

Avinor AS

► Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn

Tromsø lufthavn Langnes

Del 2: Kostnadsberegninger og foreslåtte tiltak

Oppdragsnr.: **5205614** Dokumentnr.: **RIM09-ENTC** Versjon: **E05** Dato: **2024-04-30**



Oppdragsgiver: Avinor AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Trine Reistad
Rådgiver: Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika
Oppdragsleder: Aina Marie Nordskog
Fagansvarlig: Lars Været og Annelene Pengerud
Andre nøkkelpersoner: Henrikke Børsum, Stein Gunnar Rønningsbakk, Audun S. Teie

Forsidebilde: Gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ved Tromsø lufthavn, november 2022.

E05	2024-04-30	Til behandling hos myndigheter	Aina Marie Nordskog Annelene Pengerud Lars Været	Annelene Pengerud Lars Været	Aina Marie Nordskog
B04	2024-04-24	For kommentar hos oppdragsgiver kap. 4-6	Aina Marie Nordskog Annelene Pengerud Lars Været	Annelene Pengerud Lars Været	Aina Marie Nordskog
B03	2024-04-16	For kommentar hos oppdragsgiver	Aina Marie Nordskog Annelene Pengerud Lars Været	Annelene Pengerud Lars Været	Aina Marie Nordskog
B02	2024-02-07	For kommentar hos oppdragsgiver kap. 1-3	Aina Marie Nordskog	Lars Været Annelene Pengerud	Aina Marie Nordskog
A01	2024-01-22	Til fagkontroll	Aina Marie Nordskog	Annelene Pengerud Lars Været	Aina Marie Nordskog
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

Bakgrunn

Avinor ble i mai 2021 pålagt å utarbeide tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn. Opprinnelig gjaldt pålegget utarbeidelse av tiltaksplan for brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2) og området ved gammel brannstasjon (GBS), med krav om en plan for videre kartlegging av lufthavnen og overvåkning av planlagte tiltak. Dette vedtaket ble i oktober 2023 omgjort av Miljødirektoratet. Vedtaket ble omgjort til å gjelde utarbeidelse av en tiltaksplan for hele lufthavnen, i tråd med oppdaterte krav til tiltaksplaner.

Norconsult har utarbeidet tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn på oppdrag for Avinor. Tiltaksplanen er utarbeidet i to separate deler:

- Del 1: Tiltaksplanens del 1 er en sammenstilling av resultater fra utførte undersøkelser av PFAS i jord, vann og biota ved Tromsø lufthavn, og en risikovurdering for helse og miljø som følge av spredning fra PFAS-forurensset grunn ved lufthavnen. Tiltaksplanens del 1 svarer ut krav 1 og 2 i Miljødirektoratets pålegg.
- Del 2: Tiltaksplanens del 2 er en redegjørelse for aktuelle tiltaksmetoder, kostnadsberegninger og foreslåtte tiltak ved de lokaliteter som gjennom utførte undersøkelser og risikovurdering er funnet å utgjøre de største kildene til spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn. Denne rapporten er tiltaksplanenes del 2, og svarer ut krav 3–6 i Miljødirektoratets pålegg.

Forurensningssituasjonen

Gjennom kartlegging av historisk bruk av brannskum på Tromsø lufthavn, samt omfattende kartlegging av jord, vann og biota ved lufthavnen, er det fire områder som peker seg ut som de største kildene i jord, og de største kildene til spredning av PFAS fra lufthavnen:

- Sist nedlagt brannøvingsfelt (BØF1)
- Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)
- Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)
- Utfylt område ved Ørneveien (UOØ)

Samlet er det estimert at det ligger om lag 41 kg PFAS i jord ved de fire hovedkildene til spredning fra Tromsø lufthavn (BØF1, BØF2, UOØ og GBS). Beregnet samlet spredning fra lokalitetene er mellom 1,4 – 2,0 kg PFAS/år, hvorav hovedandelen av spredningen kommer fra gammel brannstasjon og deice-området (GBS), og gammelt brannøvingsfelt (BØF2).

Utført risikovurdering for human helse i tiltaksplanens del 1 tilsier at forurensningen på de nedlagte brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2), gammel brannstasjon og deice-området (GBS), samt utfylt område ved Ørneveien (UOØ) utgjør en begrenset risiko for human helse med dagens bruk av lokalitetene.

Resultater fra utførte biotaundersøkelser tyder imidlertid på at det er en påvirkning og risiko for det akvatiske økosystemet i nærliggende resipienter som følge av spredning av PFAS fra de forurensede lokalitetene ved Tromsø lufthavn. Påvirkningen er størst i utløpsområdet for drens/overvann fra de nedlagte brannøvingsfeltene i Rottbogen, og særlig i utstrømningssonen for grunnvann ved gammel brannstasjon og deice-området i Giæverneset. Her er det i strandbiota påvist konsentrasjonsnivåer som overskrider miljøkvalitetsstandard EQSbiota og QSsec pois, som er grenseverdi for beskyttelse av predatorer mot sekundær forgiftning. Rottbogen og Giæverneset er del av et bløtbunnsområde utenfor lufthavnen som har

meget stor betydning for fugl, noe som tilsier risiko for opptak og spredning av PFAS via fugl som benytter området.

Foreslåtte tiltak

For å hindre uakseptabel spredning av PFAS ved Tromsø lufthavn foreslås det tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser for gammelt brannøvingsfelt (BØF2), og rensing av grunnvann for gammel brannstasjon og deice-området (GBS). Samlet vil de foreslåtte tiltakene kunne bidra til å fjerne om lag 20 kg PFAS, noe som utgjør om lag 50% av beregnet mengde i jord før tiltak. Reduksjon av spredning fra lufthavnen etter tiltak er estimert til 85% sammenliknet med dagens situasjon.

For gammelt brannøvingsfelt (BØF2) foreslås et tiltak med oppgraving og ekstern deponering av alle masser med konsentrasjon av Σ PFAS $>150 \mu\text{g/kg}$. Det er for foreslått tiltaksareal beregnet en betydelig mengde PFAS (15,7 kg) innenfor et volum masser på om lag $19\,100 \text{ m}^3$, noe som gir en kost/effekt for tiltaket på 4,6 MNOK/kg PFAS. Basiskostnad for tiltaket er anslått til 73,4 MNOK.

Det er for foreslått tiltaksareal estimert at totalt $34\,600 \text{ m}^3$ masser må graves opp. De høyeste konsentrasjonene er påvist i torv som ligger under fyllmasser. Ved å ta utgangspunkt i likt graveareal for fyllmasser som for underliggende torv vil oppgravingen også berøre fyllmasser med relativt lave påviste konsentrasjoner ($<100 \mu\text{g/kg}$), som ellers ikke ville vært omfattet av tiltak. Deler av fyllmassene ($15\,500 \text{ m}^3$) kan derfor gjenbrukes til tilbakefylling av det utgravde området.

Torv sentralt på området som overstiger grenseverdi for PFOS på 50 mg/kg i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen), må i henhold til regelverket destrueres. Aktuell tiltaksmetode for destruksjon av torven er forbrenning. Det er estimert at om lag 720 m^3 torv må til destruksjon, og estimert mengde PFAS innenfor dette volumet er 5,1 kg.

Det bemerkes at ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er tilgang til masser nært rullebanen særlig problematisk ettersom BØF2 ligger nesten midt på banelengden. Dette fører til at det er krevende å stenge deler av rullebanen på en slik måte at ambulanseberedskapen kan opprettholdes. I ytterste konsekvens kan det føre til at man ikke kommer til alle massene som foreslås å fjernes (dette gjelder masser innenfor 90 m fra senterlinje rullebane).

For gammel brannstasjon og deice-området (GBS) foreslås et tiltak med rensing av grunnvann. Dette tiltaket er forventet å bidra til om lag 90% reduksjon i spredning fra lokaliteten. Med forventet lav utlekking fra umettet sone, og dermed lav spredning på lang sikt, vil tiltaket imidlertid ha begrenset effekt på mengde PFAS i jord. Det er etter 10 års drift estimert en gjenværende mengde i jord på om lag 14 kg, noe som utgjør 75% av beregnet mengde i jord før tiltak.

For et tiltak med rensing av grunnvann vil det til enhver tid være faktisk spredningsmengde (antall g PFAS) som er styrende for hvilken effekt man kan oppnå ved tiltaket. Resultatene av beregningene av kostnader og effekt viser at et tiltak med rensing av grunnvann ved GBS vil ha en relativt høy effekt de første årene etter etablering, men at effekten av tiltaket vil avta betydelig etter om lag 10 år, som følge av en forventet betydelig reduksjon i spredningsmengde etter at større deler av forurensningen som i dag ligger i mettet sone er fjernet.

Tiltaket vil også måtte gå over svært lang tid for å oppnå en høy samlet effekt av tiltaket. Etter 20 år er det beregnet at den gjenværende mengden PFAS er ca. 68 % av den totale mengden PFAS i jord, etter 30 år om lag 62 % og etter 40 år om lag 56 %. Denne gjenværende mengden vil da være PFAS som ligger i umettet sone under asfaltert areal, og som i liten grad bidrar til spredning grunnet antatt svært begrenset infiltrasjon gjennom asfaltdekket.

Spredning og risiko etter tiltak

De foreslåtte tiltakene for å redusere uakseptabel spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn er rettet mot de to hovedkildene til spredning; gammel brannstasjon og deice-området (GBS), og gammelt brannøvingsfelt (BØF2). Etter at tiltakene er utført vil det være en estimert gjenværende mengde PFAS i jord på om lag 20 kg, og en total spredning fra lufthavnen på 200-280 g/år (forutsatt en minimum varighet på 10 år for tiltak med rensing av grunnvann).

Selv om det vil være en høy gjenværende mengde i jord, forventes tiltakene å bidra til redusert risiko for akvatiske og terrestriske arter som lever i bløtbunnsområdet utenfor lufthavnen, med redusert potensiale for videre opptak og akkumulering av PFAS i næringskjedene. Særlig gjelder dette gammel brannstasjon (GBS) og deice- området, hvor risikoen for akvatiske og terrestriske arter per i dag anses å være høyest. Det forventes at et tiltak med rensning av grunnvann relativt kort tid etter igangsettelse av tiltak vil resultere i reduserte konsentrasjoner av PFAS i grunnvann som strømmer ut til sjø, og i strandbiota i Giæverbukta.

► Innhold

1	Innledning	8
1.1	Bakgrunn	8
1.2	Utført risikovurdering	8
1.3	Miljømål	11
1.3.1	<i>Overordnede miljømål</i>	11
1.3.2	<i>Redegjørelse for dagens situasjon</i>	11
1.4	Krav i pålegg om tiltaksplan	11
2	Tiltaksvurderinger	12
2.1	Sist nedlagte brannøvingsfelt (BØF1)	12
2.1.1	<i>Forurensningssituasjonen</i>	12
2.2	Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)	13
2.2.1	<i>Forurensningssituasjonen</i>	13
2.2.2	<i>Aktuelle tiltaksmetoder og tiltaksomfang</i>	13
2.3	Utfylt område ved Ørneveien (UOØ)	19
2.3.1	<i>Forurensningssituasjonen</i>	19
2.3.2	<i>Aktuelle tiltaksmetoder og tiltaksomfang</i>	19
2.4	Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)	21
2.4.1	<i>Forurensningssituasjonen</i>	21
2.4.2	<i>Aktuelle tiltaksmetoder og tiltaksomfang</i>	21
3	Kostnadsberegninger	24
3.1	Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)	26
3.1.1	<i>Forutsetninger</i>	26
3.1.2	<i>Kostnader</i>	27
3.2	Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)	29
3.2.1	<i>Forutsetninger</i>	29
3.2.2	<i>Kostnader</i>	33
4	Foreslåtte tiltak	37
4.1	Stedsspesifikke miljømål og tiltaksmål	37
4.2	Foreslåtte tiltak og tiltaksomfang	38
4.2.1	<i>Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)</i>	38
4.2.2	<i>Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)</i>	38
4.3	Spredning og risiko etter tiltak	39
5	Gjennomføring av tiltak	42
5.1	Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)	42
5.1.1	<i>Oppgraving og sortering av masser</i>	42
5.1.2	<i>Tilbakefylling og istandsetting</i>	42

5.1.3	<i>Hensyn til lufthavndrift</i>	43
5.1.4	<i>Mellomlagring av masser</i>	43
5.1.5	<i>Massedisponeringsplan</i>	43
5.1.6	<i>Vann i gravegrop under anleggsarbeider</i>	44
5.1.7	<i>Risiko for spredning av forurensning i anleggsfasen</i>	44
5.1.8	<i>Prøvetaking for sluttdokumentasjon</i>	44
5.1.9	<i>Fremdriftsplan</i>	46
5.2	Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)	46
5.2.1	<i>Prinsipp for utforming og brønnetablering</i>	46
5.2.2	<i>Grunnlag for videre prosjektering</i>	48
5.2.3	<i>Hensyn til flyplassdrift</i>	48
5.2.4	<i>Andre forhold</i>	48
5.2.5	<i>Fremdriftsplan</i>	49
6	Overvåkningsprogram	50
6.1	Overvåkning i tiltaksfase	50
6.1.1	<i>Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)</i>	50
6.1.2	<i>Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)</i>	50
6.2	Overvåkning etter tiltak	51
6.2.1	<i>Vann</i>	51
6.2.2	<i>Biota</i>	53
7	Overordnet fremdriftsplan	54
7.1	Planlagte bygge og graveprosjekter	54
7.2	Fremdriftsplan	54
8	Berørte parter og interessenter	55
9	Referanser	56
10	Vedlegg	58
	Vedlegg 1 – Leseveiledning for utsvar krav i pålegg	59
	Vedlegg 2 – Vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder	63
	Vedlegg 3 – Avinors fremdriftsplan	68

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Avinor ble i 2020 pålagt å gjennomføre supplerende undersøkelser av forurensning av per- og polyfluorerte forbindelser (PFAS) ved de ti lufthavnene Rørvik, Tromsø, Ålesund, Stavanger, Bergen, Alta, Haugesund, Kristiansund, Kirkenes og Brønnøysund (jfr. pålegg fra Miljødirektoratet datert 14. mai 2020 [1]).

I nevnte pålegg og brev av 26. februar 2020 skisserte Miljødirektoratet at Avinor skal utarbeide tiltaksplaner ved disse ti lufthavnene med frist i 2021 og 2022 [2]. Lufthavnene ble valgt ut på bakgrunn av Avinors prioriteringsrekkefølge for opprydding av PFAS-forurensning basert på kost/effekt, og risikovurderinger med hensyn på lokale effekter [3] [4].

Avinor ble i mai 2021 pålagt å utarbeide tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn [5]. Opprinnelig gjaldt pålegget utarbeidelse av tiltaksplan for brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2) og området ved gammel brannstasjon (GBS), med krav om en plan for videre kartlegging av lufthavnen og overvåkning av planlagte tiltak. Frist for levering av tiltaksplan for brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2) ved Tromsø lufthavn var i Miljødirektoratets pålegg satt til 31. desember 2021, og frist for tiltaksplan for området ved brannstasjonen (GBS) var satt til 31. desember 2025.

Dette vedtaket ble i oktober 2023 omgjort av Miljødirektoratet [6]. Vedtaket ble omgjort til å gjelde utarbeidelse av en tiltaksplan for hele lufthavnen, i tråd med oppdaterte krav til tiltaksplaner [7]. Frist for tiltaksplan som gjelder hele lufthavnen ble satt til 15. mars 2024. Avinor har i videre dialog med Miljødirektoratet fått utsatt frist til 30. april 2024.

Tiltaksplanen for Tromsø lufthavn er utarbeidet i to separate deler:

- Del 1: Tiltaksplanens del 1 er en sammenstilling av resultater fra utførte undersøkelser av PFAS i jord, vann og biota ved Tromsø lufthavn, og en risikovurdering for helse og miljø som følge av spredning fra PFAS-forurensset grunn ved lufthavnen [8]. Tiltaksplanens del 1 svarer ut krav 1 og 2 i Miljødirektoratets pålegg.
- Del 2: Tiltaksplanens del 2 er en redegjørelse for aktuelle tiltaksmetoder, kostnadsberegninger og foreslåtte tiltak ved de lokaliteter som gjennom utførte undersøkelser og risikovurdering er funnet å utgjøre de største kildene til spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn. Denne rapporten er tiltaksplanenes del 2, og svarer ut krav 3–6 i Miljødirektoratets pålegg.

1.2 Utført risikovurdering

Gjennom kartlegging av historisk bruk av brannskum på Tromsø lufthavn [9], samt omfattende kartlegging av jord, vann og biota ved lufthavnen, er det fire områder som peker seg ut som de største kildene i jord, og de største kildene til spredning av PFAS fra lufthavnen:

- Sist nedlagt brannøvingsfelt (BØF1)
- Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)
- Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)
- Utfylt område ved Ørneveien (UOØ)

For en nærmere beskrivelse av Tromsø lufthavn og forurensningssituasjon ved de aktuelle lokalitetene, vises det til tiltaksplanens del 1, samt resultatrapporter for de enkelte lokalitetene som er undersøkt:

- 5205614-RIM08-ENTC Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn, Tromsø lufthavn, del 1: Oppsummering av resultater og risikovurdering [8]
- 5205614-RIM03-ENTC-1-J04 Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann. Tromsø lufthavn, sist nedlagte brannøvingsfelt (BØF 1) [10]
- 5205614-RIM05-ENTC-2-J05 Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann. Tromsø Lufthavn, gammelt brannøvingsfelt (BØF2) [11]
- 5205614-RIM07-ENTC-UOØ-J03 Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann. Tromsø lufthavn, utfylt område ved Ørneveien (OUØ) [12]
- 5205614-RIM04-ENTC-GBS-J05- Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann. Tromsø lufthavn, gammel brannstasjon og deice-området (GBS) [13]
- 5205614-RIM06-ENTC-J03- Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i vann (OV-system) og biota, Tromsø lufthavn [14]

Lokalisering av de aktuelle lokalitetene er vist i Figur 1-1.

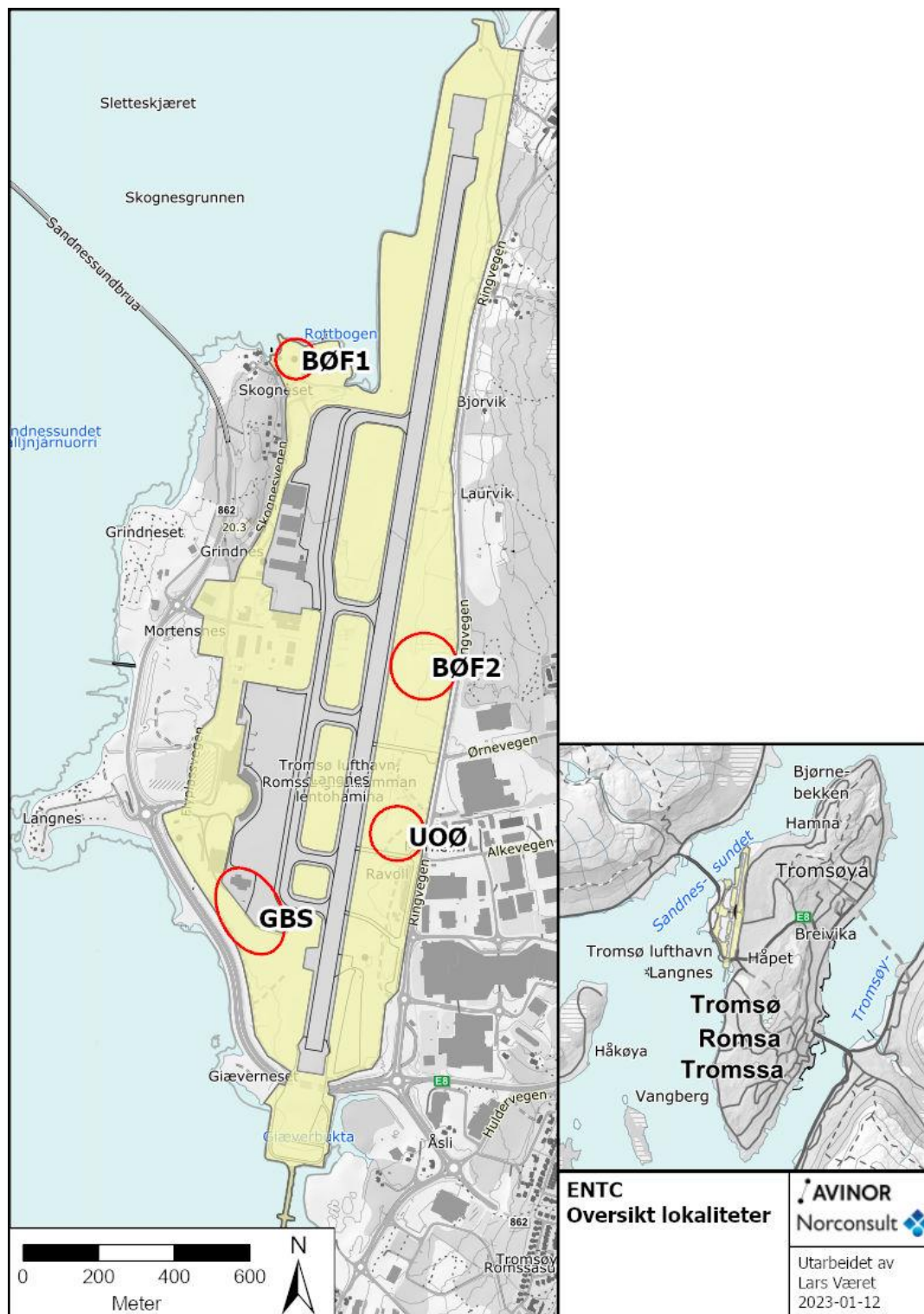
Utført risikovurdering for human helse i tiltaksplanens del 1 [8] tilsier at forurensningen på de nedlagte brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2), gammel brannstasjon og deice-området (GBS), samt utfylt område ved Ørneveien (UOØ) utgjør en begrenset risiko for human helse med dagens bruk av lokalitetene. Risikovurderingen for human helse omfatter vurderinger av risiko knyttet til opphold på lokaliteten, nærliggende drikkevannskilder, lokale friluftsområder og badeplasser, samt fritidsfiske.

Resultater fra utførte biotaundersøkelser tyder imidlertid på at det er en påvirkning og risiko for det akvatiske økosystemet i nærliggende resipienter som følge av spredning av PFAS fra de forurensede lokalitetene ved Tromsø lufthavn. Påvirkningen er størst i utløpsområdet for drens/overvann fra de nedlagte brannøvingsfeltene i Rottbogen, og særlig i utstrømningssonen for grunnvann ved gammel brannstasjon og deice-området i Giæverbukta/Giæverneset. Her er det i strandbiota påvist konsentrasjonsnivåer som overskrider miljøkvalitetsstandard EQS_{biota} og $QS_{sec\ poiss}$, som er grenseverdi for beskyttelse av predatorer mot sekundær forgiftning.

Påviste konsentrasjoner i marin biota tilsier at det foregår opptak og videre spredning i det akvatiske økosystemet i både Rottbogen og Giæverneset. Områdene er del av naturområdet Langnes (ID: BM00119765) [15] som i Naturbase er registrert som *svært viktig (A)*, definert som et sammenhengende område av *større bløtbunnsområde i strandsonen*.

Bløtbunnsområdet utenfor lufthavnen har meget stor betydning for fugl, noe som tilsier risiko for opptak og spredning av PFAS via fugl som benytter området. På bakgrunn av spredningsvurderingene kan man forvente at det pågår kontinuerlig opptak i den terrestriske næringskjeden via vannfugl. Man kan videre anta spredning til høyere trofisk nivå i rovfugl. Dette vil da også gjelde for fugl og andre organismer som lever i tilknytning til strandsonen i Rottbogen og Giæverneset.

De sist utførte undersøkelsene av PFAS i strandbiota ved Tromsø lufthavn (2021) viste høyest konsentrasjoner i strandbiota prøvetatt i strandsonen i Giæverbukta (over EQS_{biota} og $QS_{sec\ poiss}$), og lavere konsentrasjoner i Rottbogen (under EQS_{biota}) [14]. Spredning fra gammelt brannøvingsfelt (BØF2) til Rottbogen ledes via drens/og overvann til utslippsledning på dypt vann. Før 2020 var utslippet lokalt i Rottbogen, mens i 2020-2021 ble det etablert ny ledning som leder utslippet til dypt vann ca. 600 m fra land [16]. Fra gammel brannstasjon og deice-området (GBS) til Giæverbukta foregår spredning av PFAS til sjø diffust i strandsonen via grunnvann.



Figur 1-1: Oversikt over de største kartlagte kildene til spredning av PFAS-forurensning ved Tromsø lufthavn; sist nedlagte brannøvingsfelt (BØF1), gammelt brannøvingsfelt (BØF2), gammel brannstasjon (GBS) og deice-område, utfyllt område ved Ørneveien (UOØ).

1.3 Miljømål

1.3.1 Overordnede miljømål

Miljødirektoratet har angitt følgende overordnede miljømål for Avinors lufthavner der det er påvist PFAS-forurensning i grunnen (hentet fra Miljødirektoratets pålegg om utarbeidelse av tiltaksplaner for fem andre lufthavner [7]):

1. PFAS-forurensning ved og fra Avinors lufthavner skal ikke skade helse eller miljø. Herunder skal ikke forurensningen være til hinder for at vannforskriftens mål om god miljøtilstand i vannforekomster kan oppnås.
2. Utslipp og spredning av PFOS og andre PFAS fra lufthavnene skal stanses eller reduseres, med mål om at de samlede utslippene av PFAS fra Avinors lufthavner skal reduseres så langt det lar seg gjøre.

1.3.2 Redegjørelse for dagens situasjon

Det er i tiltaksplanens del 1 (kap. 7) utført en risikovurdering for spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn, se også oppsummering i kap. 1.2 i denne rapporten. Basert på utført risikovurdering for human helse og økosystem anses de to overordnede miljømålene for Avinors lufthavner som ikke oppnådd ved dagens forurensningssituasjon ved Tromsø lufthavn. Det første miljømålet er ikke tilfredsstilt på grunn av høye konsentrasjoner av PFAS i grunnvann, overvann/drensvann, samt i strandbiota i resipient. Det er også beregnet en høy total spredningsmengde fra lufthavnen (om lag 1,4 – 2,0 kg PFAS/år), noe som tilsier at det andre miljømålet om å stanse eller redusere utslipp av prioriterte miljøgifter, heller ikke er tilfredsstilt ved dagens forurensningssituasjon.

Det er i Giæverbukta nedstrøms gammel brannstasjon og deice-området (GBS) målt høye konsentrasjoner av PFAS i akvatisk biota i resipient, med overskridelser av miljøkvalitetsstandard EQS_{biota} og QS_{sec pois}, som er grenseverdi for beskyttelse av predatorer mot sekundærforgiftning. Det er også målt svært høye konsentrasjoner av PFAS i grunnvann på brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2) og ved gammel brannstasjon (GBS), og høye konsentrasjoner i overvann/drensvann som ledes fra brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2) til sjø. Basert på utførte målinger, er det sannsynlig at vannforskriftens miljømål om god kjemisk tilstand ikke vil kunne oppnås med dagens spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn.

Utførte vurderinger i tiltaksplanenes del 1 tilsier at det er begrenset risiko for human helse med dagens bruk av lokaliteten.

Det er i tiltaksplanens kap. 4.1 foreslått stedsspesifikke miljømål og konkrete tiltaksmål for å synliggjøre hvilken risiko knyttet til forurensningen (f.eks. human helse, terrestrisk og/eller akvatisk økosystem) som tiltaket skal bøte på.

1.4 Krav i pålegg om tiltaksplan

Gjennom pålegg gitt fra Miljødirektoratet til Avinor om utarbeidelse av tiltaksplan for opprydning i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn er det spesifisert krav til innhold i tiltaksplanen. De gjeldende kravene er oppdaterte krav til tiltaksplaner fra 2022 [7]. Kravene er gjengitt i Tabell 10-1 i Vedlegg 1 sammen med en henvisning til aktuelle kapitler i tiltaksplanen hvor kravene er svart ut.

2 Tiltaksvurderinger

2.1 Sist nedlagte brannøvingsfelt (BØF1)

2.1.1 Forurensningssituasjonen

Det er ved sist nedlagt brannøvingsfelt (BØF1) påvist gjennomgående lave/moderate konsentrasjoner av Σ PFAS i jord, og beregnet lave mengder PFAS i jord. Det er estimert totalt 0,6 kg PFAS i jord innenfor et totalt volum masser på om lag 10 000 m³. De høyeste konsentrasjonene både under øvingsplattformen og utenfor er i umettet sone (over grunnvannsnivå). Det er for denne lokaliteten ikke undersøkt masser under øvingsplattformens membran (>0,9 m dybde), og derfor usikkerhet knyttet til forurensningsomfang sentralt under øvingsplattform.

Resultater fra utført prøvetaking av vann (2020 – 2023) viser at det pågår en spredning av PFAS fra feltet til nærliggende resipienter, både diffust via grunnen og gjennom utslipp av oppsamlet drens- og overvann. Det er påvist høye konsentrasjoner av Σ PFAS i en brønn like nord for plattformen, samt i prøver fra oljeutskiller som ligger i samme område (4700 - 30 000 ng/l). Spredning fra det sist nedlagte feltet med vann fra plattform via oljeutskiller til sjø, estimert til 35-45 g/år, utgjør imidlertid en mindre andel av den totale spredningen til resipient Rottbogen, hvor bidraget fra det gamle brannøvingsfeltet (BØF2) er klart dominerende (nærmere omtalt under spredningsberegninger i tiltaksplanens del 1 (kap. 6) [8].

Det har tidligere (i 2011) vært en lekkasje fra sandfangskum under flysimulator på øvingsplattformen, og i tilhørende rørledninger til oljeutskilleranlegget [9]. Lufthavnen opplyser at dette ble utbedret, men at oljeutskilleren ikke er tett.

Basert på resultater fra utførte undersøkelser og vurdering av forurensningssituasjonen av PFAS i jord vurderes det å ikke være behov for tiltak i jord ved det sist nedlagte brannøvingsfeltet (BØF1) ved Tromsø lufthavn. Det er imidlertid en usikkerhet for vurderingen at det ikke er undersøkt under plattformens membran, særlig på grunn av den tidligere lekkasjen fra infrastruktur under flysimulatoren. Det er videre også høye konsentrasjoner i grunnvann, vann fra oljeutskiller, og i et utslippspunkt i sjø vest for feltet som bør utredes nærmere.

2.2 Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)

2.2.1 Forurensningssituasjonen

Resultater fra utført prøvetaking av jord viser svært høye konsentrasjoner av Σ PFAS (opptil 100 000 $\mu\text{g/kg}$) i masser sentralt på feltet og nord/nordvest for dette. Det er også påvist høye konsentrasjoner i enkelte prøvepunkt vest for brannøvingsfeltet (mot rullebanen). De høyeste konsentrasjonene er påvist i torvlaget, men også overliggende fyllmasser har høye konsentrasjoner. Generelt er det påvist langt lavere konsentrasjoner av Σ PFAS i silt- og leirelaget under torvlaget (opptil 260 $\mu\text{g/kg}$).

Forurensningen ved BØF2 vurderes å være relativt godt avgrenset i både horisontal og vertikal utbredelse. I enkelte prøvepunkter er forurensningen ikke avgrenset til $<150 \mu\text{g/kg}$ Σ PFAS i dypeste prøver, men det er generelt påvist langt lavere konsentrasjoner i underliggende silt/leirelag sammenlignet med torvlaget og fyllmassene over. Horisontalt er forurensningen avgrenset til $<30 \mu\text{g/kg}$ mot øst, sør, vest og nordvest. Nord for drengroft er det påvist konsentrasjoner av Σ PFAS mellom 30-150 $\mu\text{g/kg}$ i enkelte av de ytterste prøvepunktene.

Det er beregnet en total mengde Σ PFAS på om lag 17,3 kg fordelt på totalt volum masser på 52 200 m^3 . Størst mengde er beregnet for torvlaget med om lag 10,5 kg Σ PFAS, noe som dels skyldes flere svært høye konsentrasjoner påvist i prøver av torv. For overliggende fyllmasser er det beregnet en mengde Σ PFAS på om lag 6,2 kg. Det er gjennomgående høye konsentrasjoner innenfor hele det undersøkte området med påtruffet torv, og i deler av området er påviste konsentrasjoner i torv over 50 mg/kg som er grensen for når masser må destrueres i henhold til produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen)¹.

Resultater fra prøvetaking av grunnvannsbrønner, samt dreng/overvann viser at det foregår en utlekking og spredning av PFAS fra forurensede masser på feltet. Grunnvannet på feltet strømmer mot nordvest, i retning drengrofter nord og vest for feltet. Det er estimert en spredning fra feltet på mellom 300-700 g/år, og hoveddelen av spredningen ledes via dreng/overvann til utslippsledning på dypt vann i Rottbogen [8].

Basert på forurensningssituasjonen for PFAS i jord og grunnvann, og beregnet spredning fra feltet vurderes det at det er behov for gjennomføring av opprydningstiltak ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ved Tromsø lufthavn.

2.2.2 Aktuelle tiltaksmetoder og tiltaksomfang

En vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er sammenstilt i Tabell 10-2 i Vedlegg 1. Med bakgrunn i vurderinger av disse, er følgende tiltaksmetoder vurdert som aktuelle for lokaliteten:

- Oppgraving med ekstern deponering²
- Oppgraving med ekstern deponering av torv² og vasking av fyllmasser

Ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er de høyeste konsentrasjonene av PFAS påvist i torv som ligger under fyllmasser. Torv sentralt på området overstiger grenseverdi for PFOS på 50 mg/kg i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen), og må i henhold til regelverket destrueres. Aktuell tiltaksmetode for destruksjon av torven er oppgraving og forbrenning.

¹ Grenseverdien for når masser må destrueres iht. POPs forordningen (50 mg/kg) gjelder for PFOS, men er i denne sammenheng benyttet for sum PFAS.

² Tiltaksalternativet vil omfatte ekstern deponering av masser. Torv med konsentrasjoner som overskrider grenseverdi for farlig avfall vil leveres til forbrenning (krav om destruksjon)

Det foreslåtte tiltaksarealet for torv er vist i Figur 2-1, og omfatter i praksis nesten hele arealet hvor det gjennom utførte undersøkelser er påtruffet underliggende torv under fyllmasser. Hvite firkanter markerer prøvepunkter hvor torvlaget ikke er påtruffet ved undersøkelser, og/eller punkter der hvor det ikke har latt seg gjøre å ta opp representative prøver av torvlaget alene, uten innblanding av mineraljord³.

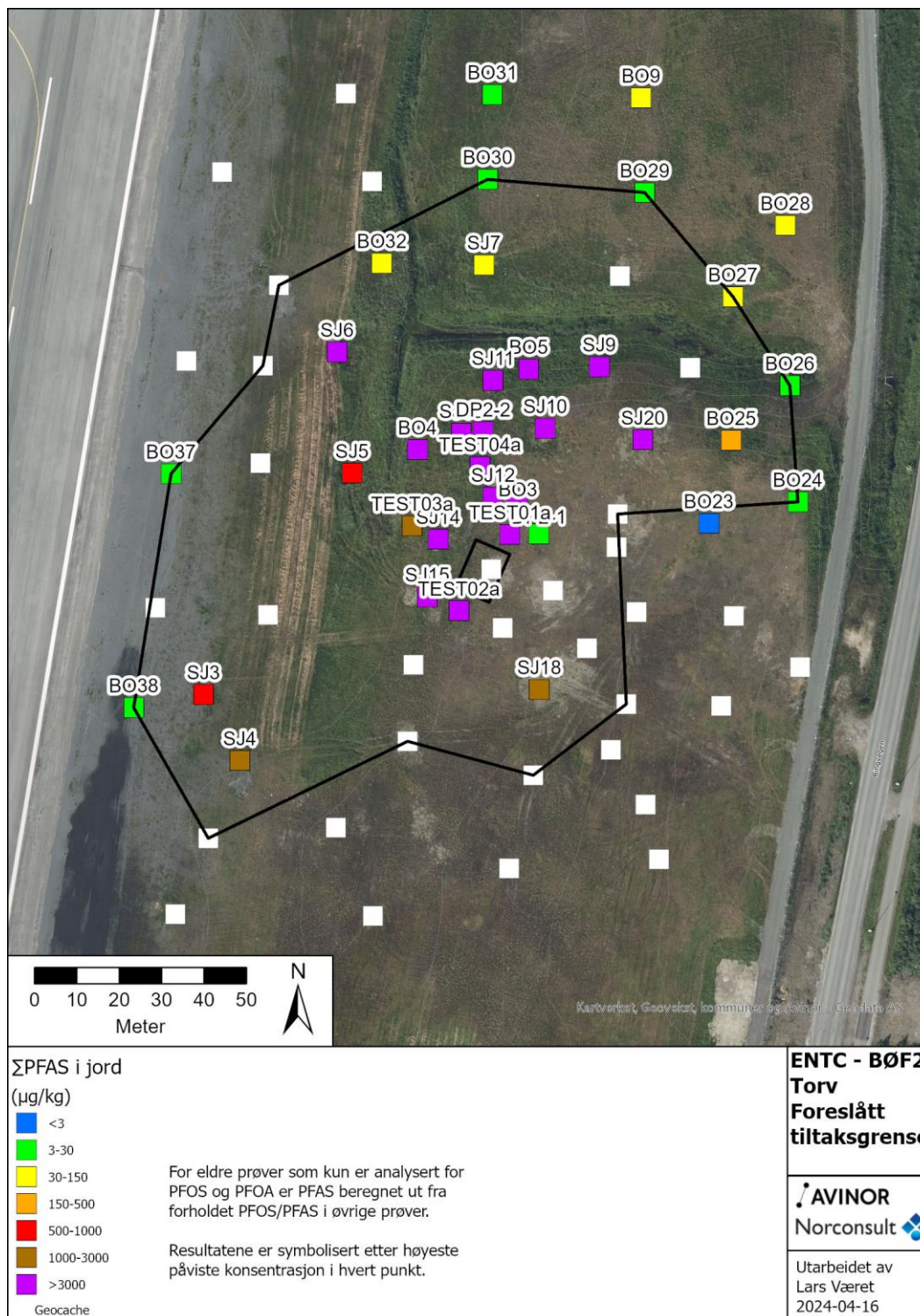
I sørøstlig retning er det ikke forventet at det er torvlag (blant annet basert på at historiske flyfoto viser skog i denne delen av området), men det forventes at torvlaget kan påtreffes innenfor hele det interpolerte arealet for torv ($>3 \mu\text{g/kg}$) (markert med hvitt stripet areal i figuren). De påviste konsentrasjonene av PFAS i torv i prøvepunkter lengst sør er høye ($>1000 \mu\text{g/kg}$). Det må derfor forventes at utgravingen av torv vil omfatte større arealer i sørlig retning enn hva som er interpolert areal for PFAS forurensningen (Figur 2-1).

Foreslått tiltaksareal for torv som må destrueres er vist i Figur 2-2. Interpolert areal for torv med konsentrasjoner av PFAS $>50 \text{ mg/kg}$ er vist med tykk sort strek i figuren. Estimert volum torv som må til destruksjon (720 m^3) er basert på interpolert areal for konsentrasjoner $>25 \text{ mg/kg}$, ettersom det ikke er prøvepunkter som avgrenser arealet med $>50 \text{ mg/kg}$ i alle retninger (gjelder da særlig nord og nordvest). Det kan være behov for avgrensende prøvetaking for dette området. Estimert mengde PFAS i torv innenfor dette arealet er 5,1 kg.

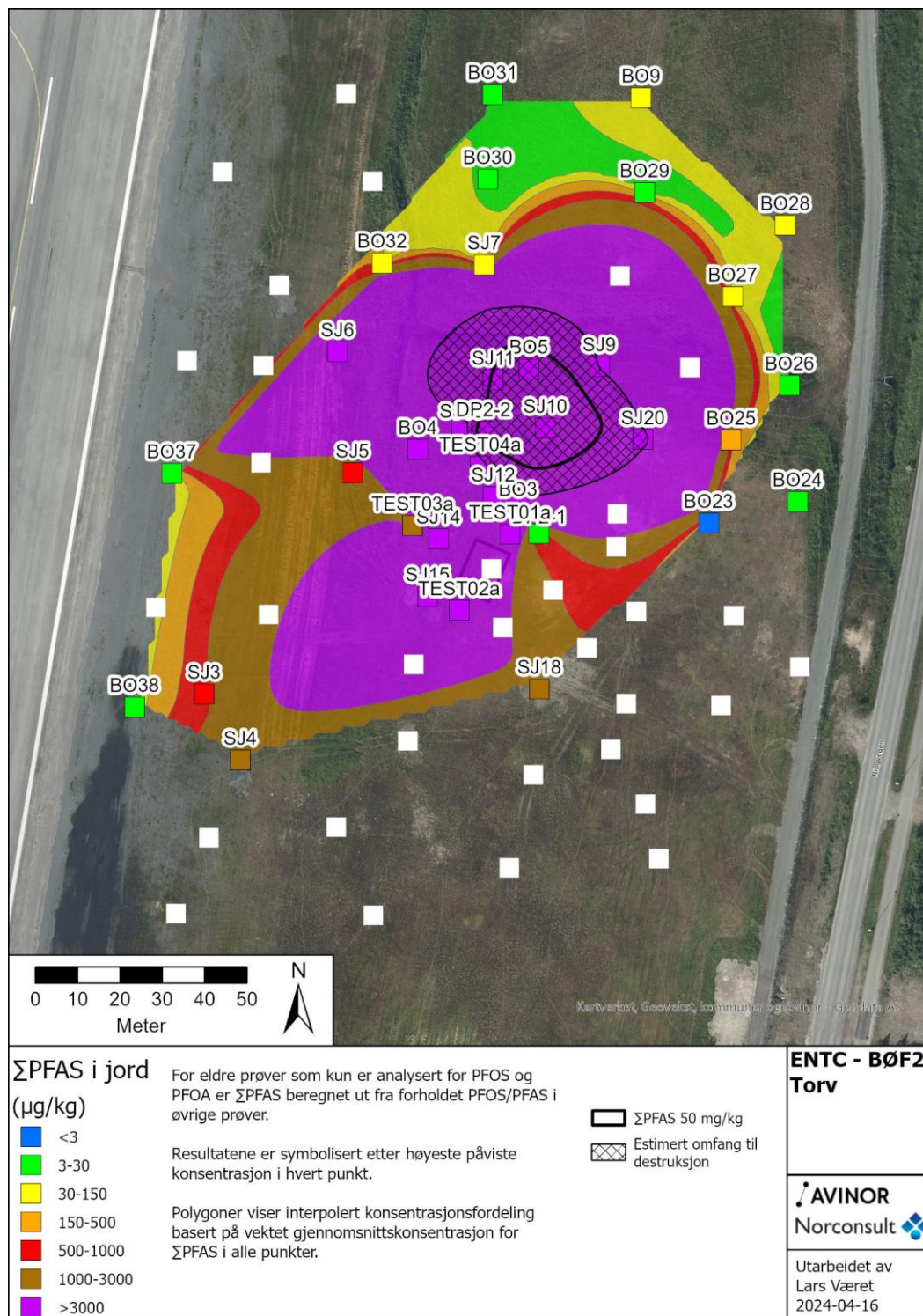
For å komme ned til torvlaget må overliggende fyllmasser innenfor samme areal graves opp (Figur 2-3). Ved å ta utgangspunkt i likt graveareal for fyllmasser som for underliggende torv vil oppgravingen også berøre fyllmasser med relativt lave påviste konsentrasjoner ($<100 \mu\text{g/kg}$), som ellers ikke ville vært omfattet av tiltak. Deler av fyllmassene kan derfor gjenbrukes til tilbakefylling av det utgravde området. For å vurdere omfanget av fyllmasser som kan tilbakelegges er det estimert volum fyllmasser innenfor tiltaksarealet med konsentrasjoner <30 og $<100 \mu\text{g/kg}$, og mengder PFAS i disse massene (Tabell 2-2). Volum masser i tabellen er basert på interpolerte konsentrasjonsgrenser, og det er derfor usikkerhet knyttet til faktisk omfang fyllmasser med konsentrasjoner <30 og $<100 \mu\text{g/kg}$ som kan tilbakelegges. Det kan derfor være behov for avgrensende prøvetaking under utførelse. En tilbakelegging av fyllmasser med konsentrasjoner <30 og $<100 \mu\text{g/kg}$ vil redusere tiltakseffekten med hhv. 0,1 og 0,8 kg PFAS, men kan potensielt bety store kostnadsbesparelser for masser til eksternt mottak.

Estimert tiltaksareal, tiltaksvolum og mengde PFAS i masser som omfattes av oppgraving er vist i Tabell 2-1.

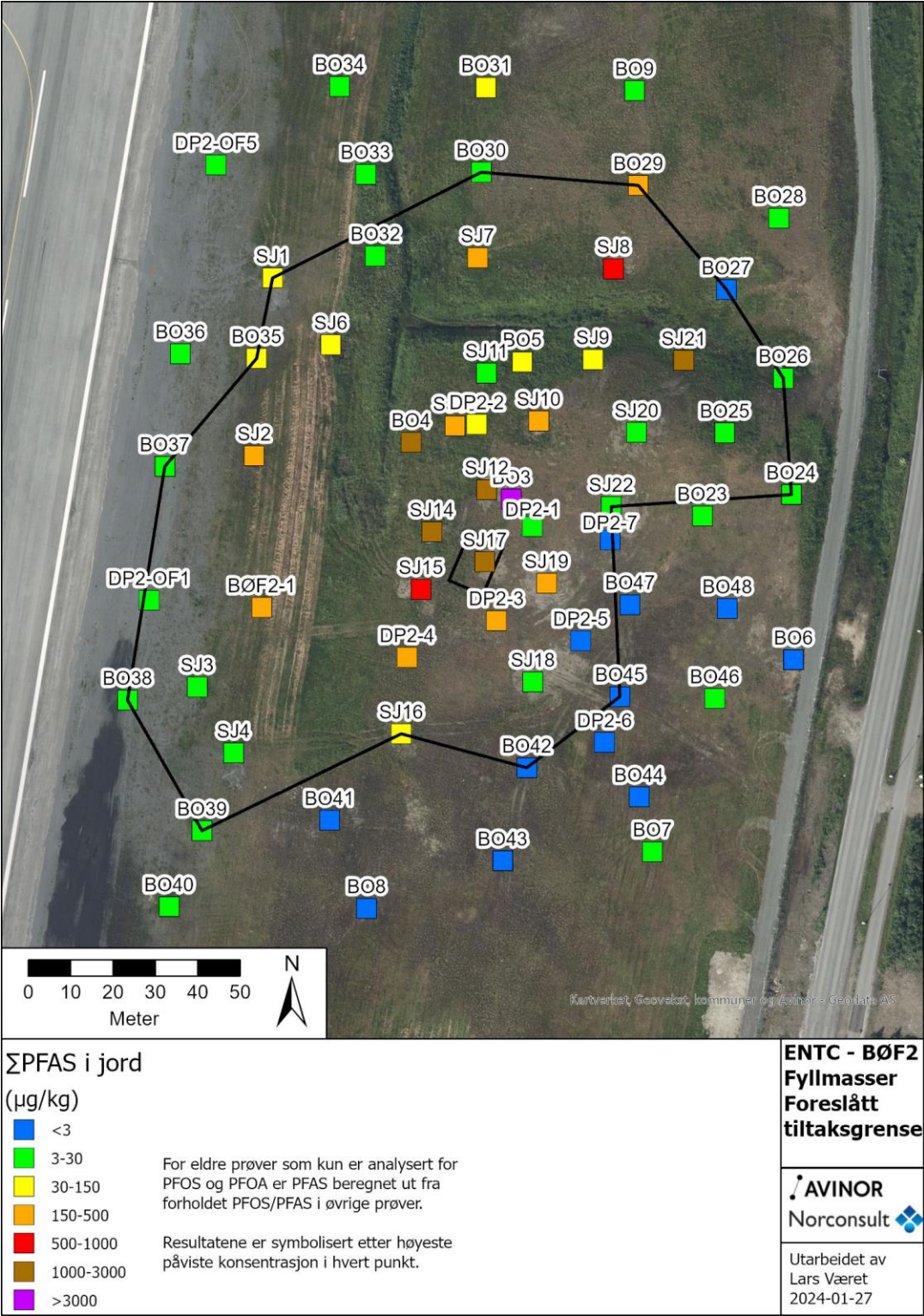
³ Det er noe usikkerhet knyttet til arealmessig utbredelse og konsentrasjoner av PFAS i torv på deler av lokaliteten. Dette da torven under dagens situasjon ligger komprimert under tilførte fyllmasser av stor mektighet. Dette har medført at det i enkelte deler av området har vært vanskelig å få tatt representative prøver av torv, uten innblanding av mineraljord. Prøver av torv med tydelig innblanding av mineraljord (høyt tørrstoffinnhold og lav TOC) er i beregninger og vurderinger ansett å representere fyllmasser, og er ikke benyttet for avgrensning av forurensningsomfang i torvlaget. Det må da tas supplerende prøver under utførelse av tiltak for å avgrense tiltaksomfang og sikre korrekt avhending av torv.



Figur 2-1: Tiltaksomfang for oppgraving av PFAS-forurensset torv ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) (angitt med sort polygon). Resultatene er symbolisert etter høyeste påviste konsentrasjon i torv i hvert prøvepunkt. Hvite firkanter markerer prøvepunkter hvor torvlaget ikke er påtruffet ved undersøkelser, og/eller punkter der hvor det ikke har latt seg gjøre å ta opp representative prøver av torvlaget alene, uten innblanding av mineraljord.



Figur 2-2: Interpolert konsentrasjonsfordeling av PFAS i torv ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2), og estimert tiltaksomfang for torv med konsentrasjoner som overstiger grenseverdi på 50 mg/kg i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen). Hvide firkanter markerer prøvepunkter hvor torvlaget ikke er påtruffet ved undersøkelser, og/eller punkter der hvor det ikke har latt seg gjøre å ta opp representative prøver av torvlaget alene, uten innblanding av mineraljord.



Figur 2-3: Tiltakssomfang for oppgraving av PFAS-forurensset fyllmasse over torv ved gammelt brannøvingfelt (BØF2) (angitt med sort polygon). Resultatene er symbolisert etter høyeste påviste konsentrasjon i fyllmasser i hvert prøvepunkt.

Tabell 2-1: Tiltaksareal, volum masser for utgraving og mengde PFAS innenfor tiltaksarealet (basert på arealer vist i Figur 2-1 og Figur 2-3).

Massetype	Σ PFAS _{gj.snitt} (µg/kg)	Areal* (m ²)	Volum masser (m ³)	Mengde PFAS (kg)	Mengde PFAS/volum (g/m ³)
Fyllmasser	197	14 800	28 200	6,0	0,2
Torv*	10 868	14 800	6400**	10,5	1,6
Mineraljord (leirig silt)	-	-	-	-	-
Totalt			34 600	16,5	0,5

* Interpolert areal for torv er mindre (12 800 m²) enn foreslått tiltaksareal, dette skyldes at faktisk utgravingsareal mot sør forventes noe større enn interpolert areal pga. høye konsentrasjoner (>1000 µg/kg) i ytterste prøvepunkter.

** Av et totalt volum torv på 6400 m³ er det estimert at om lag 720 m³ må til destruksjon (iht. POPs forordningen)..

Tabell 2-2: Volum fyllmasser som potensielt kan tilbakelegges etter oppgraving og fjerning av torv.

Massetype	Volum masser* (m ³)	Mengde PFAS (kg)	Mengde PFAS/volum (g/m ³)
Fyllmasser <30 µg/kg	4900	0,1	0,02
Fyllmasser <100 µg/kg	15 500	0,8	0,05

*Volum masser innenfor tiltaksarealet.

2.3 Utfylt område ved Ørneveien (UOØ)

2.3.1 Forurensningssituasjonen

Resultater fra utført prøvetaking av jord viser de høyeste konsentrasjonene av Σ PFAS (opptil 2700 $\mu\text{g/kg}$) mot øst i det undersøkte området. De høyeste konsentrasjonene er påvist i torv under fyllmassene, men det er også enkelte høye konsentrasjoner i torv uten overliggende fyllmasser og i enkelte prøver av fyllmassene. Analyseresultatene viser generelt lavere konsentrasjoner i prøvepunkter i ytterkant av det utfylte området. I de fleste prøvepunktene er forurensningen avgrenset til konsentrasjoner $<30 \mu\text{g } \Sigma\text{PFAS/kg}$ i dybden. I enkelte av de prøvetatte punktene ble det påtruffet mindre mengder avfall.

Det er beregnet en total mengde Σ PFAS på 4,2 kg fordelt på et totalt volum masser på om lag 30 000 m^3 .

Resultatene fra utført prøvetaking av vann viser høye konsentrasjoner i drengroft nord for UOØ (1300 ng/l), men kun en andel av vannet i dette prøvepunkt kommer fra det utfylte området. Estimert spredning via dreng/overvannssystemet fra UOØ er på 30-40 g/år, og ledes til utslipp i en bekk som renner ut mellom Grindneset og Langnes vest for lufthavnen [8].

Basert på forurensningssituasjonen for PFAS i jord og grunnvann, og beregnet spredning fra feltet vurderes det at det på sikt kan være behov for gjennomføring av opprydningstiltak ved UOØ ved Tromsø lufthavn.

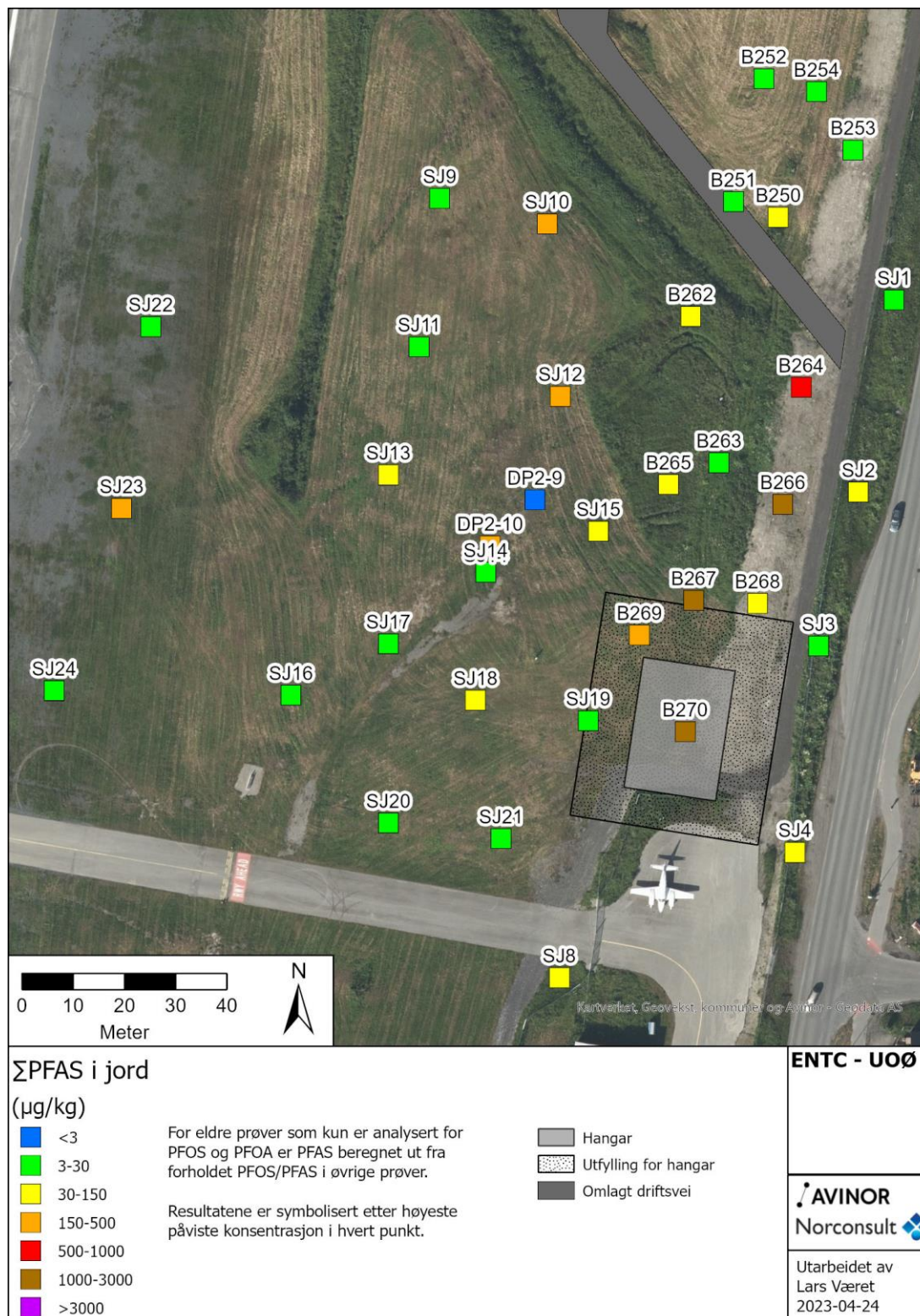
2.3.2 Aktuelle tiltaksmetoder og tiltaksomfang

En vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder ved utfylt område ved Ørneveien (UOØ) er sammenstilt i Tabell 10-3 i Vedlegg 1. Med bakgrunn i vurderinger av disse, er oppgraving med ekstern deponering vurdert som aktuelt primærtiltak.

Ved utfylt område ved Ørneveien (UOØ) ble det i 2021/2022 etablert en hangar til helikopter sentralt på det forurensede området (Figur 2-4). Hangaren er en plasthall/telt som er etablert midlertidig på området frem til et annet hangarområde på vestsiden av rullebanen er ferdig. Det er forventet at det kan bli et langvarig (10-års) perspektiv. Store deler av det mest forurensede området er per i dag derfor under en hangar som forhindrer infiltrasjon av nedbør, og vil føre til redusert spredning av PFAS fra området. I perioden frem til nytt hangarområde på vestsiden av rullebanen kan tas i bruk (10-års perspektiv), er området lite tilgjengelig for gjennomføring av et gravetiltak, som er vurdert som det mest egnede tiltaket for lokaliteten (oppgraving med ekstern deponering, ref. Tabell 10-3 i Vedlegg 1). Gjennomføring et tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser innenfor tilgjengelige arealer vil gi svært lav tiltakseffekt (0,3 kg). På grunn av tilgjengeligheten på området, samt relativt lave mengder PFAS i jord og relativt lav spredning, anbefales det ikke gjennomføring av tiltak før bruken av området skal endres.

Det bør i mellomtiden etableres ett nytt overvåkningspunkt (i grøften vest for området), samt følges opp med videre overvåkning i prøvepunkter i grøftene mot nord (V3-1, V3-2 og V3-3). Ettersom det ikke planlegges tiltak på lokaliteten så lenge området benyttes til hangar for helikopter (>10 års perspektiv), bør det også etableres 3 miljøbrønner nedstrøms det forurensede området for å undersøke og overvåke eventuell spredning av PFAS via grunnvann.

Ved endring av områdets bruk må det gjøres en ny vurdering av aktuelle tiltaksmetoder og tiltaksomfang basert på resultater fra overvåkingen. Vurderinger av tiltak må ses i sammenheng med andre gjennomførte tiltak på lufthavnen, og reduksjon av mengder og spredning på lufthavnen som helhet.



Figur 2-4: Forurensningssituasjonen for PFAS i jord ved utfyllt område ved Ørneveien (UOØ), og lokalisering av hangar på området.

2.4 Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)

2.4.1 Forurensningssituasjonen

Resultater fra utført prøvetaking av jord viser at de høyeste konsentrasjonene av Σ PFAS (1700 $\mu\text{g/kg}$) er påvist i området hvor bygget for den gamle brannstasjonen stod og rett sør for dette, samt i de sørlige delene av deice-området. Her er det påvist konsentrasjoner $>500 \mu\text{g/kg}$ i prøver fra de fleste prøvepunkt. De høyeste konsentrasjonene av Σ PFAS er påvist i fyllmasser over grunnvannsnivå, men i noen punkter også i underliggende skjellsand i overgang til mettete sone. Forurensningen ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) vurderes å være tilstrekkelig avgrenset i horisontal utbredelse. Det er ikke påvist konsentrasjoner av Σ PFAS $>30 \mu\text{g/kg}$ i nordøstre deler av prøvetatt område. Det er heller ikke påvist konsentrasjoner $>30 \mu\text{g/kg}$ helt sør på området, i punktene nærmest rullebanen eller nordvest for gammel brannstasjon. I dypet er forurensningen av Σ PFAS dels mangelfullt avgrenset, men konsentrasjoner i de dypeste prøvene i hvert punkt er i hovedsak $<150 \mu\text{g/kg}$.

Det er for gammel brannstasjon og deice-området (GBS) beregnet en total mengde Σ PFAS på om lag 18,9 kg fordelt på et totalt volum masser på 192 000 m^3 . Størst mengde er beregnet for de øvre 2-3 meterne.

Det er påvist høye konsentrasjoner av Σ PFAS i grunnvann i alle prøvetatte brønner nedstrøms det forurensede området ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS). Konsentrasjonene er særlig høye i grunnvannsbrønnene som ligger nedstrøms deice-plattformen. Det er estimert en spredning fra feltet via utstrømmende grunnvann til sjø på om lag 1000-1200 g/år [8].

Basert på forurensningssituasjonen for PFAS i jord og grunnvann, og beregnet spredning fra feltet, vurderes det at det er behov for gjennomføring av opprydningstiltak ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) ved Tromsø lufthavn.

2.4.2 Aktuelle tiltaksmetoder og tiltaksomfang

En vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) er sammenstilt i Tabell 10-4 i Vedlegg 1. Med bakgrunn i vurderinger av disse, er følgende tiltaksmetoder vurdert som aktuelle for lokaliteten:

- Oppgraving med ekstern deponering
- Oppgraving med vasking av masser
- Rensing av grunnvann

Vasking av masser er vurdert som et mulig aktuelt tiltak ved lokaliteten, men det er ikke utført laboratorieforsøk med masser fra lokaliteten, og det er derfor usikkert om jordvasking er en egnet tiltaksmetode for massene. Det er også usikkerhet knyttet til massenes innhold av finstoff (silt/leire) som er av betydning for andelen filterkake som må leveres til deponi, og det er usikkerhet knyttet til hvilke konsentrasjoner man eventuelt vil klare å oppnå vasking til og effekt av tiltaket samlet sett.

Rensing av grunnvann er vurdert som et aktuelt spredningsreduserende tiltak ved denne lokaliteten. Et tiltak med rensing av grunnvann vil kunne redusere spredningen fra lokaliteten til resipient betydelig med rask virkning etter igangsatt tiltak. Området er benyttet flyoperativt (til deicing og flyoppstilling), og det er store utfordringer med tilgjengelige arealer for flyplassdriften ved Tromsø lufthavn.

Ved dagens situasjon ligger hoveddelen av forurensningen under asfaltert areal, men det er høye konsentrasjoner i grunnvann nedstrøms det forurensede området. Forurensningen er fordelt i både umettet og mettete sone, men spredningen fra lokaliteten antas i hovedsak å komme fra forurensning som ligger i mettete sone og i umettet sone utenfor asfaltert areal. Et tiltak med rensing av grunnvann vil ikke håndtere

den forurensningen som ligger i umettet sone under asfaltert areal, da infiltrasjon gjennom asfaltdekke (nytt dekke i 2023) antas å være svært begrenset.

For tiltaksmetodene som omfatter oppgraving er det utført en vurdering av horisontal avgrensning av tiltak basert på høyeste påviste konsentrasjoner i jord for hver meter ned til 4 meters dyp. Tiltaksomfanget omfatter i hovedsak alle prøvepunkter med påviste konsentrasjoner av PFAS >150 µg/kg for hver meters dyp, som vist i Figur 2-5.

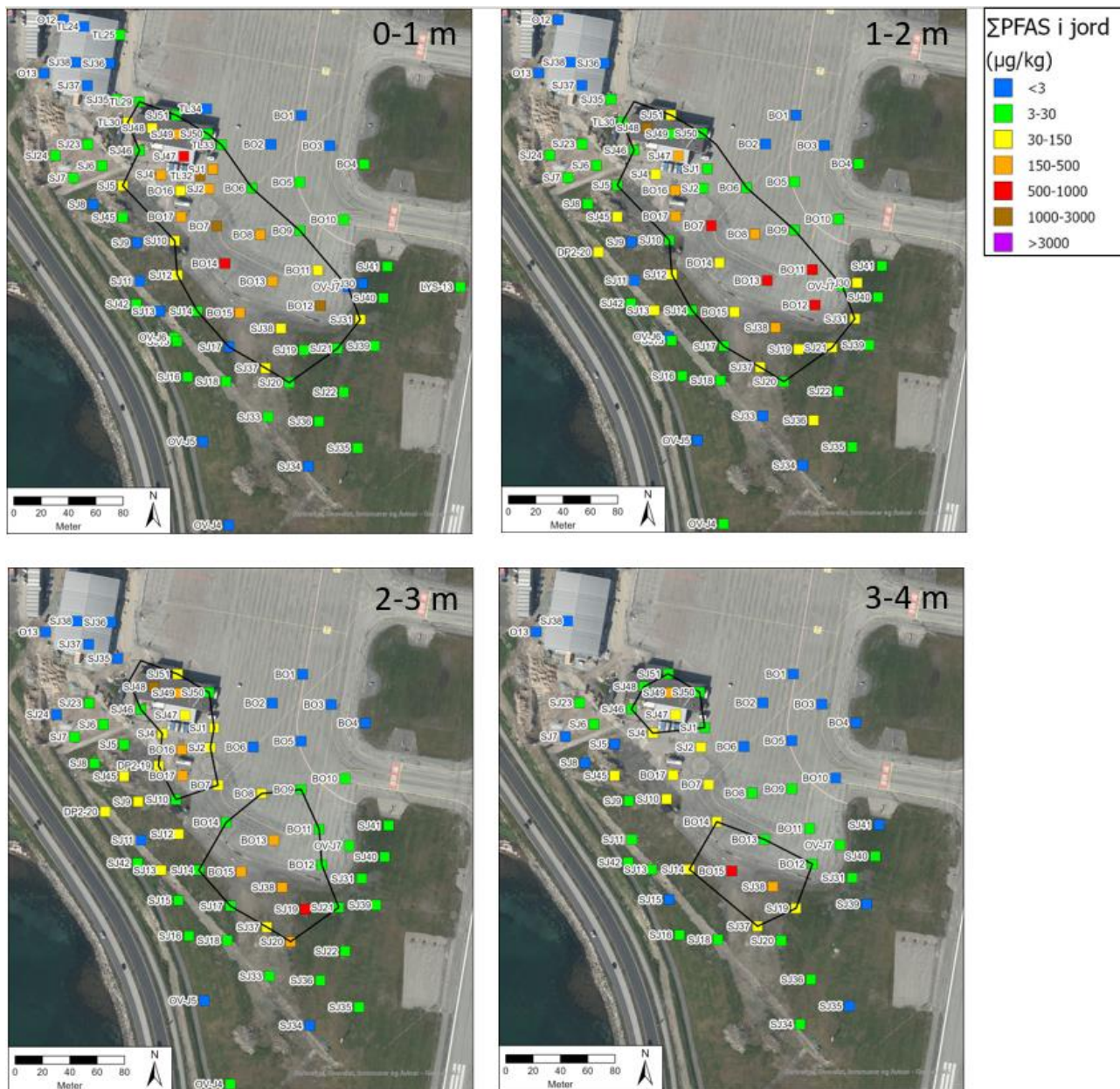
Det valgte tiltaksomfanget er basert på at den estimerte mengden PFAS i masser med konsentrasjoner >500 µg/kg utgjør en lav andel PFAS av total estimert mengde (6,1 av 17,7 kg) [13]. Det forventes derfor at det må gjøres tiltak for masser med konsentrasjonsgrense >150 µg/kg, eller lavere, for å oppnå en tilstrekkelig effekt av tiltaket. Det er videre en forventning om at volumet masser som omfattes av tiltak vil være større enn det interpolerte volumet masser ved hver konsentrasjonsgrense. Dette både på grunn av den faktiske avgrensningen horisontalt og vertikalt, og hensynet til praktisk utførelse.

Estimert tiltaksareal, tiltaksvolum og mengde PFAS i masser som omfattes av oppgraving er vist i Tabell 2-3.

De høyeste konsentrasjonene og største mengdene er påvist i masser ned til 2-3 meters dyp, og et tiltak til disse gravedybene vil omfatte hoveddelen av forurensningen.

Tabell 2-3: Tiltaksareal, volum masser for utgraving og mengde PFAS for hver meters dybde ved gammel brannstasjon (GBS) og deice-område ved en tiltaksgrense på >150 µg PFAS/kg (Figur 2-5).

Dyp	$\sum \text{PFAS}_{\text{gj.snitt}}$ (µg/kg)	Areal (m ²)	Volum masser (m ³)	Mengde PFAS (kg)	Mengde PFAS/volum (g/m ³)
0-1 m	370	16 000	16 000	6,4	0,4
1-2 m	281	16 000	16 000	4,9	0,3
2-3 m	211	9900	9900	2,6	0,3
3-4 m	112	4900	4900	0,8	0,2
4-5 m	-	-	-	-	-
Totalt alle dybdeintervaller			46 800	14,7	0,3



Figur 2-5: Tiltaksomfang for oppgraving av PFAS-forurensede masser ved gammel brannstasjon (GBS). Resultatene er symbolisert etter høyeste påviste konsentrasjon for hver meter ned til 4 meters dyp.

3 Kostnadsberegninger

Det er beregnet kostnader og kost/effekt for tiltaksmetoder som er vurdert som aktuelle for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) og gammel brannstasjon og deice-området (GBS) (jfr. vurderinger i kap. 2). Hensikten med å beregne kostnader for tiltak er å kunne vurdere kost/effekt ved opprydding på lokaliteten, samt å få en oversikt over totale kostnader for tiltak. Kostnadsberegningene er utført på skissenivå, og det er ikke utført detaljutredninger. Det er ikke utført kostnadsberegninger for et eventuelt fremtidig tiltak ved Utfyllt område ved Ørneveien (UOØ).

For å estimere mest mulig realistiske kostnader for tiltak er det innhentet priser fra entreprenører, deponier og leverandører av ulike tiltaksløsninger, samt erfaringstall fra Avinor fra tidligere gjennomførte oppryddingstiltak. Avinor har den senere tid gjennomført oppryddingstiltak med oppgraving og ekstern deponering ved flere lokaliteter, slik at erfaringstallene som da er lagt til grunn antas å være nokså representative for markeds- og konkurransesituasjonen slik den er i dag.

Basert på opplysninger fra ulike aktører er det satt priser som antas å være realistiske for hver lokalitet, og som kan brukes i en overordnet vurdering av kostnader. En slik innhenting av priser, hvor man ikke er i reell anskaffelse og konkurransesituasjon, vil imidlertid medføre at kostnadene som legges til grunn innehar en betydelig usikkerhet. Prisene vil også speile markedet slik det er i dag, med mulighet for at disse kan endre seg fram mot en fremtidig gjennomføring av tiltak.

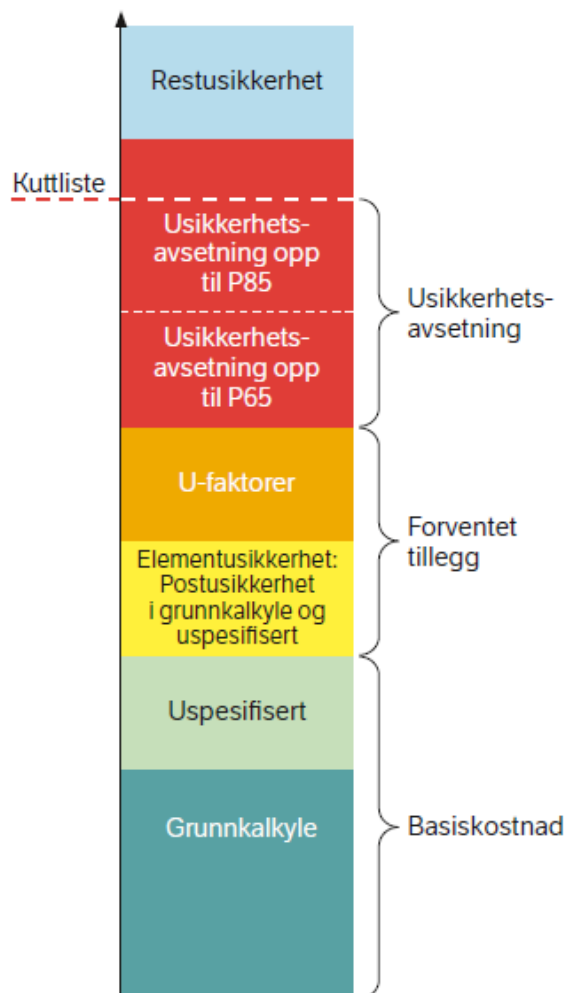
For kostnadsberegningene er prinsippene for kostnadsoverslag etter Anslagsmetoden til Statens vegvesen lagt til grunn [17]. Kostnadsoverslag etter Anslagsmetoden er oppbygd som vist i Figur 3-1. Kostnadsestimater for ulike alternative tiltak og tiltaksomfang er presentert som basiskostnad (grunnkalkyle + uspesifisert; jfr. Figur 3-1), og det er denne som er lagt til grunn ved beregning av kost/effekt for de ulike tiltakene som presentert i kap.3.1.2 og 3.2.2.

Kostnadsoverslaget (basiskalkyle) er bygget opp etter en kalkylestruktur med følgende hovedposter:

- Masseutskifting
- Tekniske installasjoner
- Byggherrekostnader
- Uspesifisert

Uspesifiserte kostnader er inkludert i beregningene (basiskalkyle), da dette omfatter kostnader som er forventet, men som ikke er tilstrekkelig kartlagt eller utredet på grunn av manglende detaljeringsgrad. Denne kostnaden er angitt som et prosentanslag på 10 % for tiltak med oppgraving og ekstern deponering, og 20 % for øvrige tiltaksmetoder. Merverdiavgift (mva) er ikke inkludert i basiskalkylen.

Basiskalkylen vil legges til grunn for usikkerhetsanalyse som gjennomføres i regi av Avinor. Usikkerhetsanalysen ender opp med usikkerhetselementer som legges til basiskalkylen, og som da gir en forventet totalkostnad (P50) (*mest sannsynlige kostnad*) og kostnadsramme (P85) for foreslått tiltaksalternativ.



Figur 3-1: Skisse som viser hvordan et kostnadsoverslag etter Anslagsmetoden bygges opp [17].

Følgende overordnede forutsetninger er lagt til grunn for kostnadsberegningene:

- Prisnivå 4. kv 2023/ 1. kv 2024
- Plannivå: skisseprosjekt
- Kalkylemessig plassering og behandling av:
 - Entreprenørens rigg og drift – egen post
 - Byggeledelse og byggherrens rigg – egen post
 - Prosjekterings- og undersøkelseskostnader – egen post
- Byggherre: Avinor
- Finansieringsform: Bevilgning
- Utllysning/konkurranseform: Utførelsesentreprise
- Antatt byggestart: 2025-2027
- Forventet anleggsperiode: 2-3 mnd

I tillegg til de overordnede forutsetningene, er det lagt til grunn en del stedsspesifikke forutsetninger for kostnadsberegning av tiltakene. Disse er nærmere omtalt for hhv. gammelt brannøvingsfelt (BØF2) i kap.

3.1.1, samt gammel brannstasjon og deice-området (GBS) i kap. 3.2.1. Hvordan den faktiske anleggsgjennomføringen vil foregå bestemmes i detaljeringsfasen, og forutsetninger for kostnadsberegningene vil derfor være gjenstand for endringer.

3.1 Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)

Det er for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) beregnet kostnader for:

- Oppgraving med ekstern deponering
- Oppgraving og vasking av masser

Begge tiltaksalternativer innebærer at torv med konsentrasjoner av $\sum \text{PFAS} > 50 \text{ mg/kg}$ leveres til destruksjon (forbrenning).

3.1.1 Forutsetninger

Hvordan den faktiske anleggsgjennomføringen vil foregå bestemmes i detaljeringsfasen, men det er lagt til grunn følgende forutsetninger i kostnadsberegningene for tiltak ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2):

- Masser graves ut etappevis i delområder. Først graves fyllmasser innenfor aktuelt delområde ut, og deretter underliggende torv.
- Det er for kostnadsberegningene lagt til grunn sortering av fyllmasser, og at utsortert andel grove fraksjoner ($> 20 \text{ mm}$) som kan gjenbrukes er ca. 30%.
- Ved behov for mellomlagring av forurensede masser er det lagt til grunn at disse mellomlagres nært utgravingsområdet, på tett dekke med oppsamling av vann, eller på områder med tilsvarende forurensningsgrad inne på tiltaksområdet.
- Det legges til grunn at grunnvannsnivået senkes i forkant av oppgraving av masser som ligger under grunnvannsnivå, slik at forurensede masser kan graves ut i tørr gravegrop.
- Det er for kostnadsestimatet lagt til grunn at det etableres anlegg med sugespisser for senkning av grunnvannsnivå ned til under maksimalt utgravingsnivå for utgravingsetappen. For utgraving av masser under grunnvannsnivå er det lagt til grunn delområder med senket grunnvannsnivå.
- Det er estimert kostnader for at vann fra gravegrop, samt avrenning fra mellomlager, renses med et mobilt (kontainerbasert) renseanlegg, med utslipp av rensset vann fra gravegrop til overvannssystemet som ledes fra BØF2 til resipient Rottbogen.
- Kostnader for mobilisering/tilrigging av vaskeanlegg inngår kun i kostnadsberegningene for gammel brannstasjon og deice-området (GBS), da det legges til grunn at et tiltak med vasking av fyllmasser ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) forutsetter vasking av masser også ved GBS.
- Det er ved vasking av masser lagt til grunn at gjennomsnittlig konsentrasjon i tilbakelagte masser vil være $50 \mu\text{g/kg}$. Det er ikke utført labforsøk med vasking av fyllmasser fra BØF2, og det er stor usikkerhet knyttet til om massene er egnet for vasking, samt hvilke konsentrasjoner som kan oppnås i masser etter vasking.
- På grunn av nærhet til rullebane forventes det at det ikke kan etableres et vaskeanlegg ved BØF2, og det er derfor lagt til grunn en transportkostnad for å flytte masser som skal vaskes fra BØF2 til området ved GBS.
- Avhengig av tiltaksmetode lastes forurensede masser opp på biler for transport til godkjent deponi, eller vaskes i mobilt vaskeanlegg sør for området for gammel brannstasjon og deice-området (GBS).

Det legges i beregningene til grunn at forurensede masser og/eller filterkake (forurensset rest av finstoff fra vaskeprosessen) enten transporteres med lastebil direkte til deponi, eller transporteres til havn og lastes over på båt for videre transport sjøvegen med levering til mottak direkte fra båt. Filterkake er anslått å utgjøre ca. 20 % av det totale volumet masser vasket.

- Ved oppgraving med ekstern deponering er det lagt til grunn at tiltaksområdet tilbakefylles til tilsvarende terrengnivå som i dag.
- Det er lagt til grunn at masser innenfor 75 m fra senterlinje rullebane (ned til 0,5 m under terreng) har tilstrekkelig kvalitet til å ivareta krav til planert sikkerhetsområde.
- Det er lagt til grunn at deler av oppgravde fyllmasser (konsentrasjoner $<30 \mu\text{g/kg}$ eller $<100 \mu\text{g/kg}$) fylles tilbake i gravegropen, i tillegg til utsortert grovfraksjon og eksterne rene masser etter behov. Ettersom det er betydelige volum med overskuddsmasser i andre prosjekter på lufthavnen, er det også lagt til grunn at en andel av massene som tilbakefylles er egnede omdisponeringsmasser fra andre prosjekter på lufthavnen med tilstrekkelig kvalitet. Dette må vurderes nærmere i en detaljprosjektering.
- Det forutsettes at rene masser for tilbakefylling i byggegrop er tilgjengelig lokalt i Tromsø-området og/eller at slike masser kan mellomlagres på/nær lokaliteten frem til anvendelse.
- Det er forutsatt en koordinering av oppgraving, opplasting og transport som fører til at graveentreprenør og transportører vil kunne jobbe relativt jevnt uten mye ventetid.
- Det forventes basert på lokalisering og avstand til rullebane at tiltaksgjennomføringen ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) vil påvirkes av hensynet til flysikkerhet og drift ved lufthavnen.
- Det er lagt til grunn ekstra kostnader for arbeider nært rullebane i drift, som vil medføre behov for nattarbeid innenfor 90 m fra senterlinje i svært begrensede tidsvindu (3-6 t). Det kan imidlertid hende at arbeidene kan utføres i forbindelse med planlagt reasfaltering av rullebanen i 2025, da dette potensielt vil kunne gi mulighet for sammenhengende arbeidstid innenfor 90 m fra rullebanen på inntil 12 t i tiltaksperioden. Det bemerkes at hverken gjennomføringstidspunkt eller arbeidstid innenfor 90m fra rullebanen er endelig avklart p.t.

3.1.2 *Kostnader*

Beregnete basiskostnader for tiltaksalternativene (1) oppgraving med ekstern deponering og (2) oppgraving med ekstern deponering og vasking av fyllmasser ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er vist i Tabell 3-1. I tabellen vises også kostnad per mengde PFAS fjernet (kr/kg PFAS) for tiltaksalternativ med tilbakelegging av fyllmasser med konsentrasjoner av PFAS $<30 \mu\text{g/kg}$ og $<100 \mu\text{g/kg}$. Effekt av tiltak er i tabellen angitt både som antall kg PFAS fjernet, og som mengde PFAS fjernet i % av total beregnet mengde i jord på lokaliteten.

Ettersom det ikke er utført labforsøk med vasking av fyllmasser fra BØF2, er det følgelig stor usikkerhet knyttet til om massene er egnet for vasking, samt hvilke konsentrasjoner som kan oppnås i masser etter vasking. Ved å legge til grunn at gjennomsnittlig konsentrasjon i tilbakelagte masser vil være $50 \mu\text{g/kg}$, blir effekten av tiltaket blir noe lavere ($1,5 \text{ kg}$) sammenlignet med oppgraving med ekstern deponering.

Tabell 3-1: Beregnet basiskostnad og kost/effekt for tiltaksalternativene oppgraving med ekstern deponering og oppgraving med ekstern deponering av torv og vasking av fyllmasser ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2), med ulike alternativer for tilbakelegging av fyllmasser som ligger over forurensset torv (<30 µg/kg og <100 µg/kg). Tiltaksarealet er vist i Figur 2-1 (torv) og Figur 2-3 (fyllmasser).

Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)						
Oppgraving med ekstern deponering**						
Tilbakelegging av fyllmasser	Basiskostnad (NOK)	Volum masser oppgravd (m ³)	Volum fyllmasser tilbakelagt (m ³)	Effekt (kg PFAS)	Effekt (% PFAS fjernet av total mengde i jord)*	Kost/effekt (kr/kg PFAS)
<30 µg/kg	kr 89 800 000	34 600	4900	16,4	95	kr 5 500 000
<100 µg/kg	kr 73 400 000	34 600	15 500	15,7	91	kr 4 700 000
Oppgraving med ekstern deponering av torv** og vasking av fyllmasser***						
Tilbakelegging av fyllmasser	Basiskostnad (NOK)	Volum masser oppgravd (m ³)	Volum fyllmasser vasket (m ³)	Effekt (kg PFAS)	Effekt (% PFAS fjernet av total mengde i jord)*	Kost/effekt (kr/kg PFAS)
<30 µg/kg	kr 97 600 000	34 600	16 200	14,9	86	kr 6 600 000

* Total estimert mengde PFAS i jord ved BØF2 er 17,3 kg (>3 µg/kg).

** Tiltaksalternativet vil omfatte ekstern deponering av masser. Torv med konsentrasjoner som overskrider grenseverdi for farlig avfall vil leveres til forbrenning (krav om destruksjon).

*** Kostnad for mobilisering og tilrigging av mobilt vannrenseanlegg er inkludert i basiskostnad for GBS.

3.2 Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)

For gammel brannstasjon og deice-området (GBS) er det beregnet kostnader for tiltakene:

- Oppgraving med ekstern deponering
- Oppgraving og vasking av masser
- Rensing av grunnvann (pump and treat)

3.2.1 Forutsetninger

Hvordan den faktiske anleggsgjennomføringen vil foregå bestemmes i detaljeringsfasen, men det er lagt til grunn følgende forutsetninger i kostnadsberegningene for aktuelle gravetiltak ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS):

- Masser graves ut etappevis i delområder. Det forventes at en andel av fyllmassene 0-2 meter på området kan sorteres, og at disse ved sortering vil gi en utsortert andel grove fraksjoner (>20 mm) som kan gjenbrukes på mellom 35%-50%.
- Ved behov for mellomlagring av forurensede masser er det lagt til grunn at disse mellomlagres nært utgravingsområdet, på tett dekke med oppsamling av vann, eller på områder med tilsvarende forurensningsgrad inne på tiltaksområdet.
- Det legges til grunn at grunnvannsnivået senkes i forkant av oppgraving av masser som ligger under grunnvannsnivå, slik at forurensede masser kan graves ut i tørr gravegrop.
- Det er for kostnadsestimatet lagt til grunn at det etableres anlegg med sugespisser for senkning av grunnvannsnivå ned til under maksimalt utgravingsnivå for utgravingsetappen. For utgraving av masser under grunnvannsnivå er det lagt til grunn delområder med senket grunnvannsnivå.
- Det er estimert kostnader for at vann fra gravegrop, samt avrenning fra mellomlager, renses med et mobilt (kontainerbasert) renseanlegg, med utslipp av rensset vann fra gravegrop til overvannssystemet som ledes fra GBS til resipient Giæverbukta.
- Det er ved vasking av masser lagt til grunn at gjennomsnittlig konsentrasjon i tilbakelagte masser vil være 50 µg/kg. Det er ikke utført labforsøk med vasking av fyllmasser fra GBS, og det er stor usikkerhet knyttet til om massene er egnet for vasking, samt hvilke konsentrasjoner som kan oppnås i masser etter vasking.
- Avhengig av tiltaksmetode lastes forurensede masser opp på biler for transport til godkjent deponi, eller vaskes i mobilt vaskeanlegg sør for området for gammel brannstasjon og deice-området (GBS). Det legges i beregningene til grunn at forurensede masser og/eller filterkake (forurensset rest av finstoff fra vaskeprosessen) enten transporteres med lastebil direkte til deponi, eller transporteres til havn og lastes over på båt for videre transport sjøvegen med levering til mottak direkte fra båt. Filterkake er anslått å utgjøre ca. 20 % av det totale volumet masser vasket.
- Ved oppgraving med ekstern deponering er det lagt til grunn at tiltaksområdet tilbakefylles til tilsvarende terrengnivå som i dag, og reetableres henhold til lufthavnens krav til området og bruken av dette for flyoppstilling.
- Det er lagt til grunn at det fylles tilbake utsortert grovfraksjon og eksterne rene masser i gravegropen etter behov.
- Det forutsettes at rene masser for tilbakefylling i byggegrop er tilgjengelig lokalt i Tromsø-området og/eller at slike masser kan mellomlagres på/nær lokaliteten frem til anvendelse.

- Det er forutsatt en koordinering av oppgraving, opplasting og transport som fører til at graveentreprenør og transportører vil kunne jobbe relativt jevnt uten mye ventetid.
- Det er forutsatt at det er mulig å få til stengeperiode for det aktuelle området.
- Det forventes basert på lokalisering og avstand til rullebane og flyoperative områder at tiltaksgjennomføringen ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) vil påvirkes av hensynet til flysikkerhet og drift ved lufthavnen.

For et tiltak med rensing av grunnvann (pump and treat) legges det til grunn avskjæring av utstrømmende grunnvann nedstrøms kildeområdet med brønner for utpumping av PFAS-forurensset grunnvann. Utpumpet grunnvann skal renses i vannrenseanlegg, og det legges opp til utslipp til resipient (Giæverbukta) på dypt vann. Område for mulig etablering av pumpebrønnrekke er vist i Figur 3-2. For robusthet i løsningen legges det til grunn etablering av brønner med 193 mm casing, 2 m filterseksjon (134 mm stålfiler med 0,2 mm slisseåpning) og gruskasting, samt 4" senkpumpe i hver brønn). Det legges videre til grunn behov for minimum en brønn per om lag 30-40 m normalt på strømningsretningen, noe som gir seks pumpebrønner nedstrøms GBS og deice-området. Det legges til grunn boredyp på 4-6 m. Det presiseres her at dette er en mulig løsning som er lagt til grunn for kostnadsberegninger på skissenivå, hvor faktisk løsning og utforming av brønnsystem vil måtte vurderes nærmere i en eventuell videre prosjektering av tiltaket.

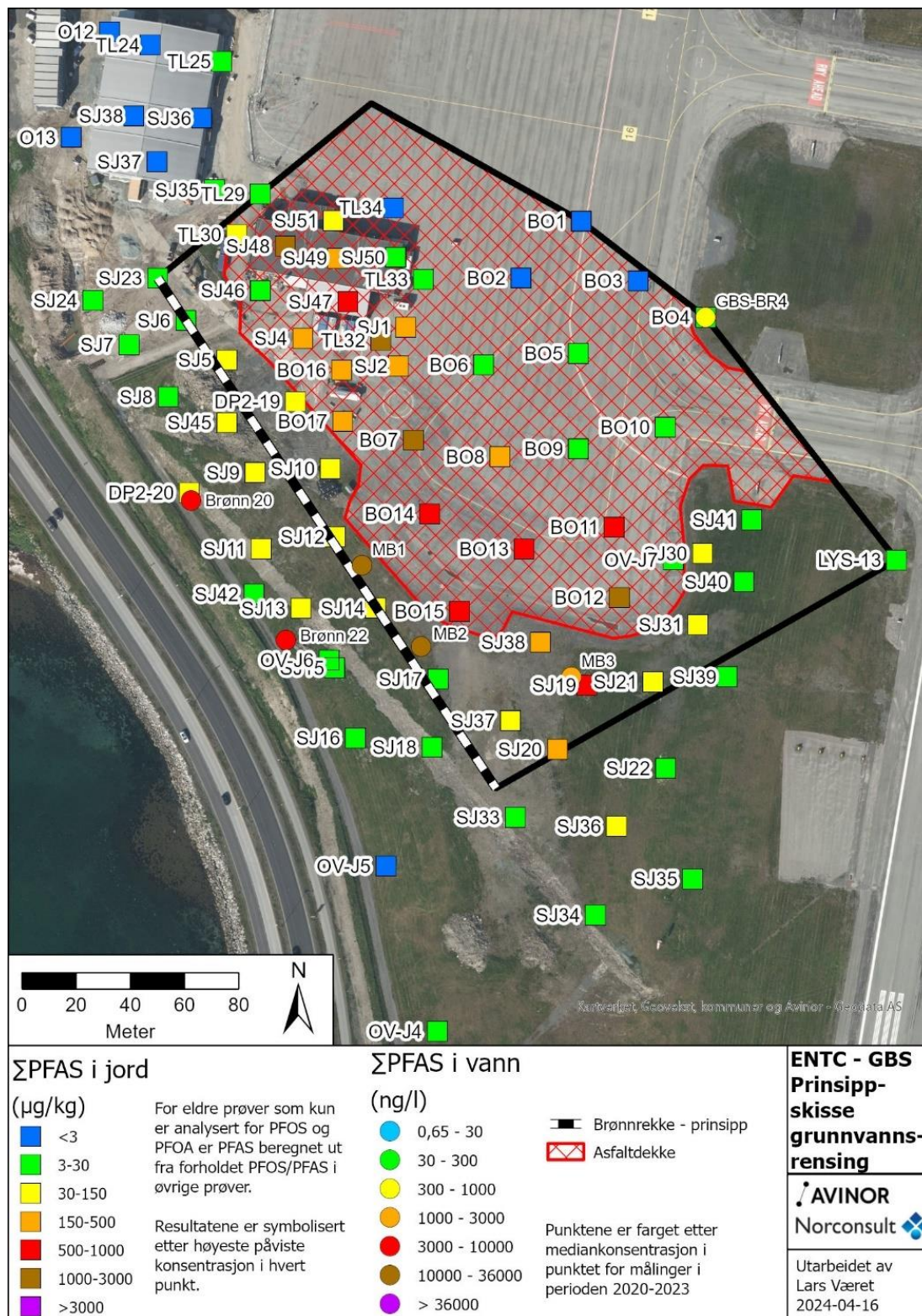
Tiltaket er avgrenset til å omfatte område med konsentrasjoner i jord $>150 \mu\text{g/kg}$ (tilsvarer tiltaksarealet for et tiltak med oppgraving av PFAS-forurensede masser som vist i Figur 2-5). Området med konsentrasjoner i jord $>150 \mu\text{g/kg}$ dekker i all hovedsak det mest forurensede området ved GBS og deice-området.

Videre er det for beregning av kostnader for tiltak med rensing av grunnvann (pump and treat) lagt til grunn følgende:

- Det er lagt til grunn en kapasitet på renseanlegg på 5 l/s for kostnadsberegningene, men faktisk kapasitetsbehov må vurderes nærmere i videre detaljutredning etter supplerende undersøkelser.
- Etablering av renseløsning med forbehandling i form av sandfiltrering, og videre filtrering gjennom filter bestående av aktivt kull og/eller ionebytter. Det foreligger begrenset grunnlag for å si noe om forventet innkommende vannkvalitet, men det er påvist enkelte høye konsentrasjoner av avisingskjemikalier (propylenglykol) i grunnvannet vår, sommer og høst. Det må i videre prosjektering gjøres nærmere vurderinger av hvilken betydning dette kan ha for prosessløsning og driftskostnader for anlegget, og mulige tiltak for å redusere belastningen av avisingskjemikalier inn på anlegget.
- Plassering i en avstand på om lag 100-200 m fra inntakspunkt, og at renseanlegget etableres i eksempelvis en kontainerbasert løsning eller plasthall.
- Investeringskostnader for tiltakene med rensing av grunnvann er i hovedsak beregnet ut fra enhetspriser for identifiserte anleggs-elementer og for enkelte elementer beregnet som prosentandel av øvrige kostnader basert på erfaringstall.
- Det er for kostnadsberegninger lagt til grunn henholdsvis 10, 20, 30 og 40 års varighet av tiltaket med grunnvannsrensning. Ved lengre varigheter for tiltaket enn 20 år, er det lagt til grunn at den reelle investeringskostnaden øker pga. behov for reinvestering i vannrenseanlegget, ettersom den forventede levetiden for noen av komponentene er 20 år eller mindre. Tiltak med rensing av grunnvann skiller seg fra øvrige tiltak ved at en betydelig del av totalkostnadene vil bestå av løpende driftskostnader. Jo lenger varighet av tiltaket, jo større andel av totalkostnaden utgjøres av

driftskostnadene. Det er lagt til grunn en kalkulasjonsrente på 4,0 % for beregning av nåverdi av driftskostnadene. Det er en betydelig usikkerhet knyttet til driftskostnadene, og da spesielt knyttet til behov for skifte og avhending av filtermaterialer.

- Kostnader for maskin og prosess er kalkulert på komponentnivå. Det er benyttet erfaringstall for komponentkostnader basert på tilsvarende utstyrsleveranser i andre prosjekter (ikke for rensing av PFAS, men samme type komponenter til andre formål).
- Det er lagt til byggherrekostnader som dekker prosjektering, oppfølging og byggeledelse. Videre er det lagt på rigg og drift for arbeider utført i utførelsesentreprise.



Figur 3-2: Høyeste påviste konsentrasjoner av PFAS i jord ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS), samt sort og hvit linje som angir område for mulig etablering av pumpebrønner.

3.2.2 *Kostnader*

Beregnete basiskostnader for tiltaksalternativet oppgraving med ekstern deponering ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) er vist i Tabell 3-1. I tabellen vises også kostnad per mengde PFAS fjernet (kr/kg PFAS) for tiltaksalternativ med ulike gravedybder (2, 3 og 4 meter under terreng). Effekt av tiltak er i tabellen angitt både som antall kg PFAS fjernet, og som mengde PFAS fjernet i % av total beregnet mengde i jord på lokaliteten.

Ettersom det ikke er utført labforsøk med vasking av fyllmasser fra GBS, er det følgelig stor usikkerhet knyttet til om massene er egnet for vasking, samt hvilke konsentrasjoner som kan oppnås i masser etter vasking. Ved å legge til grunn at gjennomsnittlig konsentrasjon i tilbakelagte masser vil være 50 µg/kg, blir effekten av tiltaket blir noe lavere (1,6-2,9 kg) sammenlignet med oppgraving med ekstern deponering.

Tabell 3-2: Beregnet basiskostnad og kost/effekt for tiltaksalternativene oppgraving med ekstern deponering og vasking av masser ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS), med ulike alternativer for gravedyp (2, 3 og 4 meter under terreng). Tiltaksarealet er vist i Figur 2-5.

Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)					
Oppgraving med ekstern deponering					
Gravedybde (m)	Basiskostnad (NOK)	Volum masser oppgravd (m ³)	Effekt (kg PFAS)	Effekt (% PFAS fjernet av total mengde i jord)*	Kost/effekt (kr/kg PFAS)
0-2 m	kr 104 600 000	32 000	11,2	60	kr 9 300 000
0-3 m	kr 134 100 000	41 900	13,9	73	kr 9 700 000
0-4 m	kr 148 500 000	46 700	14,7	78	kr 10 100 000
Oppgraving med vasking av masser					
0-2 m	kr 121 500 000	32 000	9,6	51	kr 12 600 000
0-3 m	kr 147 900 000	41 900	11,4	60	kr 13 000 000
0-4 m	kr 160 700 000	46 700	11,7	62	kr 13 700 000

* Total estimert mengde PFAS i jord ved GBS er 18,9 kg (>3 µg/kg).

Beregnet basiskostnad (nåverdi) for tiltak med rensing av grunnvann (pump and treat) ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) er gitt i Tabell 3-3. Det er beregnet kostnader for henholdsvis 10, 20, 30 og 40 års varighet av tiltaket. Kostnader for et tiltak med rensing av grunnvann består av både investeringskostnader og driftskostnader, hvor andelen driftskostnader vil variere avhengig av tiltakets varighet.

Tabell 3-3: Beregnet basiskostnad som nåverdi for tiltak med rensing av grunnvann (pump and treat) ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS). Kostnader i NOK.

Antall år/Avskrivningstid	10	20	30	40
Kalkulasjonsrente	4,0 %	4,0 %	4,0 %	4,0 %
Investeringskostnader	23 300 000	23 300 000	23 300 000	23 300 000
Annuitetsfaktor	12 %	7 %	6 %	5 %
Driftskostnader	1 370 000	1 370 000	1 370 000	1 370 000
Nåverdi driftskostnader	11 100 000	18 600 000	23 600 000	27 100 000
Reinvestering fra år 21			3 000 000	3 000 000
Nåverdi	34 400 000	41 900 000	50 000 000	53 400 000

Beregnet kost/effekt for et tiltak med rensing av grunnvann er vist i Tabell 3-4. Det er for beregning av kost/effekt lagt til grunn en årlig mengde PFAS fjernet på om lag 900-1000 g/år de første 10 årene av tiltaket. Etter 10 år er det lagt til grunn en årlig mengde PFAS fjernet på om lag 100 g/år. Dette er basert på beregnet årlig spredningsmengde fra gammel brannstasjon og deice-området (GBS) via grunnvann på 1000-1200 g/år ved dagens situasjon (jf. kap. 6 i tiltaksplanens del 1), samt en redusert spredning i årene etter at PFAS i mettet sone er fjernet. Det er da lagt til grunn at man klarer å etablere brønner som ved pumping fanger det meste av det forurensede grunnvannet fra feltet, og at anlegget driftes på en måte som gjør at man klarer å opprettholde en høy rensegrad for PFAS (>90%).

For et tiltak med rensing av grunnvann vil det til enhver tid være faktisk spredningsmengde (antall g PFAS) som er styrende for hvilken effekt man kan oppnå ved tiltaket. Resultatene av beregningene av kostnader og effekt viser at et tiltak med rensing av grunnvann ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) vil ha en relativt høy effekt de første årene etter etablering, men at effekten av tiltaket målt som antall kg PFAS fjernet vil avta betydelig etter om lag 10 år. Den reduserte renseeffekten er som følge av at det forventes at større deler av forurensningen som i dag ligger i mettet sone etter den tid er vasket ut, og spredningsmengden er tilsvarende redusert. Tiltaket vil også måtte gå over svært lang tid for å oppnå en høy samlet effekt av tiltaket. Etter 20 år er det beregnet at den gjenværende mengden PFAS er ca. 68 % av den totale mengden PFAS i jord, etter 30 år om lag 62 % og etter 40 år om lag 56 %. Denne gjenværende mengden vil da være PFAS som ligger i umettet sone under asfaltert areal, og som i liten grad bidrar til spredning grunnet antatt svært begrenset infiltrasjon gjennom asfaltdekket.

Tabell 3-4: Beregnet kost/effekt for tiltak med rensing av grunnvann (pump and treat) ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS).

Tiltakets varighet (år)	Basiskostnad (NOK)	Effekt (kg PFAS)	Gjenliggende mengde PFAS* (%)	Kost/effekt (kr/kg PFAS)
10	34 400 000	4,4	74	7 800 000
20	41 900 000	5,4	68	7 800 000
30	50 000 000	6,5	62	7 700 000
40	53 400 000	7,6	56	7 000 000

* Total estimert mengde PFAS i jord ved GBS er 18,9 kg (>3 µg/kg). Gjenliggende mengde PFAS er beregnet basert på mengde PFAS fjernet ved tiltak, inkl. spredning i perioden for tiltakets varighet.

4 Foreslåtte tiltak

For å redusere uakseptabel forurensning og spredning av PFAS ved Tromsø lufthavn foreslås det tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser for gammelt brannøvingsfelt (BØF2), og rensing av grunnvann for gammel brannstasjon og deice-området (GBS). Stedsspesifikke miljømål og tiltaksmål, foreslåtte tiltak og tiltaksomfang er nærmere beskrevet i kapitlene under. Det er også gitt en overordnet beskrivelse av hvordan tiltakene skal gjennomføres og overvåkning av tiltakene i hhv. kap. 5 og 6.

4.1 Stedsspesifikke miljømål og tiltaksmål

Overordnede miljømål for Avinors lufthavner og stedsspesifikke miljømål for Tromsø lufthavn er gitt i kap.

1.3.1. Som beskrevet i kap. 1.3.2 anses ikke de overordnede miljømålene for Avinors lufthavner som oppnådd ved dagens forurensningssituasjon.

Basert på en gjennomgang av forurensningssituasjonen med tilhørende risikovurdering (tiltaksplanens del 1 [8]), vurderinger av aktuelle tiltaksmetoder og utførte kostnadsberegninger, foreslås følgende stedsspesifikke miljømål for tiltak ved Tromsø lufthavn:

- Mengden PFAS i jord ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) skal reduseres med 90% sammenliknet med dagens situasjon
- Spredning fra Tromsø lufthavn skal reduseres med 85% sammenliknet med dagens situasjon.
- Spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn skal *ikke være til hinder for* at vannforskriftens miljømål om god økologisk og kjemisk tilstand på sikt skal kunne oppnås i resipientene, Sandnessundet, Giæverbukta og Rottbogen.
- PFAS-forurensningen ved Tromsø lufthavn skal ikke utgjøre en risiko for human helse ved opphold på eller omkring lufthavnen eller ved inntak av fisk fra områdene i sjø utenfor lufthavna.
- PFAS-forurensningen ved Tromsø lufthavn skal på lengre sikt ikke utgjøre en risiko for akvatiske og terrestriske arter som lever i sjøen og områdene utenfor lufthavnen.

For å kunne oppnå dette foreslås følgende tiltaksmål for tiltak ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) og gammel brannstasjon og deice-området (GBS):

- Tiltaket skal omfatte fjerning av forurensning i masser på gammelt brannøvingsfelt (BØF2) med konsentrasjoner av $\sum \text{PFAS} > 150 \mu\text{g/kg}$
- Tiltaket skal omfatte rensing av utstrømmende grunnvann nedstrøms det forurensede området ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) med reduksjon av årlig spredningsmengde på 90% sammenliknet med dagens situasjon.

For tiltak med rensning av grunnvann er det ikke foreslått en gitt varighet. Det vil være resultater fra den løpende overvåkingen av tiltaket som vil være styrende for når tiltaket skal avsluttes. Det forventes at tiltaket vil kunne avsluttes når spredningsmengden uten rensing er <10% av dagens spredning fra lokaliteten.

4.2 Foreslåtte tiltak og tiltaksomfang

4.2.1 Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)

Det er beregnet at det ligger 17,3 kg PFAS i jord ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ved Tromsø lufthavn. Estimert spredning fra det forurensede området er 300-700 g/år.

For gammelt brannøvingsfelt ved Tromsø lufthavn foreslås et tiltak med oppgraving og ekstern deponering av alle masser med konsentrasjon av Σ PFAS >150 $\mu\text{g/kg}$. Det er beregnet en betydelig mengde PFAS (15,7 kg) innenfor et volum masser på om lag 19 100 m^3 , noe som gir en kost/effekt for tiltaket på 4,6 MNOK/kg PFAS (jfr. Tabell 3-1). Basiskostnad for tiltaket er anslått til 73,4 MNOK.

Det er for foreslått tiltaksareal estimert at totalt 34 600 m^3 masser må graves opp. De høyeste konsentrasjonene er påvist i torv som ligger under fyllmasser. Ved å ta utgangspunkt i likt graveareal for fyllmasser som for underliggende torv vil oppgravingen også berøre fyllmasser med relativt lave påviste konsentrasjoner (<100 $\mu\text{g/kg}$), som ellers ikke ville vært omfattet av tiltak. Deler av fyllmassene (15 500 m^3) kan derfor gjenbrukes til tilbakefylling av det utgravde området.

Torv sentralt på området som overstiger grenseverdi for PFOS på 50 mg/kg i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen), må i henhold til regelverket destrueres. Aktuell tiltaksmetode for destruksjon av torven er forbrenning. Det er estimert at om lag 720 m^3 torv må til destruksjon, og estimert mengde PFAS innenfor dette volumet er 5,1 kg.

Det foreslåtte tiltaket vil innebære at om lag 90% av kjent mengde forurensning fjernes fra lokaliteten (15,7 kg av totalt 17,3 kg), og er estimert å medføre en reduksjon i årlig spredningsmengde fra feltet på 90% sammenliknet med dagens situasjon (jfr. Tabell 4-1).

En tiltaksgrense på 150 $\mu\text{g/kg}$ vil medføre en gjenværende mengde på om lag 1,6 kg PFAS etter tiltak.

De foreslåtte tiltakene ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) vil ikke komme i berøring med registrerte viktige naturverdier eller kulturminner.

4.2.2 Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)

Samlet er det beregnet at det ligger om lag 18,9 kg PFAS i jord ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) ved Tromsø lufthavn. Estimert spredning er 1000-1200 g/år, hvor hoveddelen av bidraget til dagens spredning antas å komme fra forurensning i mettet sone. Selv om de største mengdene PFAS her ligger i umettet sone, så antas utlekking fra umettet sone å være begrenset som følge av at en stor andel ligger under asfaltert dekke som medfører begrenset infiltrasjon til underliggende masser. Det bemerkes også at området ved deice-plattformen ble reasfaltert våren 2023, og at dette forventes å bidra til ytterligere begrensning i infiltrasjon til underliggende masser og grunnvann i dette området sammenliknet med situasjonen før reasfaltering. Spredningsestimatet på 1000-1200 g/år antas opprettholdt de nærmeste årene, men forventes deretter å avta relativt raskt som følge av at det vil være svært lite forurensning igjen i mettet sone, og begrenset utlekking fra umettet sone.

Hovedandelen av forurensningen ligger under asfaltert område for lufthavnens deice-plattform sør, og er av hensyn til lufthavndrift lite tilgjengelig for oppgraving. Det er behov for at deice-området benyttes til avising av fly frem til ny sentral deice-plattform er ferdig (innen desember 2027). Tromsø lufthavn er per i dag den lufthavnen med størst utfordringer knyttet til tilgjengelige arealer for flyplassdriften. Det pågår mange bygge og graveprosjekter på lufthavnen (blant annet sentral deice-plattform, flyoppstillingsplasser, bygging i terminalområdet, reasfalteringsprosjekter osv.). Mange byggeprosjekter i tillegg til generell plassmangel for regulær flyplassdrift, gjør at operative områder på lufthavnen er svært krevende å stenge da det ikke er andre områder som kan benyttes i mellomtiden. Sammen med svært høye totalkostnader og dårlig

kost/effekt for et grave/deponeringstiltak, foreslås grunnvannsrensing som spredningsreducerende tiltak. Foreslått tiltak er antatt å bidra til om lag 90% reduksjon i spredningsmengde fra lokaliteten til Giæverbukta. Tiltaket forventes å gi en spredning etter igangsetting av tiltak på om lag 100-120 g/år på kort sikt (<10 års drift) og 10-15 g/år på lengre sikt (>10 års drift). Med forventet fortsatt lav utlekking fra umettet sone, og dermed lav spredning på lang sikt, vil tiltaket ha begrenset effekt på mengde PFAS i jord. Det er etter 10 års drift av grunnvannsrensetiltak estimert en gjenværende mengde i jord på om lag 14 kg, noe som utgjør om lag 75 % av beregnet mengde i jord før tiltak.

Rensing av grunnvann er en løsning som medfører behov for vedlikehold og oppfølging gjennom anleggets levetid. Som beskrevet forventes tiltaket å ha god effekt gjennom reduksjon i spredning til resipient, men begrenset tiltakseffekt for mengder i jord som følge av forventet lav utlekking fra umettet sone til grunnvann under asfaltert område. Det er for kostnadsberegningene i kap. 3.2.1 lagt til grunn henholdsvis 10, 20, 30 og 40 års varighet av tiltaket med grunnvannsrensning, med en beregnet gjenværende mengde i jord på om lag 10,5 kg etter 40 år.

De foreslåtte tiltakene ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) vil ikke komme i berøring med registrerte viktige naturverdier eller kulturminner.

4.3 Spredning og risiko etter tiltak

Oversikt over estimerte mengder PFAS i jord (kg), spredning av PFAS (g/år), samt tiltakseffekt i form av gjenværende mengde i jord og spredningsreduksjon etter foreslåtte tiltak for å hindre uakseptabel spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn er vist i Tabell 4-1.

Samlet er det estimert at det ligger om lag 41 kg PFAS i jord ved de fire hovedkildene til spredning fra Tromsø lufthavn (BØF1, BØF2, UOØ og GBS). Beregnet total spredning fra lokalitetene er mellom 1,4-2,0 kg PFAS/år, hvorav hovedandelen av spredningen kommer fra gammel brannstasjon og deice-området (GBS) (1,0-1,2 kg), og gammelt brannøvingsfelt (BØF2) (0,3-0,7 kg).

For å redusere uakseptabel forurensning og spredning av PFAS ved Tromsø lufthavn er det foreslått tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser for gammelt brannøvingsfelt (BØF2), og rensing av grunnvann for gammel brannstasjon og deice-området (GBS). Samlet vil de foreslåtte tiltakene kunne bidra til å fjerne om lag 20 kg PFAS, noe som utgjør ca. 50 % av total beregnet mengde i jord på Tromsø lufthavn før tiltak. Reduksjon i årlig spredningsmengde etter tiltak er estimert til 90% sammenliknet med dagens situasjon (Tabell 4-1).

Tabell 4-1: Oversikt over estimerte mengder PFAS i jord (kg), beregnet spredning av PFAS (g/år), samt estimert tiltakseffekt i form av gjenværende mengde i jord og spredningsreduksjon etter foreslåtte tiltak for å redusere uakseptabel spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn.

Beregnet mengde i jord				
	Total mengde før tiltak	Tiltakseffekt foreslått tiltak	Gjenværende mengde etter tiltak	Tiltakseffekt
	kg	kg	kg	%
BØF1	0,6	0	0,6	0
BØF2*	17,3	15,7	1,6	90
OUØ	4,2	0	4,2	0
GBS**	18,9	4,4	14,1	23
Totalt Tromsø lufthavn	41	20,1	20,5	49

Beregnet spredning				
	Total spredning før tiltak	Tiltakseffekt foreslått tiltak	Spredning etter tiltak	Sprednings- reduksjon
	g/år	g/år	g/år	%
BØF1	35-45	-	35-45	0
BØF2*	300-700	270-630	30-70	90
OUØ	30-40	-	30-40	0
GBS - tidlig fase (≤ 10 år)**	1000-1200	900-1080	100-120	90
GBS - sen fase (≥ 10 år)**	110-130	100-115	10-15	90
<i>Totalt (tidlig fase GBS)</i>	<i>1365-1985</i>	<i>1170-1710</i>	<i>195-275</i>	<i>90</i>
<i>Totalt (sen fase GBS)</i>	<i>475-915</i>	<i>370-745</i>	<i>105-170</i>	<i>90</i>
Totalt Tromsø lufthavn	1400-2000		200-280	85

* For tiltakseffekt mengde i jord ved BØF2 er det lagt til grunn at fyllmasser med konsentrasjon < 100 ug/kg legges tilbake. For tiltakseffekt i form av redusert spredning fra BØF2 er det lagt til grunn tilsvarende tiltakseffekt som beregnet for mengde i jord (90%), dvs. at det antas at spredningen sett over tid vil reduseres med tilsvarende prosentandel som fjernet mengde i jord.

** For tiltakseffekt mengde i jord er det lagt til grunn beregnet 90 % effekt i RA ved 10 år drift for grunnvannsrensetiltak. For gjenværende mengde i jord er det også tatt høyde for de 10 % (0,4 kg) som potensielt ikke fanges av tiltaket. For spredning er det lagt til grunn høy spredning fra mettet sone + utlekking fra umettet sone i første del av 10-årsperioden, deretter avtagende mot kun utlekking fra umettet sone

Risiko etter tiltak

Som beskrevet i kap. 1.3.2 anses ikke de overordnede miljømålene for Avinors lufthavner som oppnådd ved dagens forurensningssituasjon.

De foreslåtte tiltakene for å redusere uakseptabel spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn er rettet mot de to hovedkildene til spredning; gammel brannstasjon og deice-området (GBS), og gammelt brannøvingsfelt (BØF2). Etter at tiltakene er utført vil det være en estimert gjenværende mengde PFAS i jord på om lag 20

kg, og en total spredning fra lufthavnen på 200-280 g/år (forutsatt en minimum varighet på 10 år for tiltak med rensing av grunnvann, som vist i Tabell 4-1).

Selv om det vil være en høy gjenværende mengde i jord, forventes tiltakene å bidra til redusert risiko for akvatiske og terrestriske arter som lever i bløtbunnsområdet utenfor lufthavnen, med redusert potensiale for videre opptak og akkumulering av PFAS i næringskjedene. Særlig gjelder dette gammel brannstasjon (GBS) og deice- området, hvor risikoen for akvatiske og terrestriske arter per i dag anses å være høyest. Det er for denne lokaliteten estimert en gjenværende spredning etter tiltak på kun 10-15 g/år (forutsatt minimum 10 års varighet av tiltaket). Det forventes også at et tiltak med rensing av grunnvann relativt kort tid etter igangsettelse av tiltak vil resultere i reduserte konsentrasjoner av PFAS i grunnvann som strømmer ut til sjø, og i strandbiota i Giæverbukta. Det anses derfor som sannsynlig at konsentrasjonene i strandbiota vil kunne reduseres til under EQS_{biota} i løpet relativt få år etter igangsatt tiltak.

5 Gjennomføring av tiltak

Det er i kapitlene under gitt en overordnet beskrivelse av hvordan tiltakene skal gjennomføres. Det foreligger p.t. ikke tilstrekkelig grunnlag til å gi en detaljert beskrivelse av gjennomføringen. Det planlegges for supplerende undersøkelser som vil kunne gi et bedre grunnlag for videre prosjektering og detaljering av gjennomføring av tiltakene.

5.1 Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)

5.1.1 Oppgraving og sortering av masser

Det foreslåtte tiltaket omfatter oppgraving og deponering av torv innenfor et tiltaksområde på om lag 14 800 m², som vist i Figur 2-1, hvorav deler av området (vist i Figur 2-2) omfatter torv som må leveres til destruksjon (forbrenning). For å grave ut torv må overliggende fyllmasser graves ut innenfor tilsvarende graveareal (Figur 2-3).

Gjennomsnittlig gravedyp innenfor tiltaksarealet er på 2 meter. Det er ca. 1 meters gravedyp vest mot rullebane, samt lengst øst, og 3-4 meters dyp sentralt på feltet (nærmere beskrevet i kap. 5.1.8).

Oppgravde fyllmasser med konsentrasjoner av Σ PFAS <100 µg/kg mellomlagres og tilbakelegges på det utgravde området. Oppgravde fyllmasser med konsentrasjoner av Σ PFAS >100 µg/kg sorteres ved bruk av sorteringsskuff eller sikteverk. Grovfraksjonen >20 mm forventes å være ren, og legges til side for gjenbruk på stedet, mens fraksjon <20 mm transporteres til godkjent mottak. Forurensning av PFAS antas å være knyttet til fraksjon <20 mm, men av praktiske hensyn kan det være behov for sortering på en grovere fraksjon (eks. <50 mm). Dette må vurderes nærmere i en detaljeringsfase. Ved behov legges masser og ev. annet påtruffet avfall på mellomlager før transport til deponi på lastebil eller båt.

5.1.2 Tilbakefylling og istandsetting

Det legges opp til at det utgravde område erstattes med oppgravde fyllmasser med konsentrasjoner <100 µg/kg, utsortert grovfraksjon, overskuddsmasser fra andre prosjekter på lufthavnen med tilstrekkelig kvalitet, og ev. rene tilførte masser. Til sammen skal tilbakefylte masser gi ønsket terrengutforming og grunnforhold i tråd med ønsket arealbruk. Det er ved dagens terrengutforming en overskridelse av krav til terrenghøyde (permanente hinder), slik at det kan være aktuelt å tilbakeføre østlig del av området til et noe lavere terrengnivå.

Om det er egnede omdisponeringsmasser med tilstrekkelig kvalitet fra andre prosjekter på lufthavnen som kan benyttes for tilbakefylling må vurderes nærmere i en detaljeringsfase. Omdisponeringsmasser fra andre prosjekter på lufthavnen må forventes å ha konsentrasjoner av Σ PFAS inntil 20 µg/kg. Prosjekt med bygging av ny sentral deice-plattform på Tromsø lufthavn har et betydelig masseoverskudd som er egnet for gjenbruk på lufthavnområdet. Totale mengder PFAS i disse massene er lave (ca. 0,5 kg) [18]. I forbindelse med forberedende arbeider for ny sentral deice-plattform, har Statsforvalteren i Troms og Finnmark i tillatelse av juni 2022 satt akseptkriterier for jord [19]. Akseptkriteriene gjelder under gravearbeidet, og ved håndtering av jordmasser. Øvre grense for omdisponering av masser med PFAS er i tillatelsen satt til 20 µg Σ PFAS/kg. Ved gjennomføring av en risikovurdering og ev. tiltak mot infiltrasjon av massene er den øvre grensen satt til 100 µg Σ PFAS/kg. Selv om denne tillatelsen gjelder for gravearbeider knyttet til forberedende arbeider for ny sentral deice-plattform på Tromsø lufthavn, forventes det at tilsvarende akseptkriterier for omdisponering/gjenbruk av masser vil kunne bli gjeldende også i andre prosjekter på lufthavnen, herunder for tiltaket ved BØF2.

5.1.3 Hensyn til lufthavndrift

Det legges opp til at egen risikoanalyse for lufthavndrift gjennomføres som del av senere for-/detaljprosjektering. Det forventes basert på lokalisering og avstand til rullebane at tiltaksgjennomføringen ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) vil påvirkes av hensynet til flysikkerhet og drift ved lufthavnen. Det forventes at arbeider nært rullebane i drift vil medføre behov for nattarbeid innenfor 90 m fra senterlinje i svært begrensede tidsvindu (3-6 t). Det kan imidlertid hende at arbeidene kan utføres i forbindelse med planlagt reasfaltering av rullebanen i 2025 (jf. kap. 5.1.9 og 7), da dette potensielt vil kunne gi mulighet for sammenhengende arbeidstid innenfor 90 m fra rullebanen på inntil 12 t i tiltaksperioden. Det bemerkes at hverken gjennomføringstidspunkt eller arbeidstid innenfor 90m fra rullebanen er endelig avklart p.t.

Tilgang til masser nært rullebanen er særlig problematisk ettersom BØF2 ligger nesten midt på banelengden. Dette fører til at det er krevende å stenge deler av rullebanen på en slik måte at ambulanseberedskapen kan opprettholdes. I ytterste konsekvens kan det føre til at man ikke kommer til alle massene som foreslås å fjernes (dette gjelder masser innenfor 90 m fra senterlinje rullebane).

5.1.4 Mellomlagring av masser

Ved behov for mellomlagring av forurensede masser med konsentrasjoner over akseptgrensen for tiltaksområdet er det lagt til grunn at disse mellomlagres nært utgravingsområdet, på tett dekke med oppsamling av vann, eller på områder med tilsvarende forurensningsgrad inne på tiltaksområdet. Etablering av mellomlager må tilpasses rullebanens hinderplan, og forventes å måtte etableres utenfor 140 m fra senterlinje rullebane.

5.1.5 Massedisponeringsplan

Overordnet plan for massedisponering er vist i Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Planlagt disponering av masser for tiltak med oppgraving og ekstern deponering.

Massetype	Midlertidig disponering/ mellomlager	Sluttdisponering
Vegetasjonsdekke	Kan bli behov	Leveres til godkjent mottak
Fyllmasser	Mellomlagres	<100 µg PFAS/kg: Tilbakelegges på lokaliteten etter tiltak
	Sorteres ut og mellomlagres	Grovfraksjon (>20 mm): Tilbakelegges på lokaliteten etter sortering
	Kan bli behov	>100 µg PFAS/kg: Leveres til godkjent mottak
Torv	Kan bli behov	Leveres til godkjent mottak
	Kan bli behov	> 50 mg PFAS/kg: Leveres til destruksjon (forbrenning)
Omdisponeringsmasser fra andre prosjekter på lufthavnen (av tilstrekkelig kvalitet)	Kan bli behov	<20 µg PFAS/kg: Fylles inn som erstatning for fjernede masser

5.1.6 Vann i gravegrop under anleggsarbeider

Foreslått tiltaksomfang for oppgraving av PFAS-forurensede masser ligger dels under grunnvannsnivå (basert på målinger av grunnvannsnivå i miljøbrønner på BØF2). Det forventes derfor behov for midlertidig senkning av grunnvannsnivå for å kunne grave tørt i nedre del av utgravningsområdet. Det foreligger per nå ikke grunnlag for å vurdere hvilken metode for midlertidig senkning av grunnvannsnivå som er best egnet på lokaliteten, eller hvilke vannmengder som kan forventes. Det må gjøres supplerende undersøkelser for nærmere vurdering av dette i detaljutredningsfase. Det vil blant annet legges opp til peilinger av grunnvannsnivå på ulike nedbørsforhold for å få et bedre bilde av forventede vannmengder fra gravegrop.

Oppsamlet vann fra gravegrop, samt avrenning fra mellomlager, renses med et mobilt (kontainerbasert) vannrenseanlegg med rensetrinn for partikler og PFAS. Renset vann ledes til utslipp via overvannssystemet fra BØF2 som har dykket utløp til resipient Rottbogen.

5.1.7 Risiko for spredning av forurensning i anleggsfasen

Oppgraving og håndtering av masser vil medføre risiko for spredning av forurensning under anleggsarbeidene. Dette kan bl.a. være tilknyttet massehåndtering (feildisponering, søl under transport, støvflukt mm.) eller manglende/utilstrekkelig vannhåndtering (ukontrollert avrenning av forurensset vann fra graveområde og/eller mellomlager, overløpshendelser mm.). Det vil som del av videre prosjektering utarbeides risikovurdering for ytre miljø, plan for avbøtende tiltak, samt program for overvåkning under og etter tiltaksfasen. Videre vil det i samarbeid med valgt entreprenør bli utarbeidet beredskapsplan i tilfelle uønskede og uforutsette hendelser.

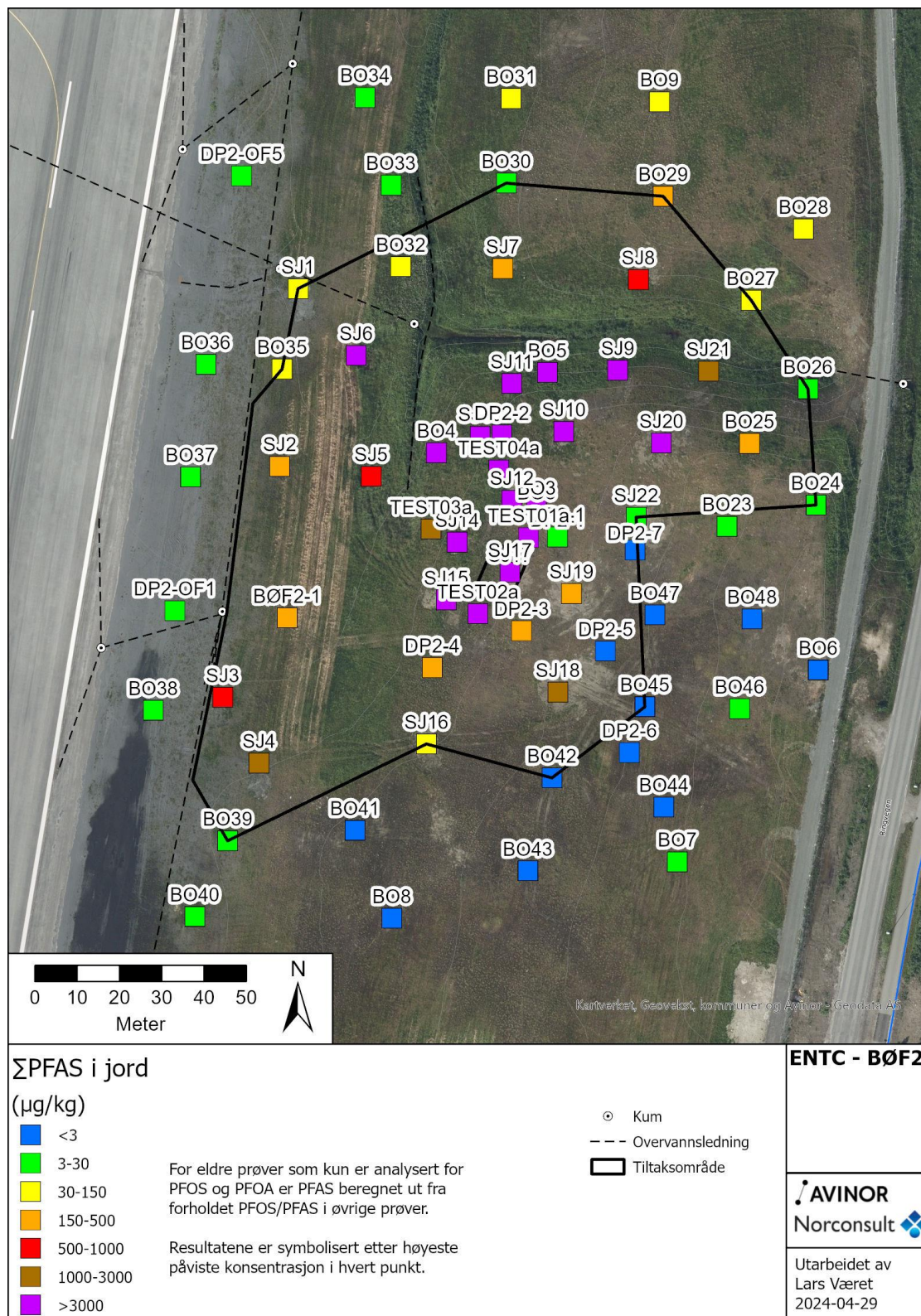
5.1.8 Prøvetaking for sluttokumentasjon

Sentralt på graveområdet er gravedyp for tiltaket 3-4 meter, og omfatter også øvre deler av stedegeen mineraljord (silt/leire) hvor det er påvist konsentrasjoner av Σ PFAS inntil 280 $\mu\text{g/kg}$. De dypeste prøvene av mineraljord sentralt på området (3-4 m) har i hovedsak konsentrasjoner $<150 \mu\text{g/kg}$. Utenfor sentral del er gravedyp 1-2 meter, og prøver av underliggende mineraljord (silt/leire) har konsentrasjoner av Σ PFAS $<30 \mu\text{g/kg}$ [11].

Basert på resultater fra utført prøvetaking anses forurensningen som tilstrekkelig avgrenset vertikalt innenfor det aktuelle tiltaksområdet. Det anses derfor ikke som nødvendig å ta prøver i bunn av gravegrop for dokumentasjon på at dypereliggende masser tilfredsstiller akseptkriteriet etter utgraving, med de gravedybder som beskrevet for sentral del av graveområdet og for områder utenfor sentral del.

Det vil imidlertid være behov for supplerende prøvetaking for tilstrekkelig avgrensning av tiltaksområdet i horisontal utbredelse i sørvestlig og sørlig retning. En slik prøvetaking vil utføres i forkant av tiltaksarbeider, for endelig fastsettelse av tiltaksarealet.

Som vist i Figur 5-1 vil den vestligste delen av tiltaksområdet, mot rullebanen, kunne komme i konflikt med infrastruktur. Langs rullebanen ligger infrastruktur som VA-, og el-ledninger. Det er usikkert hvor dypt VA-ledningene vest for BØF2 faktisk ligger, men de er oppgitt i Avinor-kart å ligge dypere enn 1 meter under terreng. Forventet gravedyp i dette området er 1 m. Det er ikke påvist konsentrasjoner $>30 \mu\text{g/kg}$ i prøvepunkter vest for VA-ledningen, og både av hensyn til infrastruktur og nærhet til rullebane (ref. kap. 5.1.3) bør tiltaket avgrenses til å omfatte arealer øst for VA-ledningen.



Figur 5-1: Tiltaksområdet for oppgraving av masser ved gammelt brannøvningsfelt (BØF2) og infrastruktur i grunnen.

5.1.9 Fremdriftsplan

Tiltak med oppgraving og ekstern deponering av PFAS-forurensede masser ved gammelt brannøvfingsfelt (BØF2) er planlagt gjennomført i 2027. Det kan imidlertid hende at arbeidene kan utføres i forbindelse med planlagt reasfaltering av rullebanen i 2025, men dette er p.t. usikkert. Tiltaksperioden vil ha en forventet varighet på 2-4 måneder, inkludert tilrettelegging og opprigging, samt nedrigging av vannrenseanlegg.

5.2 Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)

Foreslått tiltak innebærer avskjæring og uttak av utstrømmende grunnvann nedstrøms forurensede område for behandling i vannrenseanlegg.

5.2.1 Prinsipp for utforming og brønnetablering

Grunnvannsstand i området er målt til 2,2 til 4,4 meter under terreng i brønner nedstrøms gammel brannstasjon og deice-området, mens det i brønn oppstrøms området er målt til ca. 1 m under terreng. Kotekart utarbeidet med bakgrunn i utførte målinger viser grunnvannstrøm mot Gjæverbukta sørvest for det forurensede området. Det bemerkes at antall målinger av grunnvannstand over tid er begrenset, og kun gir et øyeblikksbilde av grunnvannsnivå i området. Selv om grunnvannstand vil variere med nedbør/smelting og tørre perioder, forventes utførte målinger å gi et riktig bilde av generell strømnings-/spredningsretning.

Det forventes at hovedandelen av grunnvannsstrømningen går i skjellsand med relativt høy permeabilitet sammenliknet med overliggende fyllmasser og underliggende finsand og leire, men dette må undersøkes nærmere i forbindelse med detaljplanlegging av tiltaket. Det legges opp til etablering av pumpebrønner med filterutforming og -dyp som samler grunnvann og leder dette videre til nedstrøms renseanlegg. Utpumpet grunnvann skal renses i vannrenseanlegg før utslipp til resipient (Gjæverbukta). Det legges til grunn etablering av pumpebrønner, på linje normalt på strømningsretningen som skissert i Figur 3-2. Det forventes ikke behov for brønner sentralt i det forurensede området, da utlekking fra umettet sone forventes lav under asfaltert område.



Figur 5-2: Konsentrasjoner av Σ PFAS (ng/l) i vannprøver ved GBS og deice-område, sammenstilt med kotekart som viser grunnvannets strømningsretning. Konsentrasjonene er basert på medianverdi fra prøvetaking i 2020-2023. Kotekart er basert på manuelle målinger i brønner 23.-24.05.2023.

5.2.2 *Grunnlag for videre prosjektering*

Som nevnt innledningsvis i kap. 5 foreligger det p.t. ikke tilstrekkelig grunnlag til å gi en detaljert beskrivelse av gjennomføringen av de foreslåtte tiltakene ved Tromsø lufthavn. Det planlegges for supplerende undersøkelser som vil kunne gi et bedre grunnlag for videre prosjektering og detaljering av tiltakene. Særlig for et tiltak med rensing av grunnvann vil det være behov for å fremskaffe mer informasjon om eventuelle foretrukne strømningsveier for grunnvann, hastighet av strømming, vannkvalitet, fluktuasjoner i grunnvannsnivå, mm. Basert på videre prosjektering vil gjennomføringen kunne utdypes i en detaljert tiltaksplan for tiltakene.

Foreliggende analyseresultater for vannprøver viser at konsentrasjonene av Σ PFAS i grunnvann varierer mellom 400-38000 ng/l, med klart laveste konsentrasjoner i brønn oppstrøms det forurensede området (BR4). Som del av den videre prosjekteringen legges det opp til nærmere undersøkelser for ytterligere dokumentasjon på variasjon i konsentrasjonsnivåer, blandingsdyp for PFAS i mettet sone og spredningsmengder som grunnlag for videre detaljering av utforming av tiltaket. Det må også fremskaffes et bedre grunnlag for vurderinger av andre relevante vannkvalitetsparametere utover PFAS som kan ha betydning for valg av prosessløsning, eks. avisingskjemikalier, organisk materiale, jern/mangan, mm.

Det kan være behov for særskilte tiltak i anleggsutformingen for å motvirke negativ påvirkning fra avisingskjemikalier, og dette er noe som må vurderes nærmere i en videre detaljering.

For beskrivelse av gjennomføring av tiltak vises det også til forutsetninger lagt til grunn for kostnadsberegninger i kap. 3.2.1. Dette vil være overordnede forutsetninger som vil måtte gjennomgås og detaljeres nærmere i en videre prosjektering av tiltaket.

Det må også under prosjektering av pumpebrønner og overvåkningsbrønner hensyntas at det er en nyetablert OV-grøft under grunnvannsnivå i området nedstrøms GBS som sannsynligvis har grove drenerende masser. Ifølge informasjon fra lufthavna leder VA-ledningen i denne grøfta overvann fra terminalområdet, samt sørlige deler av området ved rullebanen og overløp ved deice-plattform sør til sjø via dypvannsledning. Det er også planlagt en grøft for el/signal over grunnvannsnivå i det samme området.

5.2.3 *Hensyn til flyplassdrift*

Det legges opp til at egen risikoanalyse for lufthavndrift gjennomføres som del av senere for-/detaljprosjektering. Brønner og vannrenseanlegg forventes å kunne plasseres i en avstand fra rullebane og flyoperative områder som gjør at tiltaksgjennomføringen ikke i særlig grad vil påvirkes av hensynet til flysikkerhet og drift ved lufthavnen.

5.2.4 *Andre forhold*

Ved gjennomføring av et tiltak med rensing av grunnvann vil risiko for spredning av forurensning under anleggsarbeidene være lav. Det vil i liten grad forgå gravearbeider for tiltaket, men det må etableres en betongflate for containere eller mindre bygg som er del av vannrenseanlegget. Videre må det graves ledningstraseer for pumpeledninger og utslippsledning, disse massene tilbakefylles i grøftene. Det forutsettes at disse gravearbeidene utføres i områder hvor konsentrasjoner i jord er $<150 \mu\text{g/kg}$. Det anses ikke behov for en overordnet plan for massedisponering. Det vil som del av videre prosjektering utarbeides risikovurdering for ytre miljø, plan for avbøtende tiltak, samt program for overvåkning under og etter tiltaksfasen. Videre vil det i samarbeid med valgt entreprenør bli utarbeidet beredskapsplan i tilfelle uønskede og uforutsette hendelser.

Perioden for etablering av tiltaket vil ha en forventet varighet på 1-2 måneder, inkludert tilrettelegging og opprigging.

Brønnetablering forventes å gi få begrensinger på etterbruk av det aktuelle området. Utover selve renseanlegget vil øvrige installasjoner i all hovedsak etableres under terreng. Brønnavslutning kan til dels tilpasses behov for etterbruk av området, med mulighet for avslutning under terreng i kum med kjørbart lokk. Det må imidlertid sikres tilgang for løpende drift og vedlikehold. Ved brønnavslutning over terreng må brønner merkes og sikres mot påkjørsel. Alle brønner må sikres gjennom låsbare løsninger for å hindre tilkomst fra uvedkommende, og det må tas høyde for at endelig brønnplassering må tilpasses planlagt turvei gjennom området.

5.2.5 Fremdriftsplan

Igangsettelse av et tiltak med rensing av grunnvann ved GBS og deice-området planlegges gjennomført i 2026. Det vil imidlertid etterstrebes en tidligere oppstart av tiltaket, ettersom rask spredningsreduksjon vil være av betydning for effekten av tiltaket ved denne lokaliteten som har en høy estimert spredning til resipient Giævebukta hvert år. Hvor tidlig tiltaket kan settes i gang avhenger av fremdrift for videre undersøkelser knyttet til prosjektering og dimensjonering av grunnvannsrensetiltaket, samt saksbehandling hos myndigheter.

6 Overvåkningsprogram

6.1 Overvåkning i tiltaksfase

Det skal ved gjennomføring av tiltak utføres kontroll og overvåkning for å sikre at det ikke skjer en uakseptabel spredning av forurensning til omgivelsene. Overvåkingen skal også sikre at utslippskrav overholdes under anleggsgjennomføringen. Program for kontroll- og overvåkning, miljørisikovurdering og plan for avbøtende tiltak vil utarbeides i senere faser av prosjekteringen, men overordnede prinsipper er kort beskrevet under.

6.1.1 Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)

Det vil tas vannprøver i målepunkt i drengsrøft nedstrøms BØF2 (V2-2), i innløpskum som leder drengsvann fra BØF2 under rullebanen (V2kum), samt i utløp for overvann og drengsvann til Rottbogen (SD 3-3) for å dokumentere at det ikke forekommer uakseptabel spredning under gjennomføring av tiltak.

Vannprøvene tas som stikkprøver og analyseres for minimum 35 enkeltforbindelser av PFAS.

Oppsamlet vann fra gravegrop og avrenning fra mellomager ledes til vannrenseanlegg før utslipp via overvannsystemet fra BØF2 til dykket utløp i resipient Rottbogen. Utslippsledningen ble forlenget i 2020/2021 og utslippet er nå ca. 600 meter fra land [16]. På bakgrunn av at utslippet vil foregå til dypt vann i sjø med stor grad av fortykning, foreslås en grenseverdi for Σ PFAS på 1000 ng/l, suspendert stoff (SS) på 100 mg/l og olje (C10-C40) på 20 mg/l.

Vannet må prøvetas og analyseres for Σ PFAS, partikler (SS) og olje (C10-C40) før utslipp til resipient. Foreslåtte grenseverdier for utslipp av vann fra renseanlegg er gitt i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Forslag til grenseverdier for utslipp av vann fra vannrenseanlegg.

Parameter	Σ PFAS* (ng/l)	Suspendert stoff (SS) (mg/l)	Olje (C10-C40) (mg/l)
Foreslått grenseverdi	1000	100	20

*Vannprøver analyseres for minimum 35 enkeltforbindelser av PFAS.

6.1.2 Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)

6.1.2.1 Grunnvann

For tiltak med rensing av grunnvann vil det bli etablert brønner, installert pumper, og gravd ned ledninger for å samle vann mot renseanlegg. Eventuelle overskuddsmasser fra disse arbeidene legges oppstrøms brønnrekke for tiltak slik at utlekking/spredning fanges opp av tiltaket. Ved etablering av brønner vil det så langt det lar seg gjøre benyttes luft for å begrense risiko for økt spredning under nedsetting av brønn.

Det vil etableres miljøbrønner/overvåkningsbrønner nedstrøms tiltaksområdet for uttak av vannprøver for analyse av PFAS før, under og etter etablering av tiltak. Det forventes behov for 7-8 brønner nedenfor pumpebrønnrekken (ca. en pr 30 meter), og i tillegg et par brønner på sørøstlig side og en på vestsiden av pumpebrønnrekken. Dette for å bekrefte at de høyeste konsentrasjonene fanges opp av pumpebrønnene. Antall overvåkningsbrønner, plassering og avstand mellom disse vil vurderes i senere fase av prosjektet.

Denne overvåkingen er for å kunne dokumentere at forurensset grunnvann avskjæres og samles til vannrenseanlegget, og ikke går til resipient som i dag. Det legges opp til månedlig prøvetaking minimum ett

år før tiltak for å dokumentere før-tilstand, og videre månedlig prøvetaking av grunnvannsbrønner under gjennomføring av tiltaket.

Man vil ved prøvetaking i overvåkningsbrønnene fremskaffe et godt grunnlag for å dokumentere effekt av tiltaket i form av redusert utlekking og spredning av PFAS fra gammel brannstasjon og deice-området (GBS). Redusert prøvetakingsfrekvens vil løpende vurderes dersom man gjennom overvåkingen ser at tiltaket har tilstrekkelig effekt, og at det ikke er en større spredning til resipient som ikke fanges opp gjennom tiltaket.

Vannprøvene tas som stikkprøver og analyseres for minimum 35 enkeltforbindelser av PFAS.

6.1.2.2 Vannrenseanlegg

Grunnvann som pumpes opp vil ledes til vannrenseanlegg. Vannet må prøvetas og analyseres for Σ PFAS før videre innløp til vannrenseanlegget. Dette for å kunne vurdere effekt av tiltak, og nødvendig varighet av tiltak, samt eventuelle behov for driftsmessige tilpasninger i vannrenseanlegget.

Utpumpet grunnvann skal renses i vannrenseanlegg før utslipp til resipient (Giæverbukta). Aktuelt utslippspunkt kan være til sjø via dypvannsledningen vest for gammel brannstasjon som leder overvann fra terminalområdet, samt sørlige deler av området ved rullebanen og overløp ved deice-plattform sør, men dette må utredes nærmere i en detaljeringsfase.

Med aktuelle renseløsninger som tilbys i markedet i dag er det forventet liten effekt for rensing av forbindelser med karbonkjedelengde $\leq C5$. Foreslått grenseverdi for Σ PFAS er derfor gjeldende for forbindelser med karbonkjedelengde $\geq C6$. Grenseverdiene foreslås å gjelde som månedlige gjennomsnittskonsentrasjoner.

Tabell 6-2: Forslag til grenseverdier for utslipp av vann fra vannrenseanlegg.

Parameter	Σ PFAS (ng/l)*	Suspendert stoff (SS) (mg/l)
Foreslått grenseverdi	1000	50

*Vannprøver analyseres for minimum 35 enkeltforbindelser. Grenseverdi for Σ PFAS foreslås å gjelde for forbindelser med karbonkjedelengde $\geq C6$.

Det bemerkes at grunnlag for foreslåtte grenseverdier er mangelfullt, og disse kan derfor bli gjenstand for endring dersom supplerende undersøkelser og videre prosjektering tilsier behov for dette

6.2 Overvåkning etter tiltak

I pålegg om tiltaksplan for Tromsø lufthavn er det stilt krav om en plan for videre overvåkning (jfr. vilkår 6.) [5]. Overordnede prinsipper for overvåkning etter tiltak er kort beskrevet under.

6.2.1 Vann

I tillegg til overvåking i punkter som inngår i lufthavnens miljøovervåkning (MOV) for PFAS (Figur 6-1), vil overvåkningspunkter for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) og gammel brannstasjon og deice-området (GBS) som foreslått i kap. 6.1 videreføres gjennom oppfølgende overvåkning etter tiltak.

Ved utfylt område ved Ørneveien (UOØ) bør det etableres 3 brønner nedstrøms lokaliteten for overvåkning av eventuell spredning via grunnvann. Det er usikkert hvorvidt eksisterende overvåkningspunkter (V3-1, V3-2 og V3-3) er representative for spredning fra lokaliteten, og det er ikke planlagt tiltak på denne lokaliteten så lenge området benyttes til hangar for helikopter (>10 års perspektiv).

Antall prøvetakingspunkter og prøvetakingsfrekvens vil løpende vurderes basert på resultater av den oppfølgende overvåkingen.

Vannprøvene tas som stikkprøver og analyseres for minimum 35 enkeltforbindelser av PFAS.



Figur 6-1: Prøvepunkter som inngår i miljøovervåkningsprogrammet (MOV) ved Tromsø lufthavn (2024).

6.2.2 *Biota*

Det legges opp til undersøkelser for prøvetaking av biota utenfor Tromsø lufthavn før tiltaksetablering for å dokumentere før-tilstand. Det bør fortrinnsvis tas prøver av stasjonær biota (eksempelvis strandsnegl, purpurnegl og blåskjell) i strandsonen. Det vil som del av oppfølging etter tiltaksetablering gjennomføres prøvetaking av biota i resipient Rottbogen og Giæverbukta første gang 3 år etter etablering av tiltak, og videre hvert 5. år.

Det bør fortrinnsvis tas prøver av stasjonær biota (eksempelvis strandsnegl, purpurnegl og blåskjell) i strandsonen.

Alle prøver av biota analyseres for minimum 22 enkeltforbindelser av PFAS.

7 Overordnet fremdriftsplan

7.1 Planlagte bygge og graveprosjekter

Det pågår mange bygge og graveprosjekter på Tromsø lufthavn (sentral deice-plattform, flyoppstillingsplasser, bygging i terminalområdet, reasfalteringsprosjekter osv.).

På området hvor bygget til gammel brannstasjon tidligere stod er det på grunn av plassmangel planlagt et midlertidig tiltak med asfaltering av området hvor bygget tidligere stod, slik at dette kan benyttes til flyoppstilling. Det midlertidige tiltaket er omsøkt og godkjent av Statsforvalteren i Troms og Finnmark, og planlegges utført vår/sommer 2024.

Ny sentral deice-plattform på Tromsø lufthavn er planlagt åpnet innen desember 2027, og bruken av deice-plattform sør vil da opphøre.

7.2 Fremdriftsplan

Avinors foreslåtte fremdriftsplaner for gjennomføring av tiltak ved Tromsø lufthavn er gitt i Vedlegg 3. Som beskrevet i kap. 5.1.9 planlegges det at tiltak med oppgraving og ekstern deponering av PFAS-forurensede masser ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) gjennomføres i 2027. Som beskrevet i kap. 5.2.5 planlegges igangsettelse av et tiltak med rensing av grunnvann ved GBS og deice-området i 2026.

8 Berørte parter og interessenter

Oversikt over berørte parter og interessenter mottatt fra Avinor 2024-04-29 er vist Tabell 8-1.

Tabell 8-1: Oversikt over berørte parter og interessenter.

Forvaltningsorgan, myndigheter, interesseorganisasjoner:	
Tromsø kommune	Rådhuset, Postboks 6900, 9299 Tromsø postmottak@tromso.kommune.no
Troms Fylkeskommune	Postboks 6600, 9296 Tromsø postmottak@tromsfylke.no
Statsforvalteren i Troms og Finnmark	Postboks 700, 9815 Vadsø sftffpost@statsforvalteren.no
Forsvarsbygg	Postboks 405 Sentrum, 0103 Oslo post@forsvarsbygg.no
Tromsø Kiteklubb	Postboks 3607 Guleng, 9278 Tromsø tromsokiteklubb@gmail.com
Mattilsynet Region Nord-Norge	Felles postmottak, Postboks 383, 2381 Brumunddal postmottak@mattilsynet.no
Tromsø Jeger og Fiskerforening, Norges Jeger- og fiskerforbund	Postadresse administrasjon: Pb 94, 1378 Nesbru njff@njff.no troms@njff.no
Naturvernforbundet i Troms	Postboks 924, 9259 TROMSØ troms@naturvernforbundet.no
Natur og ungdom Tromsø	rubys@nu.no
Norges Miljøvernforbund, Region Nord-Norge	Postboks 446, 9255 Tromsø holm@nmf.no

9 Referanser

- [1] Miljødirektoratet, «Pålegg om undersøkelser av PFAS-forurensset grunn - Avinor,» 2020a.
- [2] Miljødirektoratet, «Vurdering av PFAS-forurensningen ved Avinors flyplasser samt videre oppfølging,» 2020b.
- [3] 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.
- [4] Norconsult, «Rapportering for del 3 av Miljødirektoratets pålegg: "Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner" - 5185352-Miljø-02-J01,» 2019b.
- [5] Miljødirektoratet, «Pålegg om å utarbeide tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø Lufthavn. Ref. nr. 2021/1846,» 2021.
- [6] Miljødirektoratet, «Omgjøring av vedtak - utsatt frist for tiltaksplan for Tromsø lufthavn, ref. nr. 2021/1846,» 2023.
- [7] Miljødirektoratet, «Pålegg om å utarbeide tiltaksplaner for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Stavanger, Alta, Haugesund, Kristiansund og Kirkenes lufthavn,» Pålegg datert 16.09.2022, 2022.
- [8] Norconsult, «Tiltaksplan for opprydding av PFAS-forurensset grunn, Tromsø lufthavn Langnes, del 1: Oppsummering av resultater og risikovurdering, Rapportnummer: 5205614-RIM09-ENTC,» 2024.
- [9] Sweco og Norconsult, «Tromsø lufthavn Langnes - Undersøkelser av jord, vann og biota med risikovurdering, rap. nr. 168186-18-J8,» 2016.
- [10] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann, Tromsø lufthavn, sist nedlagte brannøvingsfelt (BØF1). Rapport nummer: 5205614-RIM03-ENTC-1,» 2024.
- [11] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann, Tromsø lufthavn, gammelt brannøvingsfelt (BØF2). Rapportnummer: 5205614-RIM05-ENTC,» 2024.
- [12] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann, Tromsø lufthavn, utfyllt område ved Ørneveien (UOØ). Rapportnummer: 5205614-RIM07-ENTC,» 2024.
- [13] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann, Tromsø lufthavn. gammel brannstasjon og deice-plattform. Rapportnummer: 5205614-RIM04-ENTC-GBS,» 2024.
- [14] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i vann (OV-system) og biota, rapport nr. 5205614-RIM-06-ENTC, 2024.
- [15] Miljødirektoratet, «Naturbase kart,» [Internett]. Available: <https://geocortex02.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase>. [Funnet 8. januar 2024].
- [16] COWI, «Tiltaksplan sediment Tromsø lufthavn ENTC, forlengelse av overvanns-/utslippsledning Rotbogen,» 2020.

- [17] Statens vegvesen, «Anslagsmetoden, Håndbok R764,» 2021.
- [18] Norconsult, «Tromsø lufthavn Langnes, Avisingsplattform - Forberedende arbeider, Miljøteknisk rapport og tiltaksplan. Rapportnummer 10003354-189668-TC00-S2-RA-1010, 20.05.2022,» 2022.
- [19] Statsforvalteren i Troms og Finnmark, «Tillatelse til graving i forurensset grunn ved Tromsø lufthavn – forarbeider ny sentral avisingsplattform. Ref. nr. 22/02965,» 2022.

10 Vedlegg

Vedlegg 1 – Leseveiledning for utsvar krav i pålegg

Avinor ble i mai 2021 pålagt å utarbeide tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn [5]. Opprinnelig gjaldt pålegget utarbeidelse av tiltaksplan for brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2) og området ved gammel brannstasjon (GBS), med krav om en plan for videre kartlegging av lufthavnen og overvåkning av planlagte tiltak. Dette vedtaket ble i oktober 2023 omgjort av Miljødirektoratet [6]. Vedtaket ble omgjort til å gjelde utarbeidelse av en tiltaksplan for hele lufthavnen, i tråd med oppdaterte krav til tiltaksplaner [7]. I Tabell 10-1 er kravene til innhold i tiltaksplan som gitt i pålegg om utarbeidelse av tiltaksplan for hele lufthavnen [7], samt henvisning til aktuelle kapitler i tiltaksplanen som svarer ut kravene.

Tabell 10-1: Krav til innhold i tiltaksplan iht. pålegg om utarbeidelse av tiltaksplan for hele lufthavnen, i tråd med oppdaterte krav til tiltaksplaner [7], samt henvisning til aktuelle kapitler i tiltaksplanen som svarer ut kravene.

Krav til innhold i tiltaksplan iht. pålegg fra Miljødirektoratet	Henvisning til aktuelle kapitler i tiltaksplanen hvor kravet er svart ut
1. Redegjøre for kartlegginger, undersøkelser og beregninger av mengder PFAS	
1.1. Redegjøre for gjennomførte undersøkelser ved lufthavnen. Det skal gjøres rede for utbredelsen av PFOS og sum-PFAS i grunnen ved identifiserte kildeområder, og konsentrasjoner i vann, spredningsveier og resultater fra prøvetaking av biota på og omkring lufthavnen.	Tiltaksplanens del 1, kapittel 3 og 4
1.2. Beskrive hvilke aktiviteter som kan ha ført til spredning av PFAS til grunn eller vann, og hvilke arealer som kan være forurensset på grunn av disse.	Tiltaksplanens del 1, kapittel 2.3
1.3. Gjennomføre nye beregninger av PFOS og sum-PFAS i grunnen og i grunnvann. Beregne hvor mye PFOS og sum-PFAS som årlig spres fra lufthavnen til vannforekomstene, og estimere mengden PFOS og sum-PFAS hver enkelt forurensningskilde bidrar med.	Tiltaksplanens del 1, kapittel 5 og 6
1.4. Redegjøre for naturmangfold og kulturminner og vannforekomstenes tilstand og sårbarhet.	Tiltaksplanens del 1, kapittel 2.5, 2.6 og 2.7
2. Risikovurderinger av dagens situasjon	
2.1. Gjennomføre stedsspesifikk risikovurdering av PFAS-forurensningen, slik den ligger i dag. Risikovurderingen skal inneholde vurderinger/beregninger av risiko for human helse, risikoen i akvatisk økosystem ved beregnet/målt spredning til vannforekomster, samt risiko for effekter i det terrestriske økosystemet der det er aktuelt.	Tiltaksplanens del 1, kapittel 7
2.2. Synliggjøre hvilke PFAS-forbindelser som utgjør høyest risiko for helse, miljø og spredning, og foreslå hvilke PFAS-forbindelser det bør settes akseptkriterier for og overvåkes på. Dere skal som minimum vurdere de PFAS-forbindelser som er listet opp i vedlegg 3.	Tiltaksplanens del 1, kapittel 7
3. Miljømål	
3.1. Følgende overordnede miljømål skal legges til grunn for tiltakene/tiltaksplanene: 3.1.1. PFAS-forurensning ved og fra Avinors lufthavner skal ikke skade helse eller miljø. Herunder skal ikke forurensningen være til hinder for at vannforskriftens mål om god miljøtilstand i vannforekomster kan oppnås. 3.1.2. Utslipp og spredning av PFOS og andre PFAS fra lufthavnene skal stanses eller reduseres, med mål om at de samlede utslippene av PFAS fra Avinors lufthavner skal reduseres så langt det lar seg gjøre.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 1.3 og 4.1

3.2. Redegjøre for om dagens situasjon (krav 2) er i konflikt med overordnede miljømål (krav 3.1.1.).	Tiltaksplanens del 2, kapittel 1.3.2
3.3. Med utgangspunkt i de overordnede miljømålene (krav 3.1.1 og 3.1.2) og identifiserte konflikter med dem (krav 3.2): Foreslå flere stedsspesifikke miljømål for <i>hele</i> lufthavnens område. De stedsspesifikke miljømålene knyttet til overordnet miljømål om helse og miljø (krav 3.1.1.) skal synliggjøre hvilken risiko (f.eks. for human helse, terrestrisk og/eller akvatisk økosystem) knyttet til forurensningen på – og spredningen fra – lufthavnsområdet, som opprydningen skal bøte på. Stedsspesifikke miljømål knyttet til overordnet miljømål om samlede utslipp (krav 3.1.2.) skal som et minimum inneholde et mål for hvor mye tiltak ved den spesifikke lufthavnen skal bidra til i målsetningen om å redusere de samlede utslippene av PFAS fra Avinors lufthavner.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 4.1
3.4. Foreslå ytterligere stedsspesifikke miljømål knyttet til enkeltlokaliteter/forurensede delområder eller vannforekomster inne på lufthavnsområdet. Disse miljømålene skal konkretisere behovet for tiltak ved ulike enkeltlokaliteter for at de stedsspesifikke miljømålene for hele lufthavnen (krav 3.3.) skal kunne oppnås.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 4.1
4. Forslag til akseptkriterier, tiltaksmetode og forventet resultat fra foreslått opprydning	
<i>Opprydningsnivå og risikovurdering av resterende forurensning</i>	
4.1. Tydeliggjøre hvilke lokaliteter inne på lufthavnen hvor det kan være aktuelt å gjøre tiltak for å rydde opp i PFAS-forurensset grunn, eller på annen måte redusere spredning av slik forurensning.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 2
4.2. Vurdere flere ulike akseptkriterier/opprydningsgrenser (konsentrasjoner som utløser behov for tiltak) for PFAS-forbindelser i jord (og/eller vann) for de ulike forurensede områdene. Angi hvor mye PFAS som vil bli fjernet, og hvor mye som vil bli liggende igjen i grunnen, med de ulike akseptkriteriene/opprydningsgrensene.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 2
4.3. Gjennomføre stedsspesifikk risikovurdering av gjenværende PFAS-forurensning etter opprydningstiltak, for de ulike akseptkriteriene. Risikovurderingen skal inneholde vurderinger av risiko for human helse, risikoen ved beregnet spredning til vannforekomster, samt risiko for effekter i det terrestriske økosystemet – både knyttet til restforurensning ved lokalitetene hvor det ryddes opp, men også diffus forurensning og spredning fra øvrige deler av lufthavnens område hvor det ikke foreslås å gjennomføre tiltak. Vurdere risiko knyttet til gjenværende PFAS-forurensning mot de stedsspesifikke miljømålene (i krav 3.3. og 3.4. over).	Tiltaksplanens del 2, kapittel 4.3
<i>Tiltaksmetoder, konsekvenser og kostnader</i>	
4.4. Gjøre rede for om lufthavnen er aktuell for bruk eller uttesting av nye og alternative tiltaksmetoder for forurensset grunn, eller om oppgraving og deponering av forurensset jord er mest aktuelle tiltaksmetode.	Tiltaksplanens del 2, Kapittel 2
4.5. Foreslå og beskrive tiltaksmetode, eller kombinasjon av tiltaksmetoder, for å redusere PFAS-forurensningen til et akseptabelt nivå. Som et minimum skal oppgraving og deponering av forurensset jord ved forurensede lokaliteter utredes som tiltaksmetode for alle lufthavnene. For de lufthavnene hvor det (iht. krav 4.4.) kan være aktuelt å benytte andre tiltaksmetoder enn oppgraving, skal alternative tiltaksmetoder utredes i tillegg til oppgraving og deponering.	Tiltaksplanens del 2, Kapittel 2 og 4
4.6. Beskrive hvilke andre negative og positive påvirkninger tiltakene (i krav 4.5) har på miljøet, herunder også klima, naturmangfold og kulturminner.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 4

4.7. Estimere kostnader for tiltakene som er utredet (i krav 4.5.), for de ulike akseptkriteriene. Gjøre oppdaterte kost-effekt vurderinger av tiltakene (kostnad per kilo PFAS som fjernes).	Tiltaksplanens del 2, kapittel 3
Anbefaling av tiltak – inkludert kost/nytte-vurderinger	
4.8. Basert på vurderingene fra krav 4.1 – 4.7: Gi en samlet anbefaling av tiltaksmetoder og akseptkriterier/opprydningsgrenser som både tar hensyn til nytteeffekter og kostnader ved tiltakene. Der Avinor ønsker å ha mulighet til å bruke alternative tiltaksmetoder, skal Avinor gi to anbefalinger: én tiltaksløsning ved bruk av oppgraving og deponering av forurensset grunn, og én anbefaling ved bruk av alternativ tiltaksmetode.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 4
4.9. Beskrive hva som mangler og/eller må avgjøres før tiltakene som anbefales i krav 4.8 kan pålegges og gjennomføres.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 5
4.10. Dersom tiltakene og akseptkriteriene Avinor foreslår ikke er tilstrekkelige til å oppnå de stedspecifikke miljømålene (i krav 3.3. og 3.4.), skal Avinor synliggjøre og argumentere for dette. Videre må Avinor da foreslå alternative mål for tiltakene, som tiltakene i etterkant kan overvåkes på, for å vurdere om tiltakene har oppnådd ønsket effekt.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 4
5. Beskrivelse av gjennomføringen av tiltaket	
5.1. Avinor skal vurdere risikoen for spredning av forurensning under arbeidet som følge av terrenginngrepet, og synliggjøre dette i tiltaksplanen.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 5
5.2. Avinor skal komme med forslag til avbøtende tiltak som skal redusere fare for spredning av PFAS ved gjennomføring av tiltak, samt kostnadene for disse. For tiltak der forurensset grunn graves opp og leveres til deponi skal følgende vurderes: behov for rensing og forslag til utslippsgrenser for vann fra gravegrop og mellomager, samt hvilke kostnader dette vil medføre. Ved alternative tiltaksmetoder som jordvask, kan rensegrad og utslipp fra vannrenseanlegg og eventuelt spredning med vann gjennom grunnen være relevant å omtale og foreslå avbøtende tiltak for. Avinor må selv vurdere hva som er relevant risiko for spredning under tiltak, ut fra hvilke tiltaksmetoder dere foreslår, og foreslå avbøtende tiltak for å begrense dette.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 5
5.3. Overordnet plan for massedisponering, herunder også mellomlagring.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 5
5.4. Dersom gjennomføring av tiltakene kan føre til andre skader eller ulemper for naturmangfoldet eller kulturminner (ref. krav 4.6), skal forslag til avbøtende tiltak beskrives.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 4 og 5
5.5. Forslag til et kontroll- og overvåkningsprogram i tiltaksfasen. Programmet skal være tilstrekkelig omfattende til å avdekke eventuell spredning av forurensning til omgivelsene før, under og etter gjennomføring av tiltaket. Et overordnet kontroll- og overvåkningsprogram skal bygge på vurderingene under krav 5.1, og kontrollere effekten av de spredningsreducerende tiltakene som foreslås etter krav 5.2.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 6
6. Øvrig informasjon og dokumentasjon	
6.1. Redegjøre for større planlagte bygge- og gravetiltak på lufthavnen og hvordan disse planene eventuelt kan eller bør samkjøres med opprydningen i PFAS-forurensset grunn.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 7
6.2. Angi et estimat over hvor lang tid de ulike delene av tiltakene vil ta, og i hvilken grad tiltakene må gjennomføres innenfor en bestemt tid av året. Dersom byggeplaner gjør at opprydningstiltak ved lufthavnen sannsynligvis vil ligge lengre fram i tid, skal eventuelle tiltak som kan	Tiltaksplanens del 2, kapittel 5.1.9, 5.2.4 og 7

gjennomføres tidligere – uavhengig av øvrige opprydningstiltak og uten store kostnader – komme tydelig fram av tiltaksplanen.	
6.3. Nødvendig dokumentasjon skal vedlegges planen, herunder analyseresultater og spredningsberegninger.	Resultatrapporter er gitt i egne resultatrapporter fra undersøkelser på lufthavnen
6.4. En liste over sakens parter (naboer, ansvarlig for vannområde, lokale friluft- og miljøvernorganisasjoner og andre) skal legges ved.	Tiltaksplanens del 2, kapittel 8

Vedlegg 2 – Vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder

En vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er sammenstilt i Tabell 10-2, ved utfylt område ved Ørneveien (UOØ) i Tabell 10-3, og ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) i Tabell 10-4.

Tabell 10-2: Vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder for gammelt brannøvingsfelt (BØF2).

Tiltaksmetode	Fjerner forurensningen	Vurdering av egnethet
Oppgraving m/ekstern deponering	X	Vurderes som aktuelt primærtiltak. Forurensningen ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving, men er fordelt i både umettet og mettet sone. Det må derfor påberegnes behov for senkning/håndtering av grunnvann ved gjennomføring av tiltak som omfatter graving under grunnvannsnivå. Høye konsentrasjoner og høy andel av de beregnede mengdene innenfor et begrenset areal/volum gir relativt høy tiltakseffekt (g PFAS/m ³) ved oppgraving. Deler av forurensningen er innenfor 90 meter fra rullebanen, og konflikt med flytrafikk vil måtte hensyntas ved gjennomføring av tiltak.
Oppgraving m/ekstern forbrenning	X	Vurderes som lite aktuelt tiltak for fyllmasser. Massene består av mineralske masser (silt, sand, grus) som er oppgitt av leverandør å være dyrt å forbrenne. Vurderes imidlertid som aktuelt tiltak for forurensset torv med konsentrasjoner som overstiger grenseverdi på 50 mg/kg i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen), og i henhold til regelverket må destrueres. Forurensningen ved BØF2 ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving, men er fordelt i både umettet og mettet sone. Det må derfor påberegnes behov for senkning/håndtering av grunnvann ved gjennomføring av tiltak som omfatter graving under grunnvannsnivå. Høye konsentrasjoner og høy andel av de beregnede mengdene innenfor et begrenset areal/volum gir relativt høy tiltakseffekt (g PFAS/m³) ved oppgraving. Deler av forurensningen er innenfor 90 meter fra rullebanen, og konflikt med flytrafikk vil måtte hensyntas ved gjennomføring av tiltak. Tiltak med forbrenning krever at massene graves opp og kjøres til forbrenningsanlegg, samt at de før levering til anlegget er siktet til fraksjoner <30 mm.
Tildekking		Vurderes som lite aktuelt primærtiltak. Forurensningen er fordelt i både umettet og mettet sone, og effekten av et tiltak med tildekking forventes å være lav i form av immobilisering/spredningsreduksjon. På grunn av usikkerheter knyttet til levetid for tildekkingsmembraner kreves det tett oppfølging i lang tid etter gjennomført tiltak, og tiltaket kan også gi begrensninger på etterbruk av området.
Innkapsling		Vurderes som lite aktuelt primærtiltak, ettersom forurensningen er fordelt i umettet og mettet sone. Et tiltak med innkapsling av forurensede masser vurderes i utgangspunktet som mest aktuelt der forurensningen i hovedsak ligger i umettet sone, da det vil være praktisk utfordrende å etablere en bunntetting ned i mettet sone. En innkapsling vil kreve at man graver opp masser til et større dyp for å legge bunntetting, noe som vil være praktisk utfordrende og innebære en betydelig merkostnad sammenliknet med et tildekkingstiltak. Tiltaket kan også gi begrensninger på etterbruk av området.

		Vurderes som mulig aktuelt tiltak for fyllmasser, men ikke aktuelt for torv. Kornfordelingsanalyser av fyllmassene viser et innhold på 10-24% silt og leire i de analyserte prøvene. Dersom dette er representativt for store deler av fyllmassene vil vasking av fyllmassene føre til en relativt stor andel filterkake som må leveres til deponi.
Vasking av masser	X	Det er ikke utført laboratorieforsøk med masser fra lokaliteten, noe som gir usikkerhet for om jordvasking er en egnet tiltaksmetode, og til hvilke konsentrasjoner man vil klare å oppnå vasking til og effekt av tiltaket samlet sett. Tilriggingskostnad for et mobilt vaskeanlegg er forventet høy, og gjennomføring av et tiltak med vasking av masser krever betydelige volum masser (> 10 000 m³) som skal vaskes for å oppnå kost/effekt som er konkurransedyktig med deponeringskostnader. Volum fyllmasser som omfattes av tiltak ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er avhengig av tiltaksomfang, men er estimert til ca. 28 000 m³ (se Tabell 2-1).
Stabilisering		Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak. Massene ved lokaliteten består av fyllmasser over torv, og ettersom konsentrasjonene i torv sentralt på området overstiger grenseverdi på 50 mg/kg i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen), må disse i henhold til regelverket destrueres. Ettersom fyllmassene forventes å være heterogene forventes innblanding av sorbent og tilbakelegging på området å være mindre egnet. Torv er i utgangspunktet lite egnet for dette tiltaket. Stabilisering er også et mindre egnet tiltak der hvor forurensningen ligger i overgang til og ned i mettet sone. Dette er også et tiltak som har begrenset dokumentasjon knyttet til langtidseffekt, og vil da være et tiltak som krever tett oppfølging i lang tid etter gjennomført tiltak. Enhetspriser for sorbent som oppgitt av leverandør er relativt høye.
Termisk behandling	X	Vurderes per i dag som lite aktuell tiltaksmetode for lokaliteten. Termisk behandling (her <i>termisk desorpsjon</i>) av PFAS-forurensede masser er en tiltaksmetode som er under utvikling, men som per i dag i begrenset grad er utprøvd og dokumentert i fullskala. Det er fortsatt betydelige usikkerheter knyttet til metoden med tanke på blant annet mulig dannelse av mellomprodukter, utslipp i gassfase og kostnader. Det er også en svært energikrevende løsning.
Rensing av grunnvann (<i>pump and treat</i>)	X	Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak. Massene ved lokaliteten består av fyllmasser over torv, og ettersom konsentrasjonene i torv sentralt på området overstiger grenseverdi på 50 mg/kg i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen), må disse i henhold til regelverket destrueres. Det er estimert relativt høye mengder PFAS i jord (17,3 kg), og forurensningen ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving.
Reaktiv barriere		Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak da dette er et tiltak som i hovedsak er rettet mot å håndtere den forurensning som ligger i mettet sone (spredningsreduksjon). Det er betydelige usikkerheter knyttet til aktuelle løsninger med tanke på langtidseffekter, og om bundet PFAS vil kunne lekke ut igjen over tid. Det er også fra aktuell leverandør oppgitt en relativt kort garantitid for løsningen (10 år).

Tabell 10-3: Vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder for utfylt område ved Ørneveien (UOØ).

Tiltaksmetode	Fjerner forurensningen	Vurdering av egnethet
Oppgraving m/ekstern deponering	X	Vurderes som aktuelt primærtiltak. Forurensningen ligger i relativt grunt, i umettet sone, og er tilgjengelig for oppgraving. Det forventes ikke behov for senkning av grunnvann ved gjennomføring av gravetiltak. Høye konsentrasjoner og høy andel av de beregnede mengdene innenfor et begrenset areal/volum gir relativt høy tiltakseffekt (g PFAS/m ³) ved oppgraving. Området hvor de høyeste konsentrasjonene er påvist er nært internvei, og har infrastruktur som fjernvarme, vann- og avløp i grunnen som vil kunne påvirke tilgjengelig areal for utgraving.
Oppgraving m/ekstern forbrenning	X	Vurderes som lite aktuelt tiltak. Forurensningen ligger i relativt grunt, i umettet sone, og er tilgjengelig for oppgraving. Det forventes ikke behov for senkning av grunnvann ved gjennomføring av gravetiltak. Høye konsentrasjoner og høy andel av de beregnede mengdene innenfor et begrenset areal/volum gir relativt høy tiltakseffekt (g PFAS/m ³) ved oppgraving. Massene består av blandede masser (mineralsk/torv), og mineralske masser er oppgitt av leverandør å være dyrt å forbrenne. Tiltak med forbrenning krever også at massene graves opp og kjøres til forbrenningsanlegg, samt at de før levering til anlegget er sikket til fraksjoner <30 mm. Høy kostnad oppgitt fra leverandør for forbrenning sammenlignet med deponi, gjør derfor at tiltaket vurderes som lite aktuelt.
Tildekking		Vurderes som lite aktuelt primærtiltak. Forurensningen er i hovedsak i umettet sone, og effekten av tiltaket forventes å være høy i form av immobilisering/spredningsreduksjon. Området hvor de høyeste konsentrasjonene er påvist er nært internvei, og har imidlertid infrastruktur som fjernvarme, vann- og avløp i grunnen. Dette vil gjøre etablering av en tildekkingsløsning krevende både med hensyn på praktisk utførelse og etterbruk av området. På grunn av usikkerheter knyttet til levetid for tildekkingsmembraner kreves det tett oppfølging i lang tid etter gjennomført tiltak, og tiltaket kan også gi begrensninger på etterbruk av området.
Innkapsling		Vurderes som lite aktuelt primærtiltak, ettersom forurensningen i hovedsak ligger i umettet sone og en tildekking forventes å gi ønsket effekt til en betydelig lavere total kostnad. På samme måte som for tildekking vil infrastruktur som fjernvarme, vann- og avløp i grunnen gjøre etablering av en innkapsling krevende, både med hensyn på praktisk utførelse og etterbruk av området. En innkapsling vil også kreve at man graver opp masser til et større dyp for å legge bunntetting, noe som vil være praktisk utfordrende og innebære en betydelig merkostnad sammenliknet med et tildekkingsiltak.
Vasking av masser	X	Vurderes som lite aktuelt primærtiltak. Massene består av blandede masser (mineralsk/torv), og de høyeste konsentrasjonene er i organiske masser som er uegnede for vasking.
Stabilisering		Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak. Massene ved lokaliteten består av blandede masser (fyllmasser og torv), og er i utgangspunktet lite egnet for innblanding av sorbent. Stabilisering er et tiltak som har begrenset dokumentasjon knyttet til langtidseffekt, og dette vil da være et tiltak som krever tett oppfølging i lang tid etter gjennomført tiltak. Enhetspriser for sorbent som oppgitt av leverandør er også relativt høye.

Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn

Tromsø lufthavn Langnes

Oppdragsnr.: 5205614 Dokumentnr.: RIM09-ENTC Versjon: E05



Termisk behandling	X	Vurderes per i dag som lite aktuell tiltaksmetode for lokaliteten. Termisk behandling (her <i>termisk desorpsjon</i>) av PFAS-forurensede masser er en tiltaksmetode som er under utvikling, men som per i dag i begrenset grad er utprøvd og dokumentert i fullskala. Det er fortsatt betydelige usikkerheter knyttet til metoden med tanke på blant annet mulig dannelse av mellomprodukter, utslipp i gassfase og kostnader. Det er også en svært energikrevende løsning.
Rensing av grunnvann (<i>pump and treat</i>)	X	Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak ettersom forurensningen i hovedsak er i umettet sone.
Reaktiv barriere		Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak ettersom forurensningen i hovedsak er i umettet sone. Reaktiv barriere er et tiltak som i hovedsak er rettet mot å håndtere den forurensning som ligger i mettet sone (spredningsreduksjon). Det er betydelige usikkerheter knyttet til aktuelle løsninger med tanke på langtidseffekter, og om bundet PFAS vil kunne lekket ut igjen over tid. Det er også fra aktuell leverandør oppgitt en relativt kort garantitid for løsningen (10 år).

Tabell 10-4: Vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder for gammel brannstasjon og deice-området (GBS).

Tiltaksmetode	Fjerner forurensningen	Vurdering av egnethet
Oppgraving m/ekstern deponering	X	Vurderes som aktuelt primærtiltak. Forurensningen ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving, men er fordelt i både umettet og mettet sone. Det må derfor påberegnes behov for senkning/håndtering av grunnvann ved gjennomføring av tiltak som omfatter graving under grunnvannsnivå (ca. 2-3 mut). Høye konsentrasjoner og høy andel av de beregnede mengdene innenfor et begrenset areal/volum gir relativt høy tiltakseffekt (g PFAS/m ³) ved oppgraving. Forurensningen er i et område (nært taksebane) hvor lufthavndrift vil måtte hensyntas ved gjennomføring av tiltak.
Oppgraving m/ekstern forbrenning	X	Vurderes som lite aktuelt tiltak. Forurensningen ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving, men er fordelt i både umettet og mettet sone. Det må derfor påberegnes behov for senkning/håndtering av grunnvann ved gjennomføring av tiltak som omfatter graving under grunnvannsnivå (ca. 2-3 mut). Høye konsentrasjoner og høy andel av de beregnede mengdene innenfor et begrenset areal/volum gir relativt høy tiltakseffekt (g PFAS/m³) ved oppgraving. Forurensningen er i et område (nært taksebane) hvor lufthavndrift vil måtte hensyntas i gjennomføring av tiltak. Massene består hovedsakelig av mineralske masser (fyllmasser) som er oppgitt av leverandør å være dyrt å forbrenne. Tiltak med forbrenning krever også at massene graves opp og kjøres til forbrenningsanlegg, samt at de før levering til anlegget er siktet til fraksjoner <30 mm. Høy kostnad oppgitt fra leverandør for forbrenning sammenlignet med deponi, gjør derfor at tiltaket vurderes som lite aktuelt.
Tildekking		Vurderes som lite aktuelt primærtiltak. Ved dagens situasjon ligger hoveddelen av forurensningen under asfaltert areal, men det er høye konsentrasjoner i grunnvann nedstrøms det forurensede området. Forurensningen er i fordelt i både umettet og mettet sone, og effekten av tiltaket forventes å være lav i form av immobilisering/spredningsreduksjon. På grunn av usikkerheter knyttet til levetid for tildekkingsmembraner kreves det tett oppfølging i lang tid etter gjennomført tiltak, og tiltaket kan også gi begrensninger på etterbruk av området.

Innkapsling		Vurderes som lite aktuelt primærtiltak, ettersom forurensningen er fordelt i umettet og mettet sone. Et tiltak med innkapsling av forurensede masser vurderes i utgangspunktet som mest aktuelt der forurensningen i hovedsak ligger i umettet sone, da det vil være praktisk utfordrende å etablere en bunntetting ned i mettet sone. En innkapsling vil kreve at man graver opp masser til et større dyp for å legge bunntetting, noe som vil være praktisk utfordrende og innebære en betydelig merkostnad sammenliknet med et tildekkningstiltak. Tiltaket kan også gi begrensninger på etterbruk av området.
Vasking av masser	X	Vurderes som mulig aktuelt primærtiltak, men med usikkerhet knyttet til samlet effekt av tiltaket. Det er ikke utført laboratorieforsøk med masser fra lokaliteten, som gir usikkerhet for om jordvasking er en egnet tiltaksmetode, og usikkerhet knyttet til hvilke konsentrasjoner man vil klare å oppnå vasking til og effekt av tiltaket samlet sett. Tilriggingskostnad for et mobilt vaskeanlegg er forventet høy, og gjennomføring av et tiltak med vasking av masser krever betydelige volum masser (> 10 000 m ³) som skal vaskes for å oppnå kost/effekt som er konkurransedyktig med deponeringskostnader. Volum masser som omfattes av tiltak ved gammel brannstasjon og deice-området (GBS) er avhengig av tiltaksomfang, men er estimert til mellom 32 000-46 800 m ³ (se Tabell 2-3).
Stabilisering		Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak. Ettersom fyllmassene forventes å være heterogene forventes innblanding av sorbent og tilbakelegging på området å være mindre egnet. Stabilisering er også et mindre egnet tiltak der hvor forurensningen ligger i overgang til og ned i mettet sone. Stabilisering er et tiltak som har begrenset dokumentasjon knyttet til langtidseffekt, og dette vil da være et tiltak som krever tett oppfølging i lang tid etter gjennomført tiltak. Enhetspriser for sorbent som oppgitt av leverandør er relativt høye.
Termisk behandling	X	Vurderes per i dag som lite aktuell tiltaksmetode for lokaliteten. Termisk behandling (her <i>termisk desorpsjon</i>) av PFAS-forurensede masser er en tiltaksmetode som er under utvikling, men som per i dag i begrenset grad er utprøvd og dokumentert i fullskala. Det er fortsatt betydelige usikkerheter knyttet til metoden med tanke på blant annet mulig dannelse av mellomprodukter, utslipp i gassfase og kostnader. Det er også en svært energikrevende løsning.
Rensing av grunnvann (<i>pump and treat</i>)	X	Vurderes som aktuelt spredningsreducerende tiltak ettersom det er estimert relativt høye mengder PFAS i jord (18,9 kg), og forurensningen ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving. Ved dagens situasjon ligger hoveddelen av forurensningen under asfaltert areal, men det er høye konsentrasjoner i grunnvann nedstrøms det forurensede området. Forurensningen er fordelt i både umettet og mettet sone, og et tiltak med rensing av grunnvann vil kun ha effekt på spredning fra mettet sone, noe som vil bety mengden PFAS som tas ut per tid vil være begrenset, men tiltaket reduserer spredning fra feltet til resipient betydelig. Vannet må samles i et egnet oppsamlingspunkt som samler en større andel av den totale avrenningen fra brannøvingsfeltet. Tiltaket vil ha en høy etableringskostnad.
Reaktiv barriere		Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak ettersom det er estimert relativt høye mengder PFAS i jord (18,9 kg), og forurensningen ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving. Ved dagens situasjon ligger hoveddelen av forurensningen under asfaltert areal, men det er høye konsentrasjoner i grunnvann nedstrøms det forurensede området. Forurensningen er fordelt i både umettet og mettet sone. En reaktiv barriere er et tiltak som i hovedsak er rettet mot å håndtere den forurensning som ligger i mettet sone (spredningsreduksjon), men det er betydelige usikkerheter knyttet til aktuelle løsninger med tanke på langtidseffekter, og om bundet PFAS vil kunne lekke ut igjen over tid. Det er også fra aktuell leverandør oppgitt en relativt kort garantitid for løsningen (10 år).

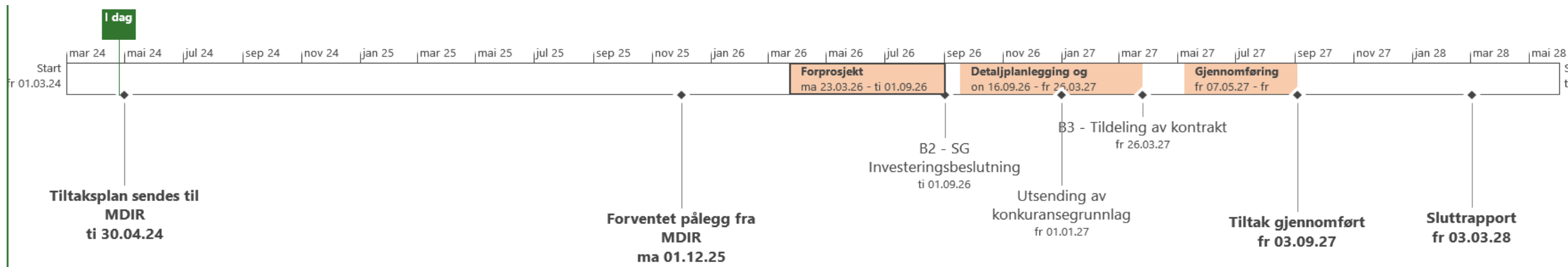
Vedlegg 3 – Avinors fremdriftsplan



PFAS Programmet Tidsplan Tromsø BØF 2

– Tidsplan pr 25.4.2024

PFAS Tromsø BØF 2 Tidsplan





PFAS Programmet Tidsplan Tromsø GBS

– Tidsplan pr 25.4.2024

PFAS Tromsø GBS - Tidsplan

