4	6,8
2	202,7	202,7	11,6	0,8	10,8
3	176,6	176,6	15,2	1,3	13,9
5	147,4	147,4	21,1	2,1	19,0
10	113,2	113,2	32,4	4,2	28,2
15	91,6	91,6	39,4	6,3	33,1
20	79	79,0	45,3	8,4	36,9
30	63,4	63,4	54,5	12,6	41,9
45	49,2	49,2	63,4	18,9	44,5
60	41,1	41,1	70,7	25,2	45,5
90	33,3	33,3	85,9	37,8	48,1
120	28,9	28,9	99,4	50,4	49,0
180	23,2	23,2	119,6	75,6	44,0
360	16,4	16,4	169,1	151,2	17,9
720	10,7	10,7	220,7	220,7	0,0
1440	7,3	7,3	301,2	301,2	0,0
Nødvendig fordrøyningsvolum ved 2 års gjentakintervall					49,0 m³

6.4.6 Vannrensing

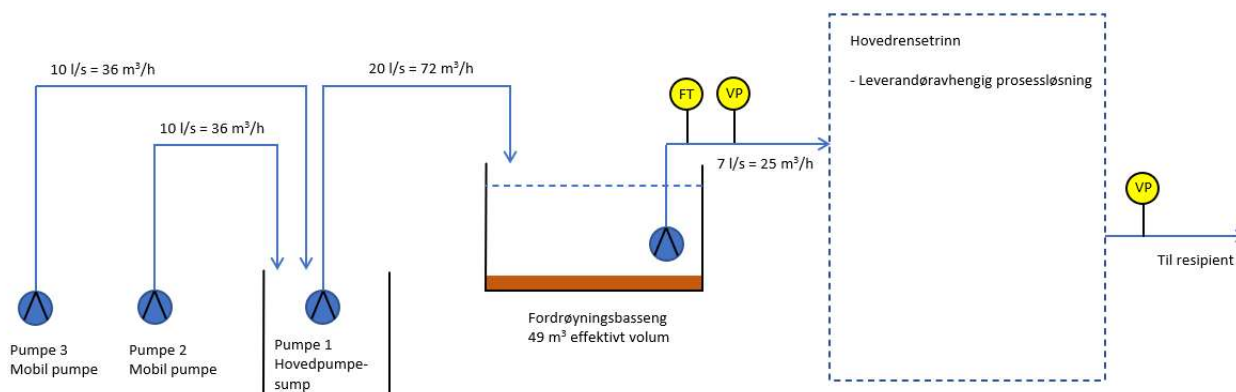
For betingelser knyttet til rensekraft for anlegget, se kapittel 6.4.1. Renseanlegget skal derfor i utgangspunktet overholde et SS-krav på 50 mg/l og inkludere et rensetrinn for PFAS (ved utslipp til Langvatn).

Den grunnleggende utformingen av renseanlegget vil bestå av følgende hovedkomponenter:

1. Innløpspumper, 1 + 2 stk.
2. Utjevningsbasseng, 49 m³ effektivt volum.
3. Hovedprosessløsning. Eksakt løsning her vil være leverandøravhengig.
4. Utløpsarrangement. Det vurderes om det er mulig med selvfall til resipient.

FT Mengdemåler

VP Prøvetaker/prøvetakingspunkt



Figur 13 Prinsipppløsnings vanntransport og prosessløsning.

Som følge av prosjektets korte varighet, behov for provisoriske/enklere løsninger på enkelte områder og ikke minst tett oppfølging og beredskap for drift av anlegget, bør vannrenseanlegget kjøpes inn basert på en funksjonsspesifikasjon. Dette innebærer at det ikke stilles konkrete krav til valg av teknologi, men at tilbudt prosessløsning og teknologiens egnethet vurderes ut ifra kvalitetskriterier inkl. referanser som del av innkjøpet.

Det finnes flere aktuelle teknologier for PFAS-fjerning, inkludert:

- Aktivkullfiltrering (den mest tradisjonelle metoden), inkl. forbehandling
- Aktivkullfiltrering + ionebytting, inkl. forbehandling
- Membranfiltrering, inkl. forbehandling
- SAFF («Surface active foam fractionation»)
- Membranfiltrering med pulveraktivkull

Da valg av prosess/teknologi vil gjøres dels som del av senere utarbeidelse av kravspesifikasjon og dels som del av selve innkjøpet, omtales de ulike teknologiene ikke videre her.

6.4.7 Utslipp til resipient

Det er to alternative resipienter for utslipp fra vannrenseanlegget:

1. Langavatn (dam i nordenden av vannet som står i direkte kontakt med Langavatn gjennom veifylling)
2. Raunefjorden (sjøresipient)

Avstand til sjø er ca. 550 m i luftlinje mens avstand til Langavatn er ca. 100 m. I tillegg til den økte lengden til sjø, innebærer denne traseen kryssing av flere veier og legging av utslippsledning i ulendt terreng. Utslipp til Langavatn vil derfor være en langt enklere løsning.

Når anlegget bygges for PFAS-fjerning forventes samlet utslippsmengde til Langavatn å være lav. Det kan videre legges opp til at feil på renseanlegget som gir forhøyede PFAS-konsentrasjoner, stopper innpumpingen til anlegget og at avrenning heller avledes som ved dagens situasjon og da i stor grad føres med grunnvannsstrømning til Lindevikabekken og videre til sjø (Raunefjorden).

6.4.8 Innkjøp av vannrenseanlegg

Det anbefales at innkjøp av vannrenseanlegget gjøres som en separat anskaffelse.

For vannrenseanlegget vil det være ønskelig å evaluere på kvalitet i tillegg til pris. En slik kvalitetsvurdering vil være vanskelig å gjennomføre som del av en større anskaffelse. Kostnader for den øvrige delen av anskaffelsen vil være betydelig høyere enn for vannrenseanlegget, og det blir utfordrende å vekte pris/kvalitet riktig.

Videre er det sannsynlig at det ved å kombinere øvrige arbeider/vannrenseanlegg i en anskaffelse, ikke vil være samme tilbyder som kommer best ut på begge delanskaffelser. Et sannsynlig utfall vil derfor være at pris for øvrige blir styrende for valg av vannrenseanlegg (og som gjerne ikke er preferert løsning), eller at preferert løsning for vannrenseanlegg innebærer økte kostnader for øvrige arbeider.

Med to entrepriser kan vannrenseanlegget tiltransporteres graveentreprisen. Dette gir en merkostnad i form av påslag fra graveentreprenør, men en forventet innsparing ved å kunne velge beste kombinasjon av pris/kvalitet for begge delleveranser.

6.4.9 Avsluttende kommentar vedrørende vannhåndtering og vannrensing

Bakgrunnen for den beskrevne løsningen for vannhåndtering og vannrensing er beskrevet i kapittel 6.4.1, og tar utgangspunkt i krav i pålegg fra Miljødirektoratet.

Videre arbeid med prosjektet, i form av denne forprosjektrapporten, aktualiserer kravenes egnethet for prosjektet. Det kan spesielt påpekes:

- Anleggsperioden er svært kort (nattestengning 24. mai. - 9. juni 2023, med 5 timers arbeid per natt)
- Utfordrende terreng- og berggeometri som kombinert med kort anleggsperiode begrenser tiltak som kan iverksettes for avskjæring og oppsamling av vann

Ved igangkjøring av et vannrenseanlegg må det i tillegg påregnes en fase med inntrimming og feilsøking. En del av disse arbeidene kan ikke startes før anlegget faktisk tilføres vann, og vil pågå samtidig som anlegget iht. pålegget skal overholde rensekravene. Det vil uansett være en risiko knyttet til renseresultater den første tiden etter oppstart.

Summen av disse forholdene innebærer at kost/nytte for vannhåndtering og vannrensing forventes å være lav og med betydelig usikkerhet.

Det bør derfor vurderes om man vil gå i nærmere dialog med Miljødirektoratet knyttet til aktuelle løsninger for vannhåndtering og utslippskrav som del av den videre detaljprosjekteringen av tiltaket.

6.5 Miljøforhold i anleggsgjennomføringen

6.5.1 Miljørisikoanalyse

Det skal gjennomføres en tverrfaglig miljørisikoanalyse for anleggsgjennomføringen, med gjennomgang av mulige hendelser som kan påvirke ytre miljø og nødvendige tiltak. Tiltak som må videreføres i tiltaksliste miljø og i nødvendige poster i konkurransegrunnlaget spesifiseres i detaljprosjekteringen.

6.5.2 Kontroll- og overvåkningsprogram

Kontroll- og overvåkningsprogram (iht. krav i pålegg fra Miljødirektoratet) utarbeides i detaljprosjekteringsfasen.

7 Fremdrift

Fremdriftsplan for prosjektet er vist i Vedlegg 1.

Fremdriftsplan oppdateres i detaljprosjekteringen til utlysning av anbudet og milepæler til konkurransegrunnlag defineres.

Avklaringsbehov fremdrift:

- Før oppstart detaljprosjektering – om alternativ med Lindevikabekken skal videreføres?
- Hvilke muligheter for dagarbeid i tiltaksområdet?
 - Deretter vurdering av nødvendig antall dager til utgraving av ulike delområder

8 Kostnadsoverslag

Det er utarbeidet kostnadsoverslag for valgte løsninger til anleggsgjennomføring på forprosjektnivå for sannsynlig entreprisekostnad (P50) ekskl. mva. Se Vedlegg 2.

Økonomisk usikkerhetsanalyse for forprosjekt gjennomføres av Avinor som grunnlag for B2-beslutning.

Avklaringsbehov kostnader:

- Det må utføres oppdaterte beregninger av mengde PFAS (kg) innenfor det foreslåtte tiltaksområdet, som grunnlag for en oppdatert kost/effekt av tiltaket

9 Referanser

- [1] Miljødirektoratet, Pålegg om å gjennomføre tiltak for å rydde opp i PFAS-forurensset grunn på Bergen lufthavn, Flesland, Bergen kommune, Datert 30.05.2022, 2022.
- [2] Norconsult, «Rapportering for del 1 og del 2 av Miljødirektoratets pålegg: "Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner" - Rapportnr.: 5185352-Miljø-03-J02,» Avinor, 2019a.
- [3] Miljødirektoratet, «Pålegg om undersøkelser av PFAS-forurensset grunn - Avinor,» 2020.
- [4] Norconsult, «Rapportering for del 3 av Miljødirektoratets pålegg: "Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner" - 5185352-Miljø-02-J01,» 2019b.

10 Vedlegg

Vedlegg 1: Fremdriftsplan

- PFAS Flesland Fremdrift BØF2, revisjon FB02, datert 03.11.2022

Vedlegg 2: Kalkyle, entreprisekostnad

- ENBR-00-RA-003 Kostnader, Revisjon FB02, datert 03.11.2022