

AVINOR AS

TILLEGGSNOTAT TIL TILTAKSPLAN FOR PFAS- FORURENSET GRUNN SOM FØLGE AV BRANNØVING

KRISTIANSUND LUFTHAVN, KVERNBERGET

ADRESSE COWI AS
Postboks 2422
5824 Bergen
Norway
TLF +47 02694
WWW cowi.com

PROSJEKTNR.

A232698

DOKUMENTNR.

A232698-NOT014

VERSJON

01 – sladdet
versjon

UTGIVELSES DATO

30.06.2023

BESKRIVELSE

Tilleggsnotat til tiltaksplan,
sladdet versjon

UTARBEIDET

Heidi Knutsen

KONTROLLERT

Arve Misund

GODKJENT

Stein B. Olsen

INNHOOLD

Sammendrag	2
1 Innledning	4
2 Supplerende prøvetaking mai-juni 2023	5
2.1 Feltarbeid	5
2.2 Kjemiske analyser	9
2.3 Jord	10
2.4 Vann	15
3 Mengdeberegninger for skråning	16
4 Spredningsvurdering for skråning	18
5 Risikovurdering dagens situasjon	18
5.1 Skråning	18
5.2 Boligfelt	20
6 Foreslått tiltak	27
6.1 Tiltaksområde	27
6.2 Mengde PFAS innenfor tiltaksområdet	28
6.3 Tiltaksmetode	28
6.4 Kostnadsberegninger	28
6.5 Spesifikke miljømål	30
6.6 Risiko for spredning og avbøtende tiltak	30
7 Oppsummering tiltak BØFB flaten og skråningen	31
7.1 Samlet tiltaksomfang	31
7.2 Fremdrift og overvåking	32
Referanser	33
Vedlegg	34
Vedlegg A – Løsmassebeskrivelser	34
Vedlegg B – Analyserapporter fra Eurofins	34
7.3 Vedlegg C – PFAS sammensetning jordprøver	34

Sammendrag

Avinor leverte den 28.04.2023 en tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn som følge av brannøving ved Kristiansund lufthavn, Kvernberget, til Miljødirektoratet. Dette dokumentet er et tilleggsnotat til tiltaksplanen, som beskriver utført supplerende prøvetaking av jord i skråningen og boligfeltet nedstrøms det nedlagte brannøvingsfeltet BØFB i mai-juni 2023. Beboerne i området er informert om analyseresultatene fra prøvetakingen.

Det er utført nye mengdeberegninger, risiko- og tiltaksvurderinger for skråningen basert på utført supplerende prøvetaking. I tillegg er det utført risikovurdering for boligfeltet nedenfor skråningen for beregning av akseptkriterium for PFAS i jord ved bruk av Miljødirektoratets verktøy for risikovurdering av human helse. Resultatene er presentert i dette notatet. I tillegg er det utført supplerende prøvetaking av resterende private eiendommer i den delen av boligfeltet som ligger i lengst avstand fra brannøvingsfeltet og skråningen, men analyseresultatene er ikke mottatt per dags dato. Det er også et ønske fra Avinor om å prøveta dyrket frukt/grønt fra hagene for å undersøke hvorvidt det er opptak av PFAS fra jorden. Resultatene fra dette arbeidet vil videreformidles til beboerne og Miljødirektoratet, og danner sammen med tidligere prøver i boligområdet grunnlaget for videre vurderinger av behov for tiltak.

De høyeste PFAS-konsentrasjonene er påvist i den øvre delen av skråningen, opp mot brannøvingsfeltet BØFB (enkelte prøvepunkter med konsentrasjoner $>3000 \mu\text{g}$ sum PFAS/kg). Konsentrasjonene avtar generelt videre nedover skråningen, men det er påvist moderate til høye konsentrasjoner av sum PFAS $\geq 150 \mu\text{g/kg}$ like ovenfor boligfeltet. [REDACTED]

Ifølge ansatte og fastboende ved Kristiansund lufthavn er ikke skråningen nedenfor BØFB et kjent område for rekreasjon/turmuligheter, og det er ikke merket tursti gjennom området. Videre er deler av området utilgjengelig for allmenn ferdsel, ettersom terrenget er bratt og kupert. Det kan imidlertid ikke utelukkes at området benyttes i noen grad, eksempelvis av turgåere eller barn som leker i området. Med utgangspunkt i antatt arealbruk med oppholdstid på ca. 3 dager i uken á 1 time per dag for både voksne og barn (ansett som en konservativ tilnærming), er det beregnet et akseptkriterium i jord på $1180 \mu\text{g}$ sum PFAS/kg for lokaliteten. Deler av skråningen i området nærmest BØFB har konsentrasjoner som overskrider dette.

Med utgangspunkt i beregnet akseptkriterium på $1180 \mu\text{g/kg}$ er det vurdert som behov for tiltak i den øvre delen av skråningen, hvor interpolert sum PFAS overskrider $1000 \mu\text{g/kg}$. Dette området er relativt flatt sammenliknet med andre deler av skråningen og er tilgjengelig fra oversiden, via BØFB. Foreslått tiltaksområde i den øvre delen av skråningen har et areal på ca. 2500 m^2 . Innenfor tiltaksområdet er det estimert en mengde PFAS på ca. $0,80 \text{ kg}$ fordelt på et volum løsmasser på ca. 375 m^3 (totalt for skråningen er det estimert ca. $1,6 \text{ kg}$ PFAS fordelt på ca. 3500 m^3 løsmasser).

Basiskostnad er estimert til 5,1 MNOK for det foreslåtte tiltaket med fjellrensk innenfor tiltaksområdet øverst i skråningen. Avinor har, basert på erfaringstall, lagt til en 15 % usikkerhet for å etablere P50 for det økte tiltaksområdet. Estimert P50 blir da 5,9 MNOK for dette området. Tidligere utført usikkerhetsanalyse for tiltaket på brannøvingsfeltet (BØFB flaten) på Kristiansund lufthavn har beregnet P50 for dette tiltaksområdet til 42,8 MNOK. Summert P50 for foreslått omfang av tiltak blir da $(42,8 \text{ MNOK} + 5,9 \text{ MNOK})$ 48,7 MNOK.

For boligområdet er det med Miljødirektoratets risikovurderingsverktøy beregnet ulike akseptkriterier for jord (fra 6,3 til 63 µg sum PFAS/kg) ved å justere på inputverdiene for totalt organisk karbon (TOC) og fraksjonen av grønnsaksinntak. Med utgangspunkt i målt gjennomsnittlig TOC-verdi på 7 % for boligområdet, er det beregnet akseptkriterier i jord fra 28 til 63 µg sum PFAS/kg, dersom en setter inntaket av grønnsaker fra selvdyrking i hagene til hhv. 100 og 0 % [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Hvorvidt påviste konsentrasjoner av PFAS i hagejord utgjør helserisiko er utfordrende å vurdere, ettersom dette blant annet avhenger av bruken av området (eksempelvis oppholdstid og hvorvidt det pågår dyrking av grønnsaker/frukt) og områdets utforming. Miljødirektoratet har foreløpig ikke satt generelle akseptkriterier/tilstandsklasser for sum PFAS i jord, og det er kun PFOS som har normverdi på 100 µg/kg. Normverdien til PFOS er imidlertid under utredning, og det er foreslått å endre verdien fra 100 µg/kg til 2 µg/kg. Bakgrunnen for endringen er oppdatert kunnskap om helse- og miljøeffekter. [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

1 Innledning

Avinor leverte den 28.04.2023 en tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn som følge av brannøving ved Kristiansund lufthavn, Kvernberget, til Miljødirektoratet (COWI, 2023). Dette dokumentet er et tilleggsnotat til tiltaksplanen, som beskriver utført supplerende prøvetaking av jord i skråningen og boligfeltet nedstrøms det nedlagte brannøvingsfeltet BØFB (Figur 1) i mai-juni 2023. Beboerne i området er informert om analyseresultatene fra prøvetakingen.

De to områdene er i foreliggende notat vurdert hver for seg, ettersom både topografien og bruken av områdene er svært ulike:

- > Som beskrevet i tiltaksplanen for Kristiansund (COWI, 2023) er terrenget i skråningen relativt bratt (ca. 30 m høydeforskjell fra BØFB i nord til bebyggelsen i sør), med tynt løsmassedekke over berg (opp mot 30 cm mektighet, men flere steder er det også berg i dagen). Området er lite brukt ettersom deler av området er svært bratt og kupert og lite tilgjengelig. Det er ikke merket tursti gjennom området, og ifølge beboere i nærheten er skråningen lite/ikke brukt til rekreasjonsformål. Det kan imidlertid forventes opptak av PFAS i vegetasjon og terrestriske arter i skråningen (i 2021 ble det under prøvetakingen av COWI registrert brunstgropor trolig fra hjort). Forurensningen i skråningen skyldes trolig nedfall av brannskum og diffus spredning av PFAS-forurensset grunnvann fra BØFB som munner ut i mindre bekker.
- > Boligfeltet som er lokalisert like nedenfor skråningen er relativt flatt sammenliknet med skråningen ovenfor (ca. 8 m høydeforskjell fra nord mot sør), [REDACTED]
[REDACTED]
Boligfeltet ble opprinnelig etablert som en hagekoloni med parseller i 1916 («Minde» i Byskogen) i forbindelse med første verdenskrig og behov for matuttak (Nordmørsmusea, 2021). I dag er de fleste eiendommene omgjort til permanente boliger. Ifølge beboerne i området ble hagekolonien anlagt på en tidligere myr, og det ble laget dreneringsveger på «kryss og tvers». Videre har alle innbyggerne offentlig innlagt vann (fra vannkilden Storavatnet) [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Det er utført nye mengdeberegninger, risiko- og tiltaksvurderinger for skråningen basert på utført supplerende prøvetaking. I tillegg er det utført risikovurdering for boligfeltet nedenfor skråningen for beregning av akseptkriterium for PFAS i jord ved bruk av Miljødirektoratets verktøy for risikovurdering av human helse. Resultatene er presentert i dette notatet. I tillegg er det utført supplerende prøvetaking av resterende private eiendommer i den delen av boligfeltet som ligger i lengst fra brannøvingsfeltet og skråningen, men analyseresultatene er ikke mottatt per dags dato. Det er også et ønske fra Avinor om å prøveta dyrket frukt/grønt fra hagene for å undersøke hvorvidt det er opptak av PFAS fra jorden. Resultatene fra dette arbeidet vil videreformidles til beboerne og Miljødirektoratet så snart de foreligger, og danner sammen med tidligere prøver i boligområdet grunnlaget for videre vurderinger av behov for tiltak.



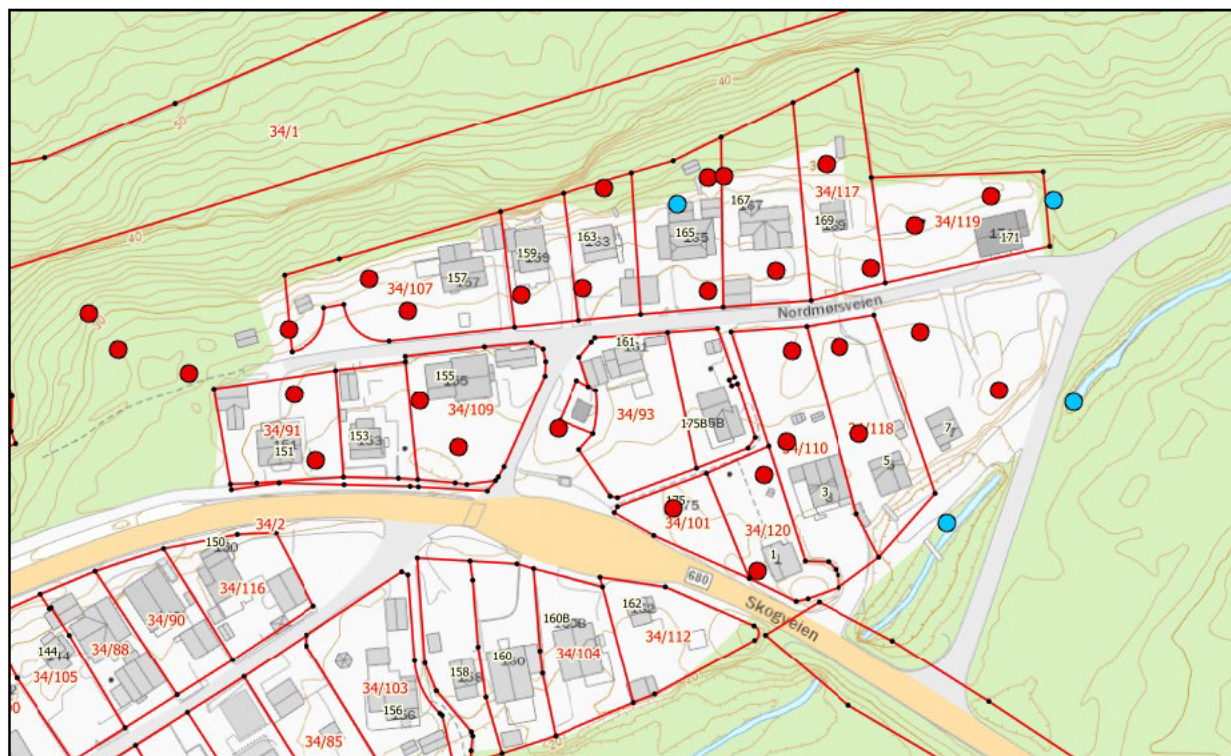
Figur 1 Flyfoto fra norgeskart.no som viser den vestlige delen av Kristiansund lufthavn, der det nedlagte brannøvingsfeltet BØFB, skråningen og boligfeltet nedenfor er markert.

2 Supplerende prøvetaking mai-juni 2023

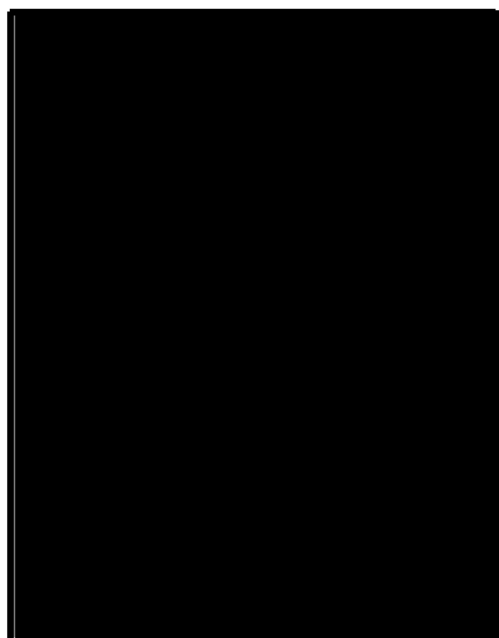
2.1 Feltarbeid

Det ble samlet inn jordprøver fra totalt 67 prøvepunkter i forbindelse med den supplerende PFAS-kartleggingen i mai-juni 2023, hvorav 6 av punktene ble prøvetatt i skråningen i sørvest, mens resterende prøver ble tatt på private eiendommer. Prøvene ble tatt av overflatejord ved bruk av håndholdt utstyr (spade), og oppbevart i lufttette rilsanposer i kjølebag inntil analyse. I skråningen ble det prøvetatt ned til berg ved maksimalt ca. 30 cm dybde, og gravedybden for overflateprøvene av hagejord varierte fra ca. 15-40 cm dybde (se løsmassebeskrivelser i vedlegg A).

Den 11. mai 2023 ble det utført prøvetaking av jord i hager på private eiendommer ovenfor Nordmørsveien som vist i Figur 2. I tillegg ble det tatt noen prøver i skråningen i sørvest med mål om å avgrense tidligere påvist forurensning (Figur 2). Prøvene ble tatt ved bruk av håndholdt utstyr (spade) som illustrert av foto i Figur 3.



Figur 2 Prøvetaking av jord og vann nedenfor brannøvningsfeltet BØFB utført 11. mai 2023. Røde punkter = jordprøver, blå = vannprøver. NB, denne figuren avviker noe fra opprinnelig figur ettersom navngivningen til prøvepunktene er utelatt grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.

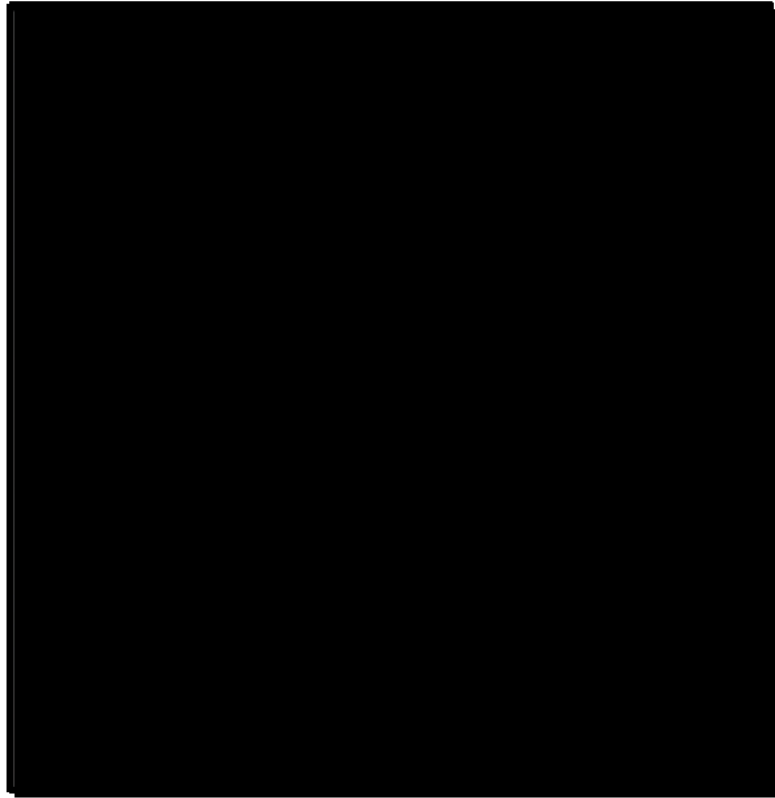


Figur 3 Foto fra håndholdt prøvetaking 11.05.2023.



Som vist i Figur 2 ble det også tatt noen vannprøver 11.05.2023, hvorav prøvepunkt Vann23, Vann3 og Vann25 er prøvetatt tidligere (COWI, 2023). [REDACTED]

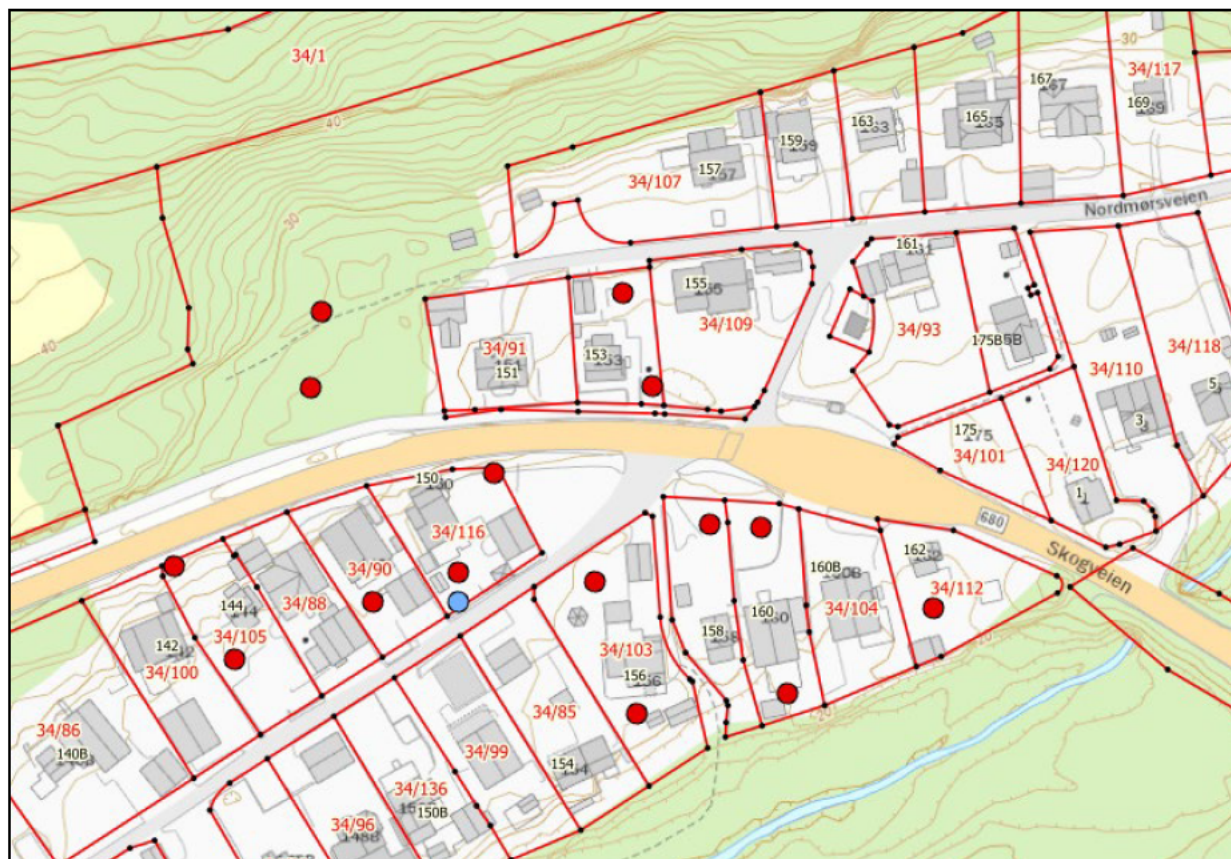
[REDACTED]



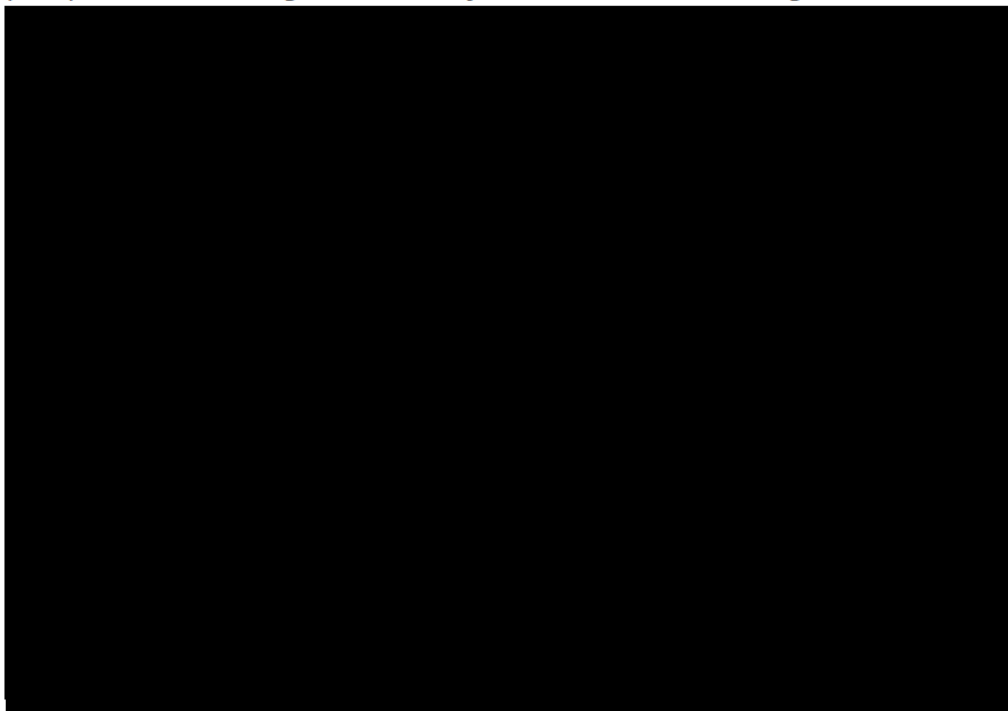
[REDACTED]

[REDACTED] ble det utført en ny prøvetakingsrunde 8. juni 2023, med prøvetaking av eiendommer også sør for Nordmørsveien (se Figur 5). [REDACTED]

[REDACTED]

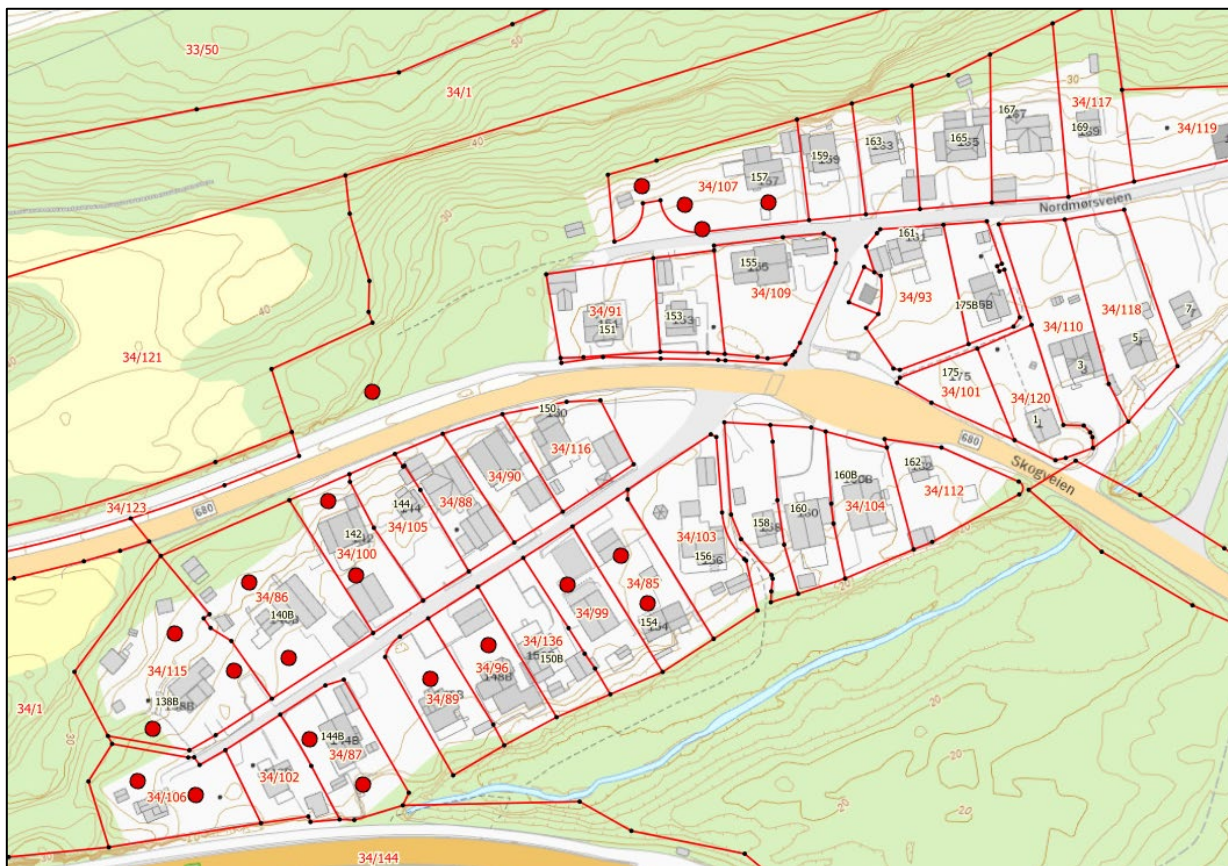


Figur 5 Prøvetaking av jord og vann nedenfor brannøvingsfeltet BØFB utført 8. juni 2023. Røde punkter = jordprøver, blå = vannprøver. NB, denne figuren avviker noe fra opprinnelig figur ettersom navngivningen til prøvepunktene er utelatt grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.



[Redacted text block]

Den 27. juni 2023 ble det utført en tredje prøvetakingsrunde, for å kartlegge resterende del av boligområdet i sørvest (Figur 7). Det ble ikke observert vannsig gjennom eiendommene, men det hadde også vært relativt lite nedbør i forkant av prøvetakingen. Analyseresultatene fra denne prøvetakingsrunden er ikke mottatt p.t.



Figur 7 Prøvetaking av jord nedenfor brannøvingsfeltet BØFB utført 27. juni 2023. NB, denne figuren avviker noe fra opprinnelig figur ettersom navngivningen til prøvepunktene er utelatt grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.

2.2 Kjemiske analyser

Samtlige prøver ble sendt til Eurofins for analyse av PFAS. Jordprøvene ble i tillegg analysert for totalt organisk karbon (TOC).

PFAS-analyser av jord utgjorde 35 forbindelser:

- > 4:2 FTS, 6:2 FTS, 8:2 FTS, HPFHpA, PF-3,7-DMOA, PFDA, PFBA, PFBS, PFDoDA, PFTTrDA, PFDS, PFHpA, PFHpS, PFHxA, PFHxDA, PFHxS, PFNA, PFOA, PFOS, PFOSA, PFPeA, PFTeDA, PFUnDA, EtFOSA, EtFOSAA, EtFOSE, MeFOSAA, MeFOSE, MeFOSA, FOSAA, PFPeS, PFNS, PFUnDS, PFDoDs, PFTTrDS.

PFAS-analyser av vann utgjorde 35 forbindelser:

- > PFBS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFDS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDeA, PFUDA, PFDoA, PFTTrA, PFTA, PFHxDA, PFOSA, 4:2 FTS, 6:2 FTS, 8:2 FTS, HPFHpA, PF-3,7-DMOA,

PFPeS, PFNS, PFDoS, EtFOSA, EtFOSAA, EtFOSE, MeFOSAA, MeFOSE, MeFOSA, FOSAA, PFTrDS, PFUnDS.

Analyserapporter fra Eurofins er gitt i vedlegg B.

2.3 Jord

2.3.1 Konsentrasjonsnivå

Tabell og kart som viser prøvepunkter og konsentrasjoner av sum PFAS i overflateprøver fra skråningen og boligfeltet basert på prøvetakingen i mai-juni 2023 er vist i hhv. Tabell 2 og Figur 8. I figuren er også tidligere prøvepunkter fra skråningen ovenfor inkludert (prøvetatt i 2021-2023).

Konsentrasjonene er fargeklassifisert iht. konsentrasjonsintervaller i Tabell 1

(konsentrasjonsinndeling iht. de samme syv konsentrasjonsintervallene som er gitt i Miljødirektoratets pålegg om samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner).

Tabell 1 Konsentrasjonsintervaller for innhold av Σ PFAS og PFOS i jord ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

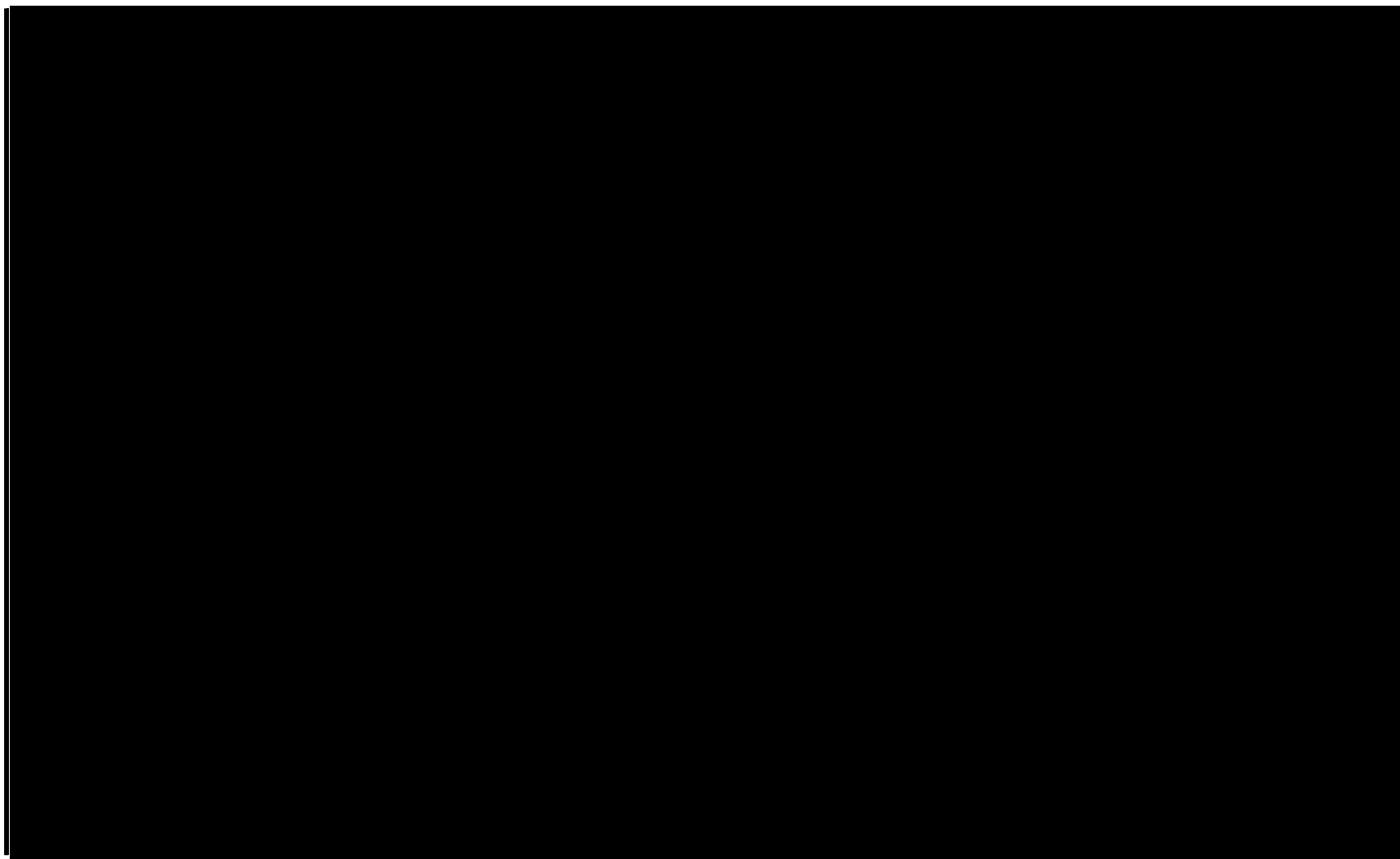
Σ PFAS og PFOS i jord ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
<3
3-30
30-150
150-500
500-1000
1000-3000
>3000

Det ble påvist fra 0,34 til 570 μg sum PFAS/kg i jordprøvene prøvetatt i mai-juni 2023. Den høyeste konsentrasjonen på 570 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ble påvist i [REDACTED]

Tabell 2 Analyseresultater for PFOS og Σ PFAS i jordprøver ($\mu\text{g}/\text{kg}$) fra skråningen og boligfeltet nedenfor BØFB prøvetatt i mai-juni 2023. Resultatene er fargekodet iht. Konsentrasjonsintervaller gitt i Tabell 1. I tabellen er også resultater for totalt organisk karbon (%) vist. Alle resultatene er oppgitt på tørrstoffbasis (TS).

Område	Prøvepunkt	Dato	Dyp (cm)	PFOS ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Σ PFAS ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	TOC (%)	TS (%)	Maks gravedyp (cm)	Grunn ved maks gravedyp
Skråning	SJ98	11.05.2023	0-40	8,9	13	22	16	40	Berg
	SJ99	11.05.2023	0-25	14	19	7,1	54	25	Berg
	SJ100	11.05.2023	0-20	89	200	11	11	20	Berg
	SJ101	11.05.2023	0-35	410	460	5,1	58	35	Berg
	SJ142	08.06.2023	0-15	7,8	12	9,1	57	15	Jord
	SJ143	08.06.2023	0-20	110	120	3,4	68	20	Berg
Boligfelt (privat eiendom)			0-24	12	14	1,6	79	24	Jord
			0-25	5,7	7,4	4,0	68	25	Jord
			0-40	2,4	3,8	8,7	58	40	Jord
			0-25	1,5	2,3	8,4	59	25	Jord

Område	Prøvepunkt	Dato	Dyp (cm)	PFOS (µg/kg)	ΣPFAS (µg/kg)	TOC (%)	TS (%)	Maks gravedyp (cm)	Grunn ved maks gravedyp
			0-40	450	570	8,8	56	40	Jord
			0-40	15	19	2,6	68	40	Jord
			0-50	340	390	3,8	59	50	Jord
			0-20	350	410	5,2	62	20	Jord
			0-40	26	33	4,0	69	40	Jord
			0-30	7,3	9,2	3,7	79	30	Jord
			0-30	4	6,3	6,2	63	30	Jord
			0-60	350	450	8,5	51	60	Jord
			0-30	82	92	2,4	64	30	Jord
			0-40	170	180	2,5	64	40	Jord
			0-20	11	15	5,2	61	20	Jord
			0-40	15	20	1,4	82	40	Jord
			0-15	1,1	1,4	1,7	92	15	Jord
			0-30	1,2	1,5	6,7	70	30	Jord
			0-40	0,23	0,34	12	75	40	Jord
			0-20	1,8	3	4,4	60	20	Jord
			0-30	2,4	3,4	6,0	66	30	Jord
			0-30	1,4	2,5	6,2	63	30	Jord
			0-35	2,1	2,9	5,9	58	35	Jord
			0-40	6,9	9,2	26	36	40	Jord
			0-25	1,8	3,3	25	55	25	Jord
			0-30	2,9	5,9	6,0	56	30	Jord
			0-40	0,92	1,5	3,2	76	40	Jord
			0-33	0,83	1,3	3,4	70	33	Jord
			0-30	0,65	1	4,7	71	30	Jord
			0-24	0,44	0,72	2,2	79	24	Jord
			0-18	1,4	2,1	7,5	65	18	Jord
			0-17	3,4	4,9	6,8	65	17	Stein/berg
			0-27	3,7	5	11	56	27	Jord
			0-30	8,7	11	18	44	30	Jord
			0-22	0,76	2,5	18	44	22	Stein/berg
			0-20	0,91	1,4	3,6	56	20	Jord
			0-26	0,8	1,3	6,9	61	26	Jord
			0-17	1,6	2,5	8,6	57	17	Jord
			0-20	4,7	6,5	5,5	67	20	Jord
			0-20	3,3	5,2	6,9	63	20	Jord



Figur 8 Kart over prøvepunkter for jordprøver i skråningen og boligfeltet nedenfor brannøvingsfeltet BØFB på Kristiansund lufthavn. Prøvepunkter er klassifisert iht. Konsentrasjonsintervaller for Σ PFAS ($\mu\text{g/kg}$) i Tabell 1.

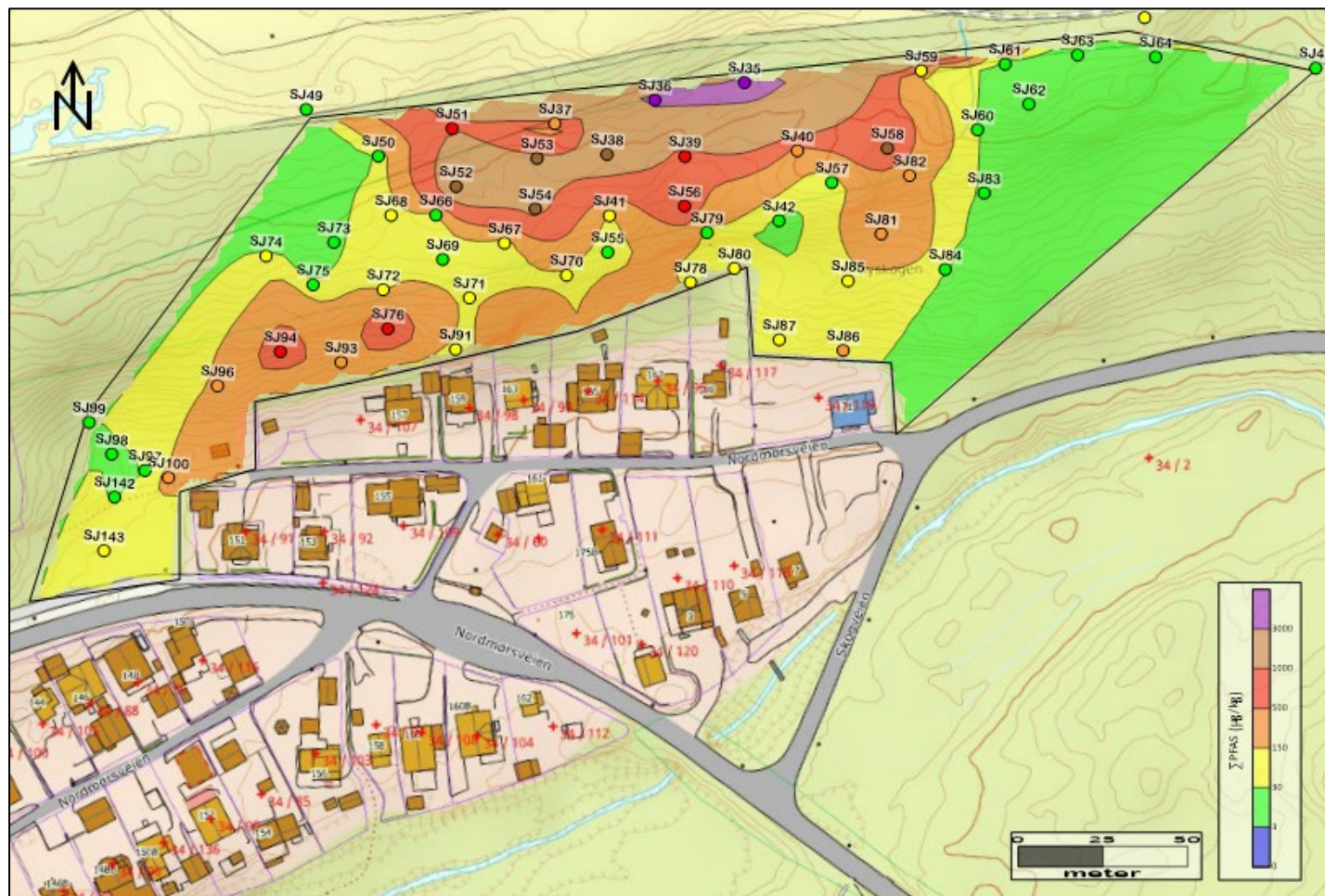
2.3.2 Avgrensning i dypet

Den vertikale fordelingen av PFAS i skråningen er ansett som godt avgrenset mot fjell. Løsmassene i skråningen har opp mot 30 cm dybde. I hagene fra boligområdet i sør er det kun utført prøvetaking av overflatejord (typisk ca. 30 cm gravedybde, se vedlegg A). Dette vurderes som en tilstrekkelig avgrensning da det er den øverste meteren som betyr mest i forhold til human eksponering.

2.3.3 Horisontal avgrensning

I Figur 9 vises interpolerte konsentrasjonsnivåer av sum PFAS generert i programvaren Surfer, basert på de prøvetatte overflateprøvene fra skråningen og boligfeltet nedenfor BØFB. Som vist i figuren er det påvist høyest PFAS-konsentrasjoner i den øvre delen av skråningen, opp mot brannøvfingsfeltet BØFB (konsentrasjoner >3000 µg sum PFAS/kg i prøvepunktene SJ35 (4000 µg/kg) og SJ36 (3300 µg/kg) nærmest brannøvfingsfeltet ovenfor). Konsentrasjonene avtar generelt videre nedover skråningen





Figur 9 Interpolert konsentrasjonsfordeling av Σ PFAS i jord ($\mu\text{g/kg}$) i skråningen og boligfeltet nedenfor BØFB, basert på analyseresultater fra 2019-2023. Områdene "skråning" og "boligfelt" er adskilt av eiendomsgrensen opp mot skråningen i den nordlige delen av boligfeltet. NB, denne figuren avviker noe fra opprinnelig figur ettersom prøvepunktene fra boligfeltet er utelatt grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.

2.4 Vann

Tabell og kart som viser prøvepunkter og konsentrasjoner av sum PFAS i vannprøver fra prøvetakingen 11. mai og 8. juni 2023 er vist i hhv. Tabell 4 og Figur 10. I forkant av begge prøvetakingsrundene hadde det vært relativt lite nedbør.

Konsentrasjonene er fargeklassifisert iht. konsentrasjonsintervaller i Tabell 3 (klassegrensene er de samme som i tidligere utarbeidede rapporter i PFAS-prosjektet til Avinor). Nedre grense tilsvarer AA-EQS for ferskvann, og øvre grense tilsvarer MAC-EQS for ferskvann.

Tabell 3 Konsentrasjonsintervaller for innhold av Σ PFAS og PFOS i vann (ng/l).

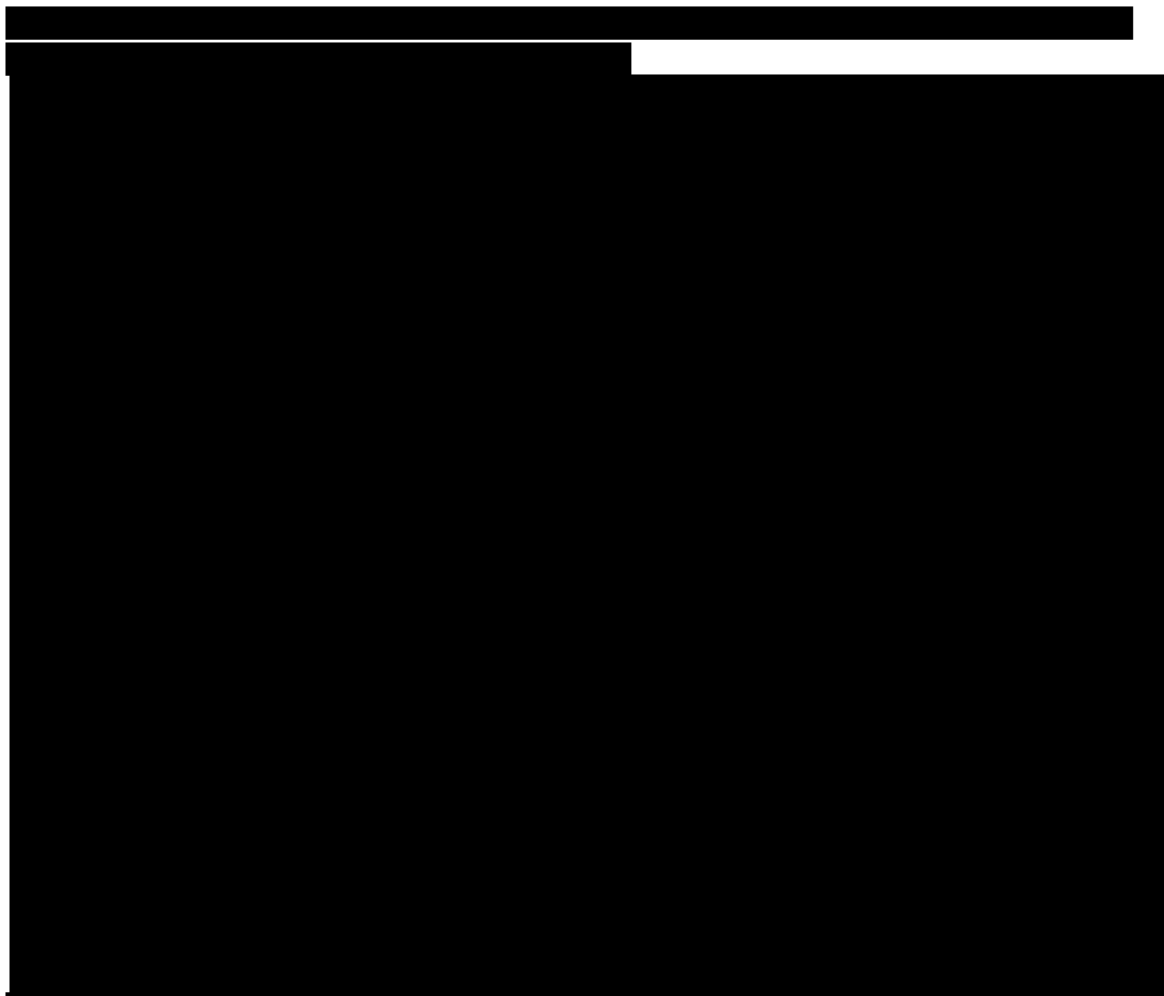
Σ PFAS i vann (ng/l)
<0,65
0,65-30
30-300
300-1 000
1 000-3 000
3 000-10 000
10 000-36 000
>36000

Tabell 4 Resultat av PFOS og Σ PFAS (ng/l) i overflatevann/kildeutspring nedstrøms det nedlagte brannøvingsfeltet BØFB på Kristiansund lufthavn, prøvetatt mai-juni 2023. Resultatene er fargeklassifisert iht. Klasseinndelingen i Tabell 3.

Prøvepunkt	Dato	Beskrivelse	PFOS (ng/l)	Σ PFAS (ng/l)
Vann3	11.05.2023	Byskogbekken oppstrøms BØFB, mye vann.	120	210
Vann23	11.05.2023	Bekk nedstrøms BØFB, like oppstrøms Byskogbekken ved Nordmørsveien 171, anslått 0,5-1,5 l/sek.	2700	4400
Vann25	11.05.2023	Byskogbekken nedstrøms Vann3 og Vann23, mye vann.	150	250
			4000	6100
			1,2	3,4

I punktet Vann23 nedstrøms BØFB ble det i likhet med tidligere prøvetakingsrunder (COWI, 2023) påvist relativt høye konsentrasjoner av sum PFAS (4400 ng/l). Prøvepunktene Vann3 og Vann25 i Byskogbekken hadde relativt lave nivåer av sum PFAS mellom 210-250 ng/l, hvilket er i overensstemmelse med tidligere prøvetakingsrunder (COWI, 2023). Konsentrasjonene av PFOS i Byskogbekken var over AA-EQS for ferskvann på 0,65 ng/l, men langt under MAC-EQS på 36000 ng/l.

[Redacted text block]

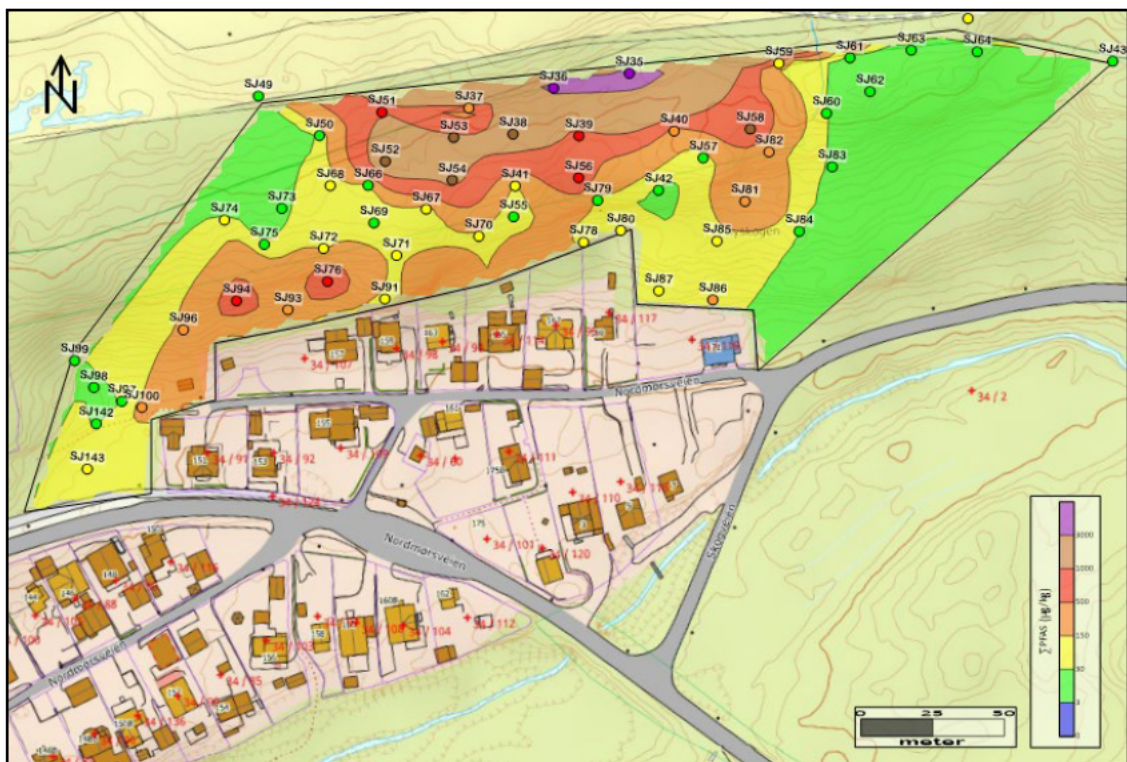


Figur 10 Plassering av vannprøvepunkt prøvetatt 11.05.2023 (Vann3, Vann23, Vann25 og Vann27) og 08.06.2023 (Vann28). Resultater fra prøvetakingen er vist for Σ PFAS (ng/l) med fargeklassifisering iht. klasseinndelingen i Tabell 3.

3 Mengdeberegninger for skråning

Som beskrevet i tiltaksplanen for Kristiansund lufthavn (COWI, 2023) er formålet med beregningene av mengder PFAS i jord å gi et grunnlag for vurdering av forurensningssituasjonen, og for beregning av kost/effekt av tiltak. Nedenfor er mengdeberegningene for skråningen ovenfor boligfeltet oppdatert iht. resultatene fra supplerende jordprøvetaking i mai-juni 2023 (se områdeavgrensning i Figur 11). Metoden for mengdeberegning er beskrevet i tiltaksplanen (COWI, 2023).

Polygonene som er generert i Surfer basert på interpolerte konsentrasjonsnivåer av sum PFAS i skråningen er vist i Figur 11. Resultater fra mengdeberegningene er gitt i Tabell 5.



Figur 11 Interpolert konsentrasjonsfordeling av Σ PFAS i jord ($\mu\text{g/kg}$) i skråningen nedenfor brannøvingfeltet BØFB, basert på analyseresultater fra 2019-2023. Løsmassene i skråningen har en mektighet på opp mot 30 cm over fjell (estimert gjennomsnitt ca. 15 cm over fjell). NB, denne figuren avviker noe fra opprinnelig figur ettersom prøvepunktene fra boligfeltet er utelatt grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.

Tabell 5 Beregnede mengder Σ PFAS (kg) og volum masser (m^3) i skråningen nedenfor BØFB på Kristiansund lufthavn, for områder med konsentrasjoner >3 , >30 , >150 og $>500 \mu\text{g/kg}$.

Dybde (m)	Areal (m^2)	Volum (m^3)	Fraksjon <20 mm (%)	Vekt fraksjon <20 mm (tonn)	Σ PFAS ($\mu\text{g/kg}$)	Σ PFAS (kg)	Σ PFAS/totalt volum (g/m^3)
$>3 \mu\text{g/kg}$							
0-0,15	23319	3498	70	4407	366	1,6	0,46
$>30 \mu\text{g/kg}$							
0-0,15	15733	2360	70	2974	507	1,5	0,64
$>150 \mu\text{g/kg}$							
0-0,15	8701	1305	70	1644	794	1,3	1,0
$>500 \mu\text{g/kg}$							
0-0,15	4333	650	70	819	1304	1,1	1,6

Som vist i Tabell 5 er det for skråningen beregnet ca. **1,6 kg** sum PFAS ($>3 \mu\text{g/kg}$), fordelt over et volum løsmasser på totalt ca. 3500 m^3 (i kapittel 6.2 er det også utført mengdeberegninger for foreslått tiltaksområde). Dette er overensstemmende med beregningene i tiltaksplanen (estimert ca. 1,7 kg (COWI, 2023)). Liten mektighet av løsmassene på ca. 15 cm i gjennomsnitt over fjell medfører relativt lave mengder PFAS i skråningen sammenliknet med flaten på brannøvingfeltet (estimert 17 kg (COWI, 2023)), til tross for relativt høye konsentrasjoner i den øverste delen av området.

4 Spredningsvurdering for skråning

Som beskrevet i tiltaksplanen for Kristiansund lufthavn (COWI, 2023), er ikke Miljødirektoratets beregningsverktøy for spredning egnet for å vurdere spredning av PFAS fra BØFB og via skråningen til Byskogbekken og sjøresipienten Omsundet. I tiltaksplanen er spredningen av PFAS fra brannøvingsfeltet beregnet på flere måter, hvorav den ene metoden tar utgangspunkt i påviste PFAS-konsentrasjoner og nedbørsfelt generert i Scalgo Live for mindre bekkesig i skråningen (prøvepunkt Vann21-Vann23) hvilket resulterte i en årlig spredningsmengde på ca. 0,61 kg sum PFAS (COWI, 2023). Det er i tiltaksplanen også beregnet spredning ved bruk av målte PFAS-konsentrasjoner i prøvepunkt Vann24 i Byskogbekken og nedbørsfelt generert i Scalgo Live, noe som resulterte i en årlig spredningsmengde på ca. 0,31 kg sum PFAS. Som beskrevet i tiltaksplanen er det antatt at sistnevnte er det mest korrekte estimatet for beregnede spredningsmengder, ettersom det forventes å være bedre kontroll på hva som er reell vannføring i punktet i Byskogbekken sammenliknet med punktene i skråningen, samt at det er utført flere runder med PFAS-prøvetaking av Byskogbekken.

Spredningsberegningene er ikke oppdatert i dette tilleggsnotatet ettersom påviste PFAS-konsentrasjoner i vannprøvene var i samme størrelsesorden som tidligere analyser (COWI, 2023).

5 Risikovurdering dagens situasjon

I dette kapitlet er resultater for risikovurdering for human helse, ved bruk av Miljødirektoratets beregningsverktøy, presentert for skråningen og boligfeltet nedenfor BØFB. Områdene er behandlet separat, da arealbruk og dermed eksponeringen i de to områdene er ulike, og dette påvirker inputverdiene i beregningsverktøyene. Det presiseres at resultatene fra risikovurderingen er beheftet med en viss usikkerhet, og at dette må hensyntas ved bruk av resultatene. Videre har noen av inputparameterne større betydning for resultatene enn andre. Eksempelvis er det ofte stor usikkerhet knyttet til fordelingskoeffisientene (K_d) som ligger inne som standardverdier. Generelt blir resultatene sikrere jo flere stedsspesifikke data som legges inn. Eksempelvis kan man innhente informasjon om jordens TOC-innhold, utføre laboratorieundersøkelser for bestemmelse av K_d -verdi m.m. Bruken av lokaliteten (som oppholdstid på området, og hvorvidt grunnvann fra lokaliteten benyttes til drikkevann m.m) og områdets utforming (areal, dybde til grunnvann osv.) er også parametere man kan justere på og som vil påvirke resultatene.

5.1 Skråning

Som beskrevet i tiltaksplanen for Kristiansund lufthavn (COWI, 2023) er det tidligere utført en overordnet risikovurdering for helse knyttet til opphold i skråningen nedenfor BØFB ved bruk av Miljødirektoratets beregningsverktøy. I dette kapitlet er resultater for risikovurderingen oppdatert med resultater fra supplerende prøvetaking i sørvest.

5.1.1 Input verdier

Det er tatt utgangspunkt i resultater for sum PFAS i stedet for PFOS i jordprøvene, som en konservativ tilnærming. I risikovurderingsverktøyet er det dermed lagt inn en interpolert gjennomsnittskonsentrasjon for sum PFAS på 366 µg/kg innenfor hele det undersøkte arealet på ca. 23 300 m² (se Tabell 5).

I Tabell 6-Tabell 7 er input verdiene til risikovurderingen av skråningen gitt.

Tabell 6 Input verdier benyttet i Miljødirektoratets beregningsverktøy for risikovurdering av helse for skråningen nedenfor BØFB.

Parameter	Sjablongverdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Transport og spredningsprosesser			
Jordspesifikke data			
Vanninnhold i jord (l vann/l jord)	0,2	0,2	-
Luftinnhold i jord (l luft/l jord)	0,2	0,2	-
Jordas tetthet (kg/dm ³)	1,7	1,7	-
Fraksjon organisk karbon i jord (%)	1	3	Lyng/myrjord.
Effektiv porøsitet, ϵ (%)	40	40	-
Data brukt til beregning av konsentrasjon i grunnvann			
Jordas hydrauliske konduktivitet (m/s)	0,0001	0,0001	-
Avstand til brønn (m)	0	0	-
Lengden av det forurensende området i grunnvannsstrømmens retning (m)	50	80	Omtrentlig avstand nord-sør i skråningen.
Fraksjon som infiltrerer	0,5	0,5	-
Gjennomsnittlig årlig nedbørmengde (mm/år)	1500	1243	Gjennomsnitt for de 5 siste år (seklima.met.no).
Infiltrasjonsmengde (meter vann/år)	0,750	0,622	Beregnet ($P \times FI/1000$).
Hydraulisk gradient (m/m)	0,03	0,13	Antatt basert på høydeforskjell og avstand nord-sør
Tykkelsen av akviferen (m)	5	5	Antatt blandingssone grunnvann i fjellsprekker
Tykkelsen av blandingssonen i akviferen (m)	5	5	Antatt blandingssone grunnvann i fjellsprekker
Data brukt til beregning av konsentrasjon i overflatevann			
Vannføring i overflatevann (m ³ /år)	5000000	1 964 600	Anslått i Byskogbekken, basert på nedbørsfelt ved Vann24 generert i Scalgo.
Bredden av det forurensede området vinkelrett på retningen av grunnvannsstrømmen (m)	50	250	Omtrentlig lengde øst-vest.
Beregnet hastighet på grunnvannstrøm (m ³ /år)	23652	49275	Beregnet ($k \cdot i \cdot dmix \cdot LSW$).

Ifølge ansatte og fastboende ved Kristiansund lufthavn er ikke skråningen nedenfor BØFB et kjent område for rekreasjon/turmuligheter, og det er ikke merket tursti gjennom området. Videre er deler av området som tidligere nevnt utilgjengelig for allmenn ferdsel, ettersom terrenget er bratt og kupert. Det kan imidlertid ikke utelukkes at området benyttes i noen grad, eksempelvis av turgåere eller barn som leker i området. For aktuelle eksponeringsveier er det tatt utgangspunkt i antatt arealbruk med oppholdstid på ca. 3 dager i uken á 1 time per dag for både voksne og barn (Tabell 7). Dette er ansett som en konservativ tilnærming.

Tabell 7 Eksponeringsveier og eksponeringstid benyttet som inngangsverdier for risikovurdering av skråningen nedenfor BØFB.

Parameter	Aktuell arealbruk	Begrunnelse
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (barn)	156 d/år 1 t/d	Antar opphold 3 dager i uken, 1 time per dag.
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (voksne)	156 d/år 1 t/d	Antar opphold 3 dager i uken, 1 time per dag.
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (barn)	156 d/år 1 t/d	Antar opphold 3 dager i uken, 1 time per dag.
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (voksne)	156 d/år 1 t/d	Antar opphold 3 dager i uken, 1 time per dag.
Oppholdstid utendørs (barn)	156 d/år 1 t/d	Antar opphold 3 dager i uken, 1 time per dag.
Oppholdstid utendørs (voksne)	156 d/år 1 t/d	Antar opphold 3 dager i uken, 1 time per dag.
Oppholdstid innendørs (barn)	0	Ikke boliger innenfor undersøkt område.
Oppholdstid innendørs (voksne)	0	Ikke boliger innenfor undersøkt område.
Fraksjon av grunnvann fra lokaliteten brukt som drikkevann	0	Ikke aktuelt for vurdering av risiko knyttet til opphold i skråningen.
Fraksjon av inntak av grønnsaker dyrket på lokaliteten	0	Ikke aktuelt for vurdering av risiko knyttet til opphold i skråningen.
Fraksjon av inntak av fisk fra nærliggende resipient	0	Ikke aktuelt for vurdering av risiko knyttet til opphold i skråningen.

5.1.2 Vurdering av resultater

Basert på vektet gjennomsnittskonsentrasjon av sum PFAS i jord på 366 µg/kg, og input parameterne i Tabell 6-Tabell 7, er det vha. modellverktøyet beregnet at opp mot 100 % av eksponeringen for både voksne og barn skyldes oralt jordinntak. Videre er det beregnet en total eksponering på hhv. 0,20 og 0,014 ng/kg kroppsvekt/dag for barn og voksne. Det vil si at det er ansett som akseptabel helserisiko knyttet til opphold i skråningen, om en sammenlikner med MTDI (maksimalt tolerabelt daglig inntak) på 0,63 ng/kg kroppsvekt/dag. Det presiseres imidlertid at dette gjelder ved bruk av den interpolerte gjennomsnittskonsentrasjonen av PFAS i jord. Basert på informasjon om eksponering (Tabell 7) er det imidlertid beregnet et akseptkriterium i jord på **1180 µg sum PFAS/kg** for lokaliteten. Deler av skråningen i området nærmest BØFB har konsentrasjoner som overskrider dette (Figur 8). Opphold i området som overskrider beregnet akseptkriterium er dermed forbundet med uakseptabel helserisiko med utgangspunkt i forutsetningene/inputparameterne nevnt ovenfor.

5.2 Boligfelt

I dette kapitlet er resultater fra risikovurdering av human helse for boligområdet nedenfor presentert, ved bruk av beregningsverktøyet til Miljødirektoratet.

5.2.1 Input verdier

I Tabell 8-Tabell 9 er inputverdiene til risikovurderingen av boligområdet gitt. Det er generelt benyttet sjablongverdier, bortsett fra at det er lagt inn stedsspesifikke verdier for TOC, nedbør, eksponeringstid og eksponeringsveier. Som vist i Tabell 2 var det relativt stor variasjon i målte TOC-nivåer i jordprøvene fra boligfeltet, med verdier fra 1,4 til 26 % TOC. Gjennomsnitt og median var imidlertid relativt like på hhv. 7,1 og 6,0 %.

Tabell 8 Input verdier benyttet i Miljødirektoratets beregningsverktøy for risikovurdering av helse for boligområdet nedenfor BØFB.

Parameter	Sjablongverdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Transport og spredningsprosesser			
Jordspesifikke data			
Vanninnhold i jord (l vann/l jord)	0,2	0,2	-
Luftinnhold i jord (l luft/l jord)	0,2	0,2	-
Jordas tetthet (kg/dm ³)	1,7	1,7	-
Fraksjon organisk karbon i jord (%)	1	1, 3 og 7	1 %: sjablongverdi. 3 %: standard verdi for norsk overflatejord (NIBIO, 2023). 7 %: målt gjennomsnittsverdi.
Effektiv porøsitet, ϵ (%)	40	40	-
Data brukt til beregning av konsentrasjon i grunnvann			
Jordas hydrauliske konduktivitet (m/s)	0,0001	0,0001	-
Avstand til brønn (m)	0	0	-
Lengden av det forurensende området i grunnvannsstrømmens retning (m)	50	50	-
Fraksjon som infiltrerer	0,5	0,5	-
Gjennomsnittlig årlig nedbørmengde (mm/år)	1500	1243	Gjennomsnitt for de 5 siste år (seklima.met.no).
Infiltrasjonsmengde (meter vann/år)	0,750	0,622	Beregnet ($P \times FI/1000$).
Hydraulisk gradient (m/m)	0,03	0,03	-
Tykkelsen av akviferen (m)	5	5	-
Tykkelsen av blandingssonen i akviferen (m)	5	5	-
Data brukt til beregning av konsentrasjon i overflatevann			
Vannføring i overflatevann (m ³ /år)	5000000	5000000	-
Bredden av det forurensede området vinkelrett på retningen av grunnvannsstrømmen (m)	50	50	-
Beregnet hastighet på grunnvannstrøm (m ³ /år)	23652	23652	Beregnet ($k \cdot i \cdot dmix \cdot LSW$).

For eksponeringstid er det tatt utgangspunkt i sjablongverdier for opphold for arealbruken boligområde for både voksne og barn (Tabell 7). For eksponeringsveier er det utført beregninger ved å sette fraksjonen av inntak av grønnsaker dyrket på lokaliteten til 0, 30 (standardverdier iht. grunnlagsrapport for beregningsverktøyet) og 100 % (konservativ verdi) for å undersøke eventuelle forskjeller som følge av inntak av selvdyrkede grønnsaker.

Tabell 9 Eksponeringsveier og eksponeringstid benyttet som inngangsverdier for risikovurdering av boligområdet nedenfor BØFB.

Parameter	Standard verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (barn)	365 d/år 8 t/d	365 d/år 8 t/d	Standard verdi for boligområde.
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (voksne)	365 d/år 8 t/d	365 d/år 8 t/d	Standard verdi for boligområde.
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (barn)	80 d/år 8 t/dag	80 d/år 8 t/dag	Standard verdi for boligområde.
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (voksne)	45 d/år 8 t/dag	45 d/år 8 t/dag	Standard verdi for boligområde.
Oppholdstid utendørs (barn)	365 d/år 24 t/dag	365 d/år 24 t/dag	Standard verdi for boligområde.
Oppholdstid utendørs (voksne)	365 d/år 24 t/dag	365 d/år 24 t/dag	Standard verdi for boligområde.
Oppholdstid innendørs (barn)	365 d/år 24 t/dag	365 d/år 24 t/dag	Standard verdi for boligområde.
Oppholdstid innendørs (voksne)	365 d/år 24 t/dag	365 d/år 24 t/dag	Standard verdi for boligområde.
Fraksjon av grunnvann fra lokaliteten brukt som drikkevann	100 %	0 %	Boligene har offentlig vannforsyning.
Fraksjon av inntak av grønnsaker dyrket på lokaliteten	30 %	0, 30 og 100 %	0 og 30 %: sjablongverdier fra bakgrunnsrapport for beregningsverktøyet. 100 %: også vurdert som «worst case scenario».
Fraksjon av inntak av fisk fra nærliggende resipient	100 %	0 %	Ikke relevant for denne vurderingen.

5.2.2 Vurdering av resultater

Dersom en antar at 30-100 % av grønnsaksinntaket skyldes inntak av grønnsaker dyrket i private hager, er det vha. modellverktøyet beregnet at ca. 30-75 % av eksponeringen for barn skyldes inntak av grønnsaker, og at resterende eksponering skyldes oralt jordinntak. Tilsvarende er det for voksne beregnet at ca. 70-95 % av eksponeringen skyldes inntak av grønnsaker, og resterende eksponering skyldes oralt jordinntak (ved å sette inntaket av grønnsaker til 0 % i modellen, er det beregnet at opp mot 100 % av eksponeringen skyldes oralt jordinntak for barn og voksne (ca. 1 % av eksponeringen for voksne skyldes også inhalering av støv)). Videre er det med risikovurderingsverktøyet beregnet ulike akseptkriterier for jord (fra 6,3 til 63 µg sum PFAS/kg) ved å justere på inputverdiene for TOC og fraksjonen av grønnsaksinntak, som vist i Tabell 10.

Tabell 10 Beregnede akseptkriterium (µg/kg) i hagejord basert på ulike input verdier av fraksjon av inntak av grønnsaker dyrket på lokaliteten (0, 30 eller 100 %) og innhold av totalt organisk karbon (TOC på 1 eller 3 %).

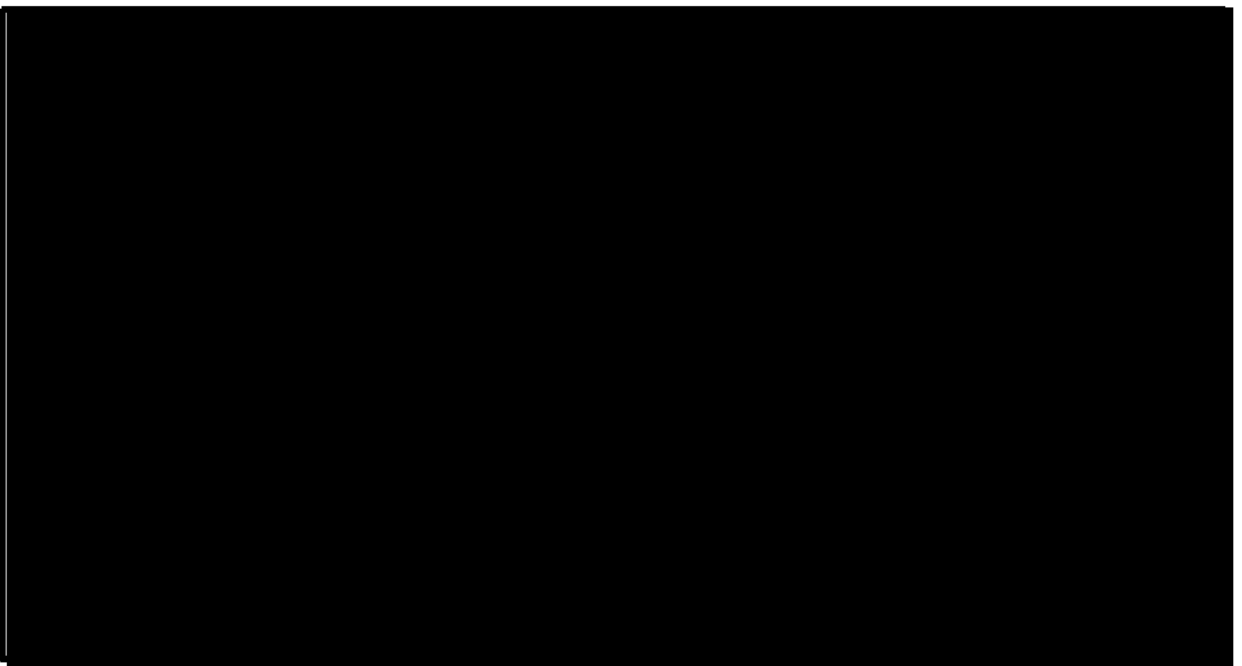
Inntak av grønnsaker dyrket på lokaliteten	0 %	30 %	100 %
Totalt organisk karbon			
1 % (sjablongverdi)	63	17	6,3
3 % (snitt norsk overflatejord (NIBIO, 2023))	63	33	16
7 % (målt gjennomsnittsverdi for jordprøver fra boligfeltet)	63	45	28

Med utgangspunkt i målt gjennomsnittlig TOC-verdi på 7 % for boligområdet, er det beregnet akseptkriterier i jord fra **28 til 63 µg sum PFAS/kg**, dersom en setter inntaket av grønnsaker fra selvdyrking i hagene til hhv. 100 og 0 %. Som vist av Tabell 10 er det beregnet høyere akseptkriterier for jord ved lavere inntak av frukt/grønt eller høyere TOC-nivå. PFAS-forbindelser som PFOS vil generelt bindes sterkere til TOC-holdig jord, hvilket medfører redusert risiko for

spredning og eksponering ved høyere TOC-innhold. Det presiseres imidlertid at det er relativt stor variasjon i målte TOC-verdier i hagejorden fra de prøvetatte eiendommene (fra 1,4 til 26 %, se Tabell 2).

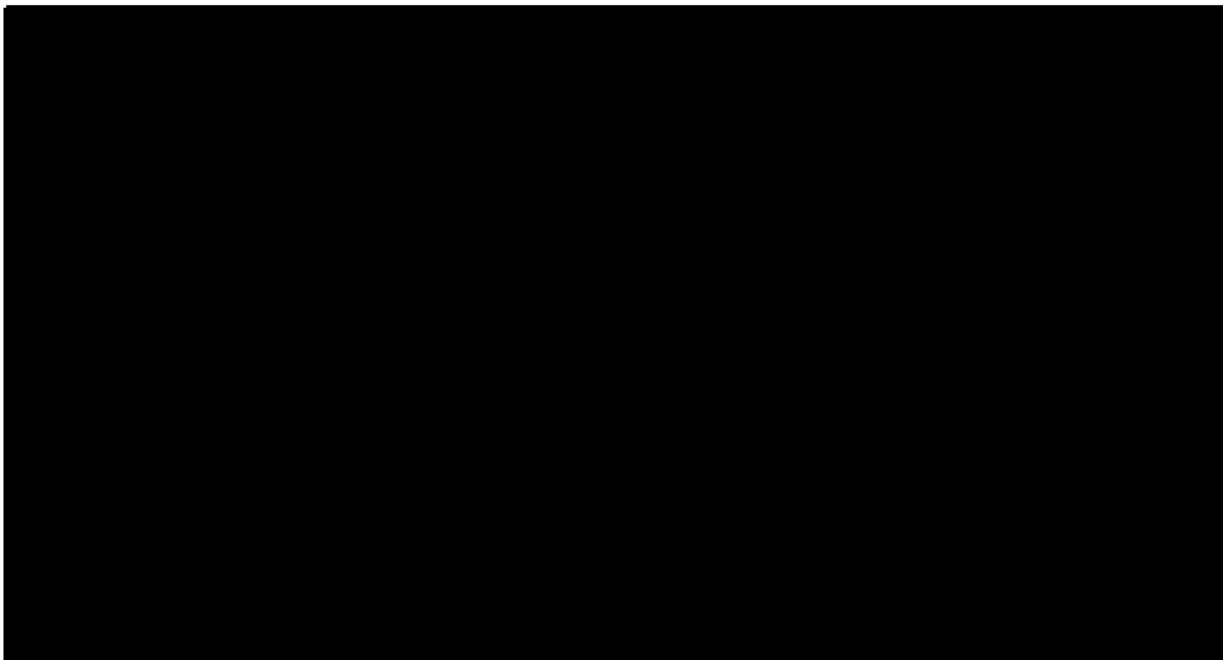
Hvorvidt påviste konsentrasjoner av PFAS i hagejord utgjør helserisiko er utfordrende å vurdere, ettersom dette blant annet avhenger av bruken av området (eksempelvis oppholdstid og hvorvidt det pågår dyrking av grønnsaker/frukt) og områdets utforming. Miljødirektoratet har foreløpig ikke satt generelle akseptkriterier/tilstandsklasser for sum PFAS i jord, og det er kun PFOS som har normverdi på 100 µg/kg. Normverdien til PFOS er imidlertid under utredning, og det er foreslått å endre normverdien fra 100 µg/kg til 2 µg/kg. Bakgrunnen for endringen er oppdatert kunnskap om helse- og miljøeffekter.¹

I Figur 12-Figur 14 er påviste PFAS-konsentrasjoner i jordprøver fra private eiendommer fargeklassifisert med grønn og rød for hhv. konsentrasjoner under eller over beregnede akseptkriterier for jord med utgangspunkt i gjennomsnittlig TOC-innhold i jorden på 7 % (28-63 µg sum PFAS/kg, Tabell 10).

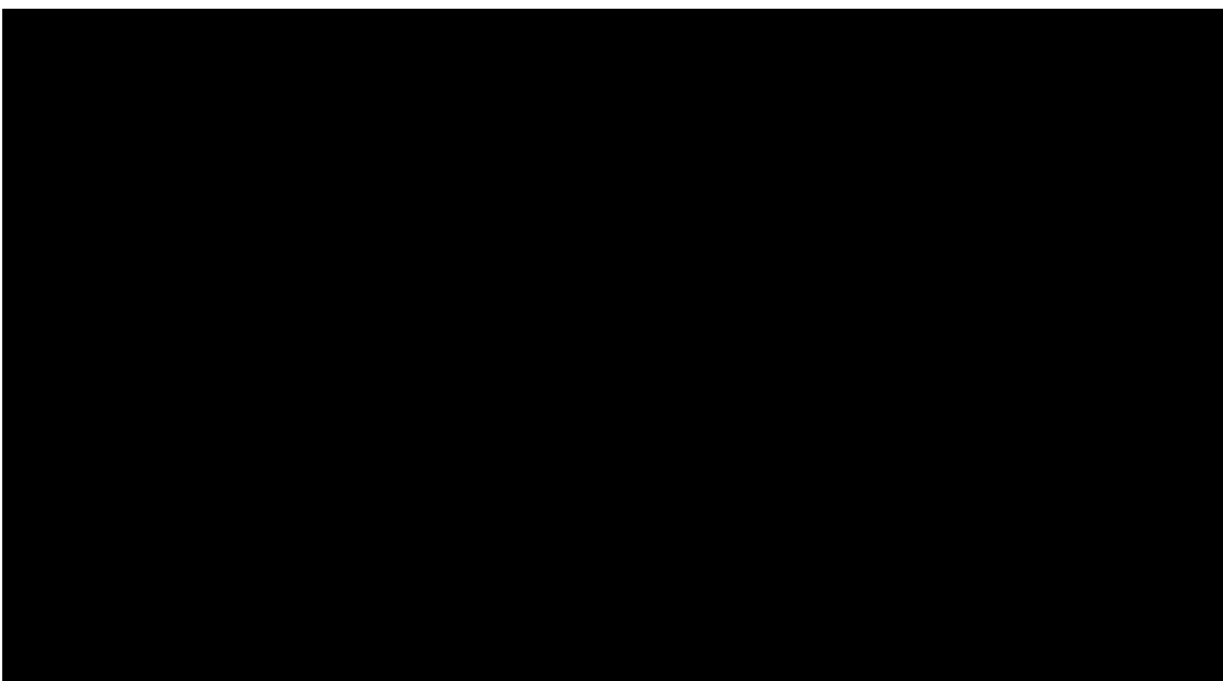


Figur 12 Kart over prøvepunkter for jordprøver i boligfeltet nedenfor brannøvingfeltet BØFB på Kristiansund lufthavn. Prøvepunkter er klassifisert med grønn og rød farge for konsentrasjoner av sum PFAS hhv. under eller over beregnet akseptkriterium for jord på 28 µg/kg med utgangspunkt i at fraksjonen av inntak av grønnsaker fra hagene tilsvarer 100 %.

¹ NGI (2020), Proposal for new Normative Values for PFOS and PFOA in contaminated soil. Doc. No. 20190750-01-R, 2020-01-17.



Figur 13 Kart over prøvepunkter for jordprøver i boligfeltet nedenfor brannøvingsfeltet BØFB på Kristiansund lufthavn. Prøvepunkter er klassifisert med grønn og rød farge for konsentrasjoner av sum PFAS hhv. under eller over beregnet akseptkriterium for jord på 45 µg/kg med utgangspunkt i at fraksjonen av inntak av grønnsaker fra hagene tilsvarer 30 %.

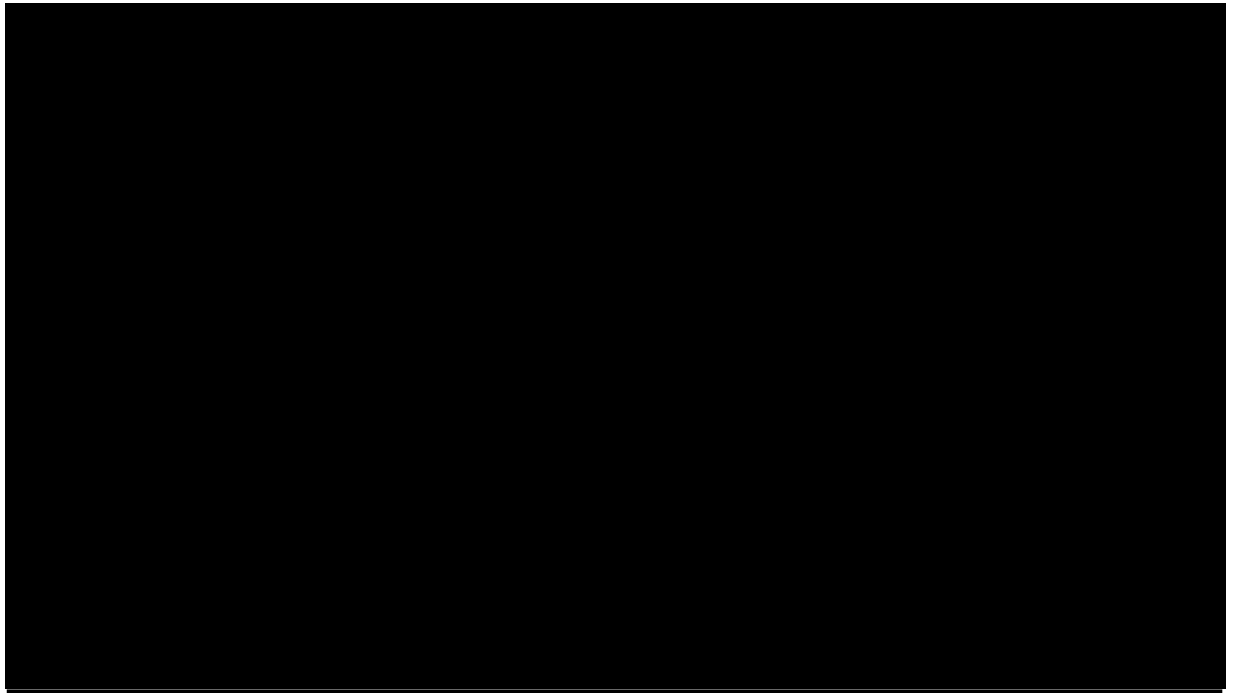


Figur 14 Kart over prøvepunkter for jordprøver i boligfeltet nedenfor brannøvingsfeltet BØFB på Kristiansund lufthavn. Prøvepunkter er klassifisert med grønn og rød farge for konsentrasjoner av sum PFAS hhv. under eller over beregnet akseptkriterium for jord på 16 µg/kg med utgangspunkt i at det ikke inntas grønnsaker dyrket i hagene.

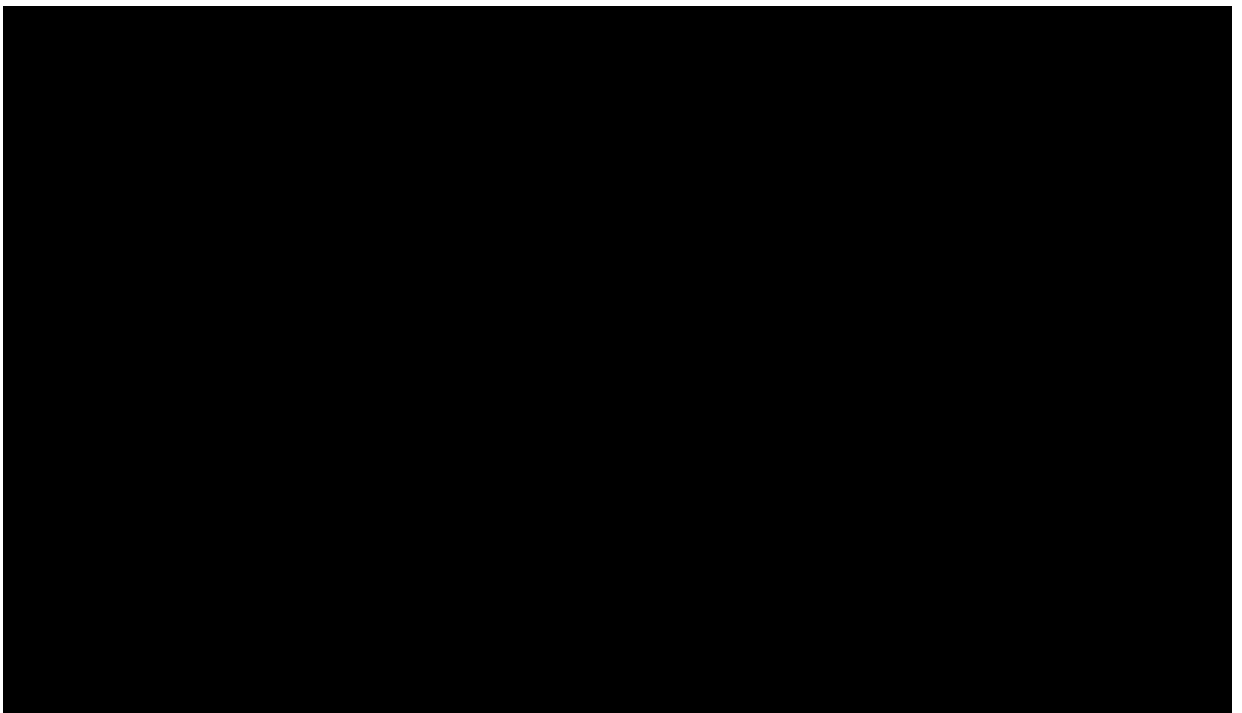
I Figur 15-Figur 17 er PFAS-konsentrasjoner i jordprøver fra private eiendommer fargeklassifisert med grønn og rød for hhv. konsentrasjoner under eller over dagens- og foreslått normverdi for PFOS på hhv. 100 og 2 µg/kg. Det er laget figurer for både sum PFAS (konservativ tilnærming) og

PFOS. Ettersom PFOS utgjør hovedandelen av sum PFAS i jordprøvene (se vedlegg C), er det samme trend for begge parameterne. [REDACTED]

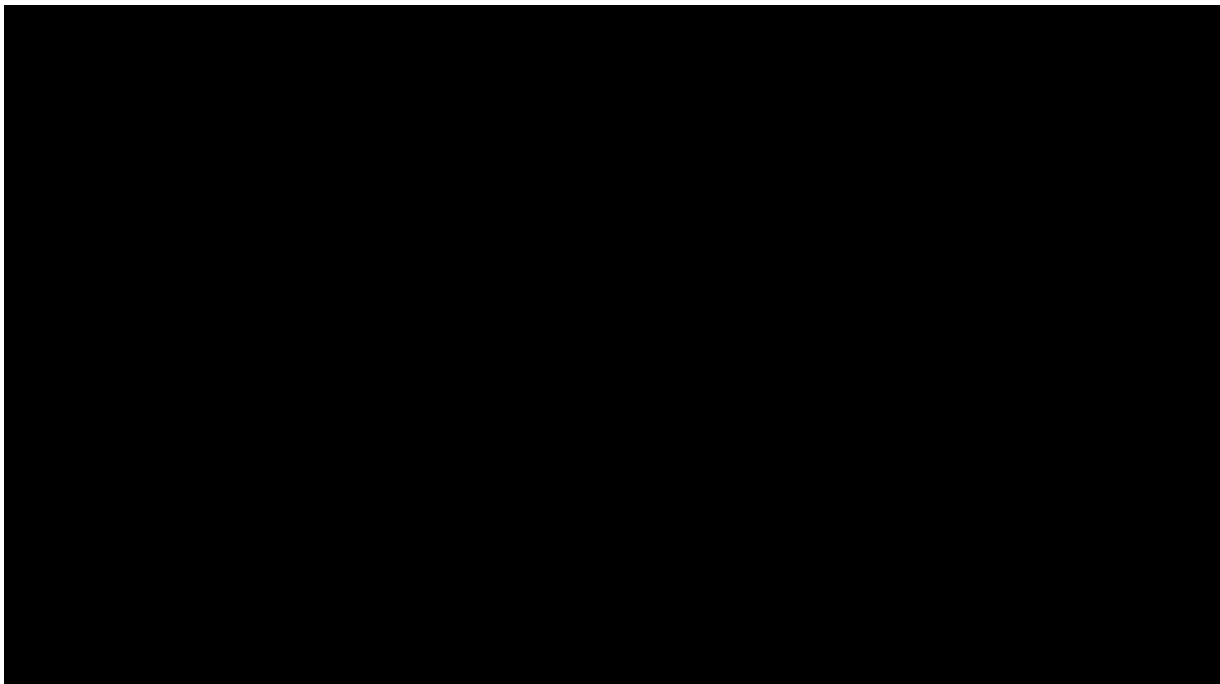
[REDACTED]



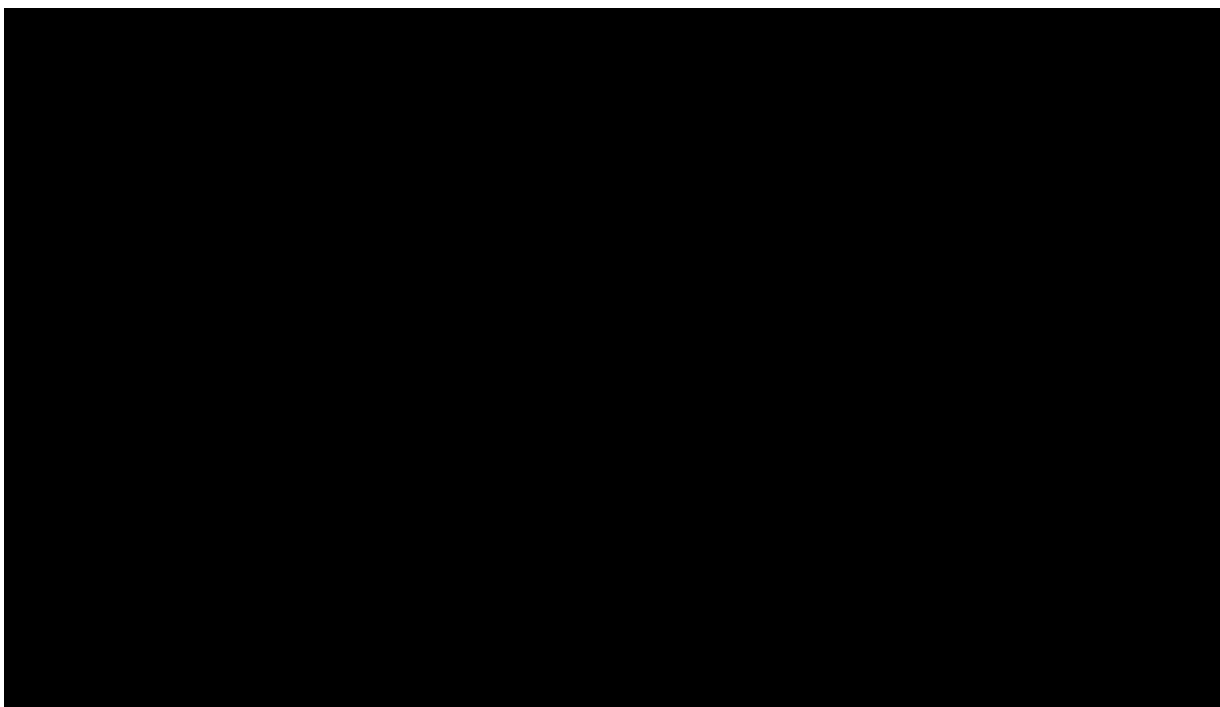
Figur 15 Kart over prøvepunkter for jordprøver i boligfeltet nedenfor brannøvingsfeltet BØFB. Grønn og rød farge angir konsentrasjoner av sum PFAS hhv. under eller over dagens normverdi for PFOS på 100 µg/kg.



Figur 16 Kart over prøvepunkter for jordprøver i boligfeltet nedenfor brannøvingsfeltet BØFB. Grønn og rød farge angir konsentrasjoner av PFOS hhv. under eller over dagens normverdi for PFOS på 100 µg/kg.



Figur 17 Kart over prøvepunkter for jordprøver i boligfeltet nedenfor brannøvingsfeltet BØFB. Grønn og rød farge angir konsentrasjoner av sum PFAS hhv. under eller over foreslått normverdi for PFOS på 2 µg/kg.



Figur 18 Kart over prøvepunkter for jordprøver i boligfeltet nedenfor brannøvingsfeltet BØFB. Grønn og rød farge angir konsentrasjoner av PFOS hhv. under eller over foreslått normverdi for PFOS på 2 µg/kg.

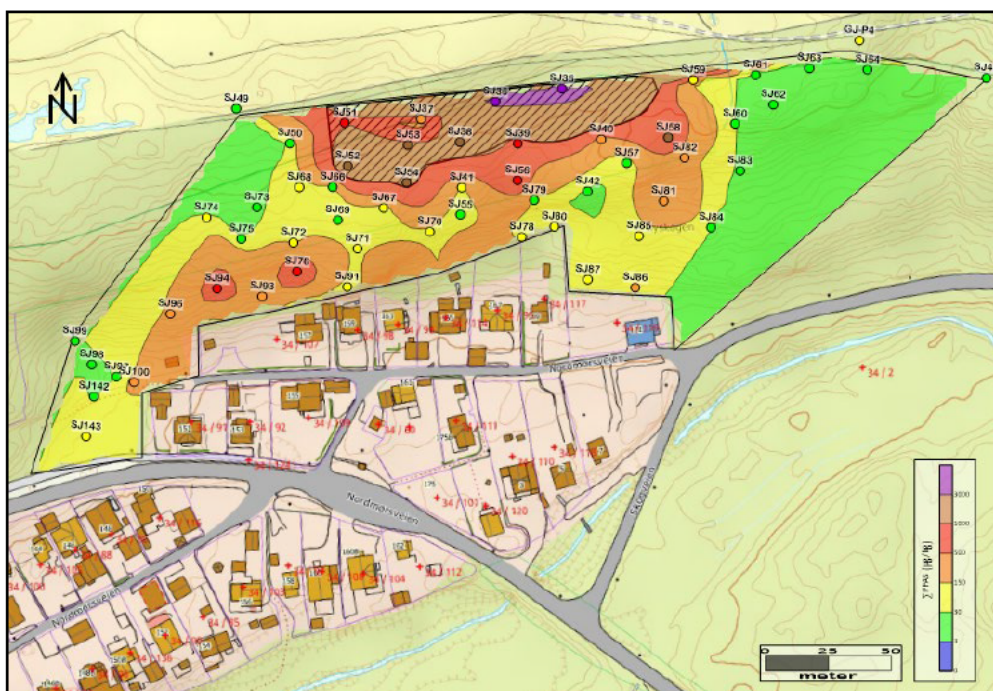
6 Foreslått tiltak

Som beskrevet i tiltaksplanen for PFAS-forurensset grunn på lufthavnen (COWI, 2023) ble det beregnet relativt lave mengder PFAS i skråningen (underkant av 2 kg) sammenliknet med kildeområdet «BØFB flaten» ovenfor (ca. 17 kg), og det ble anbefalt å prioritere tiltak på BØFB flaten, ettersom dette vil redusere spredningen av PFAS-forurensning nedover skråningen betydelig. Til tross for relativt lave mengder PFAS anbefales det imidlertid i dette tilleggsnotatet til tiltaksplanen å også utføre tiltak i den øvre delen av skråningen, ettersom det stedvis er påvist høye konsentrasjoner av PFAS i jord og bekker i området [REDACTED]. [REDACTED] Det kan også bli aktuelt med tiltak i den nedre delen av skråningen og/eller i boligområdet nedenfor, men dette er ikke vurdert i dette tilleggsnotatet.

6.1 Tiltaksområde

Med utgangspunkt i beregnet akseptkriterium for jord på 1180 µg/kg mht. menneskers helse (se kap. 5.1.2) er det vurdert som behov for tiltak i den øvre delen av skråningen, hvor interpolert sum PFAS overskrider 1000 µg/kg. Området er relativt flatt sammenliknet med andre deler av skråningen, og er tilgjengelig fra oversiden, via BØFB. Andre deler av skråningen (med lavere PFAS-nivåer) er stedvis svært vanskelig tilgjengelige grunnet den bratte helningen mot sør.

Med utgangspunkt i interpolert konsentrasjonsnivå av sum PFAS >1000 µg/kg og en overordnet vurdering av topografien i området, er det foreslått et tiltaksområde for skråningen som vist med svart skravur i Figur 19. Generell tilgjengelighet og terrengutforming vil kunne påvirke avgrensningen av tiltaksområdet. Det presiseres at terrengutformingen i området medfører risiko knyttet til sikkerhetshensyn (SHA), og dette er hensyn som må ses nærmere på i forbindelse med detaljprosjekteringen av tiltak, og som vil kunne påvirke omfanget av tiltak.



Figur 19 Interpolert konsentrasjonsfordeling av Σ PFAS i jord (µg/kg) i skråningen nedenfor brannøvningsfeltet BØFB, basert på analyseresultater fra 2019-2023. Løsmassene i skråningen har en mektighet på opp mot 30 cm over fjell (estimert gjennomsnitt ca. 15 cm mektighet). Foreslått tiltaksområde skråningen vist med svart skravur. NB, denne figuren avviker noe fra opprinnelig figur ettersom prøvepunktene fra boligfeltet er utelatt grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.

6.2 Mengde PFAS innenfor tiltaksområdet

Med utgangspunkt i det foreslåtte tiltaksområdet som vist i Figur 19, er det gjennomført mengdeberegninger, som vist i Tabell 11. Som vist i tabellen har tiltaksområdet et areal på ca. 2500 m², og det er estimert ca. 0,80 kg PFAS fordelt på et volum løsmasser på ca. 375 m³.

Tabell 11 Beregnede mengder Σ PFAS (kg) og volum masser (m³) innenfor foreslått tiltaksområde (se Figur 19) for skråningen nedenfor BØFB på Kristiansund lufthavn.

Dybde (m)	Areal (m ²)	Volum (m ³)	Fraksjon <20 mm (%)	Vekt fraksjon <20 mm (tonn)	Σ PFAS (µg/kg)	Σ PFAS (kg)	Mengde/totalt volum (g/m ³)
0-0,15	2500	375	70	473	1691	0,80	2,1

6.3 Tiltaksmetode

Som beskrevet i tiltaksplanen for Kristiansund lufthavn finnes det ulike tiltaksmetoder for opprydning av PFAS-forurensset grunn. For tiltaksområdet øverst i skråningen er det vurdert som aktuelt med oppgraving/fjellrensk med ekstern deponering av PFAS-forurensede masser. Det er ikke ansett som aktuelt med vasking av gravemassene ettersom massene består av en del lyngjord som anses å være lite egnet til vasking. Tiltaksmetoden innebærer at en betydelig andel av kjent forurensning fjernes fra skråningen (ca. 0,80 av 1,6 kg sum PFAS i skråningen) og fraktes til et deponi med kontrollert avrenning og rensing av sigevann. Det er et fåtall deponier med tillatelse til å ta imot PFAS-forurensede masser i Norge, og en forutsetning for tiltaksgjennomføring med graving og deponering er at det finnes deponier med tilgjengelig kapasitet i tiltaksperioden. Masser kan transporteres med bil på landevei eller sjøveien med større bulkbåter.

6.4 Kostnadsberegninger

6.4.1 Forutsetninger

Som beskrevet i tiltaksplanen for Kristiansund lufthavn (COWI, 2023) er hensikten med å beregne kostnader for tiltak å kunne vurdere kost/effekt ved opprydningstiltak, samt å få en oversikt over totale kostnader. Foreliggende kostnadsestimat er beregnet med utgangspunkt i foreslått tiltaksområde og -metode (se kap. 6), og er beregnet som basiskostnader. Basiskalkylen 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) og kostnadsramme (P85) for foreslått tiltaksalternativ. For det økte tiltaksarealet i den øverste delen av skråningen nedenfor BØFB vil usikkerheten ifølge Avinor gjøres som et påslag til basiskalkylen på 15%. Kostnadsberegningene er ikke utført på detaljnivå. Metoden for kostnadsberegningene er beskrevet i tiltaksplanen (COWI, 2023).

Følgende overordnede forutsetninger er lagt til grunn for kostnadsberegningene:

- > Prisnivå 2022/2023
- > 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
- > Utlysning/konkurranseform: Utførelsesentreprise
- > Antatt anleggsstart: Uavklart, men antatt ila. 2024
- > Forventet anleggsperiode: Uavklart, men antatt ca. 2-3 måneder

Hvordan den faktiske anleggsgjennomføringen vil foregå bestemmes i detaljeringsfasen, og vil dermed være gjenstand for endringer. Det er lagt til grunn følgende anleggsgjennomføring i kostnadsoverslaget for graving med ekstern deponering:

- > Det er lagt til grunn et tiltaksområde på 2500 m² i den øvre delen av skråningen (Figur 19). Området er tilgjengelig for tilkomst ovenfra, via BØFB, og er forurensset av PFAS >1000 µg sum PFAS/kg (dvs. over beregnet akseptkriterium på 1180 µg/kg mht. human helse).
- > Tiltaksområdet må sikres både for anleggsarbeiderne og for dem som oppholder seg i området (eventuelle turgåere el.l. i skråningen nedenfor, samt beboere i boligområdet nedenfor) i forbindelse med anleggsarbeidene. Omfang av sikring er usikkert p.t. og må utredes som en del av detaljprosjekteringen.
- > Tiltaksområdet ryddes for vegetasjon, og deretter graves massene ut ned til fjell (fjellrensk). Det må i videre prosjektering avklares om trær og planter er forurensset med PFAS og må flises og sendes til deponi, eller om det kan gjenbrukes i området. Kostnad for levering av vegetasjon til deponi er ikke inkludert i beregnet kostnad.
- > I kostnadsberegningene er det lagt til grunn at forurensede masser mellomlagres på tett dekke med oppsamling av vann til renseanlegg (kontainerbasert) som etableres i forbindelse med tiltak på BØFB flaten (kostnader for etablering av anleggsvei, mellomlager og vannrensing er inkludert i kostnadsestimatet for BØFB flaten som er presentert i tiltaksplanen for Kristiansund lufthavn (COWI, 2023)).
- > Som et alternativ til dette kan forurensede masser lagres innenfor tiltaksområdet på arealer som har lik eller høyere grad av forurensning, eller lastes direkte opp på bil for bortkjøring.
- > De forurensede massene lastes opp på biler for transport til havn og opplasting til båt for videre transport sjøvegen med levering til mottak. Det presiseres at selv om det i kostnadsberegningene er lagt til grunn transport av masser til deponi via båt, kan senere prosjektering vise at transport med bil er mer hensiktsmessig.
- > Det er forutsatt god koordinering av oppgraving, opplasting og transport som fører til at graveentreprenør og transportør vil kunne jobbe relativt jevnt og uten mye ventetid.
- > I kostnadsberegningene er det ikke tatt høyde for forsinkelser i arbeidet eller eventuelt behov for nattarbeid.

Basert på opplysninger fra ulike aktører, og erfaringstall fra Avinor er det satt priser som antas å være realistiske og som kan brukes i en overordnet vurdering av kostnader.

Eksempler på forhold som bør detaljutredes før tiltak er følgende (listen er ikke uttømmende):

- > Omfang av sikringsarbeider.
- > Deponering/håndtering av vegetasjon fra vegetasjonsrydding.
- > Omfang av behov for rensing av anleggsvann.
- > Behov for oppsamling av vann i skråning
- > Omfang av miljø- og geoteknisk bistand.

6.4.2 Kostnader

Beregnete basiskostnader innenfor tiltaksområdet øverst i skråningen for graving/fjellrensk med ekstern deponering (Figur 19) er vist i Tabell 12. I tabellen vises også tiltakseffekt i form av gram PFAS fjernet per kubikk jord, samt kostnad per kg PFAS fjernet. Det presiseres at det ved tiltaksgjennomføring for dette arealet vil graves til fjell, og ikke bare de øverste 15 cm der det ev. er dypere til fjell. Ved volum-, mengde- og kostnadsberegninger er imidlertid 15 cm mektighet benyttet som gjennomsnitt.

Tabell 12 Beregnede basiskostnader for oppgraving ned til fjell med ekstern deponering av PFAS-forurensede masser (interpolert konsentrasjonsnivå $>1000 \mu\text{g/kg}$) innenfor tiltaksområdet øverst i skråningen (ca. 2500 m²) nedenfor BØFB på Kristiansund lufthavn.

Areal tiltaksområde (m ²)	Dybde (m)*	Basiskostnader (MNOK eks. MVA)	Totalt volum masser (m ³)	Mengde PFAS (kg)	Tiltakseffekt (g PFAS/m ³)	Kost/effekt (MNOK eks. MVA/kg PFAS)
2500	0-0,15	5,1	375	0,80	2,1	6,3

*Stedvis bart fjell, antatt i gjennomsnitt 15 cm ned til fjell.

Som vist i Tabell 12 er det for tiltaket med oppgraving og deponering av PFAS-forurensede masser innenfor tiltaksområdet øverst i skråningen (Figur 19) beregnet basiskostnader på ca. 5,1 MNOK eks. MVA. Kost/effekt er beregnet til 6,3 MNOK eks. MVA per kg fjernet PFAS. Beregnede kostnader er ikke førende for valg av tiltaksmetode, ettersom det kun er utført kostnadsberegninger for den mest aktuelle tiltaksmetoden, som i dette tilfellet er oppgraving med ekstern deponering innenfor tiltaksområdet som er vist i Figur 19.

6.5 Spesifikke miljømål

Det vises til tiltaksplanen for PFAS-forurensset grunn på Kristiansund lufthavn (COWI, 2023) for beskrivelse av overordnede og spesifikke miljømål for lufthavnen og kildeområdet BØFB flaten. Det presiseres at anbefalte tiltak på BØFB flaten vil være viktigst mht. å redusere spredning til/via skråningen og boligfeltet nedenfor. Tiltak øverst i skråningen er imidlertid også anbefalt for å redusere helserisiko knyttet til opphold i skråningen og boligområdet nedenfor. Med utgangspunkt i dette er det foreslått følgende stedsspesifikke miljømål for det foreslåtte tiltaksområdet øverst i skråningen:

- > Tilgjengelig PFAS-forurensset jord med interpolert sum PFAS-konsentrasjon $>1000 \mu\text{g/kg}$ skal fjernes, hvilket vil medføre fjerning av kartlagt PFAS-forurensning som overskrider beregnet akseptkriterium på 1180 μg sum PFAS/kg jord for området.

6.6 Risiko for spredning og avbøtende tiltak

Gjennomføringen av gravetiltaket vil medføre risiko for spredning av PFAS-forurensning under anleggsarbeidene. Dette kan være knyttet til massehåndtering (e.g. spredning under transport, støvflukt, feildisponering) eller utilstrekkelig vannhåndtering (e.g. ukontrollert avrenning fra graveområde og mellomlager). Som en del av detaljprosjekteringen vil det utarbeides risikovurdering for ytre miljø, plan for avbøtende tiltak og program for overvåking under og eventuelt etter tiltaksfasen. I samarbeid med valgt entreprenør vil det også bli utarbeidet beredskapsplan i tilfelle uønskede og uforutsette hendelser.

Avbøtende tiltak for å begrense risiko for spredning i anleggsfasen kan være:

- > Mellomlagring av masser på areal med masser med samme eller høyere grad av forurensning, ev. på tett dekke med oppsamling av avrenning til midlertidig renseanlegg.
- > Krav om biler med tette lasteplan.
- > Tiltak i forhold til bebyggelsen nedenfor, eksempelvis et oppsamlingssystem nedstrøms tiltaksområdet med pumping av vann til renseanlegg ved BØFB flaten for å unngå spredning av partikler i vannveier ned mot bebyggelsen.

7 Oppsummering tiltak BØFB flaten og skråningen

7.1 Samlet tiltaksomfang

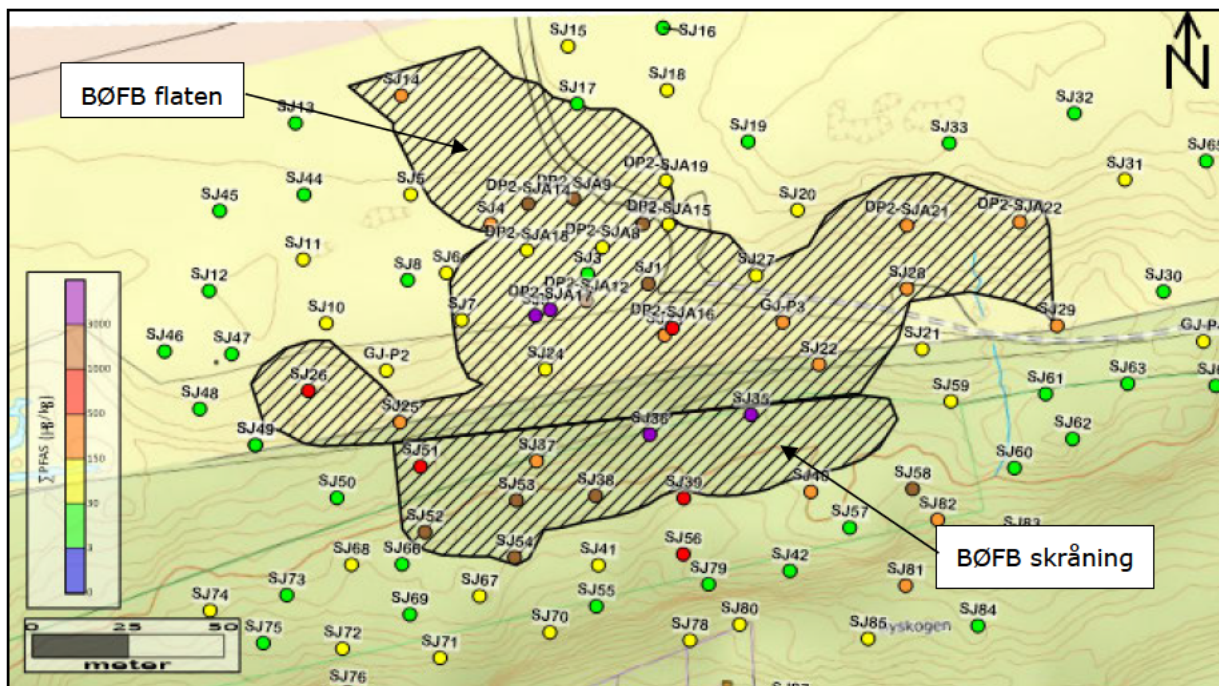
I tabellen nedenfor er det gitt en oppsummering over volum gravemasser og beregnede basiskostnader for tiltak på brannøvingsfeltet BØFB (flaten) og i den øverste delen av skråningen nedenfor. Omtrentlig utstrekning av tiltaksområdene er vist samlet i Figur 20.

Tabell 13 Samlet oversikt over beregnede kostnader for tiltak (oppgraving og ekstern deponering) på BØFB flaten (COWI, 2023) og i skråningen.

Område	Dybde (m)	Volum (m³)	Basiskostnader (MNOK eks. MVA)	Mengde PFAS (kg)	Tiltakseffekt (g PFAS/m³)	Kost/effekt (MNOK eks. MVA/kg PFAS)
Skråning	0-0,15	380	5,1	0,80	2,1	6,3
BØFB flaten	0-3	14900*	34	15	0,99	2,3
Skråning og flate	-	15300	39	15,8	1,0	2,4

*Som beskrevet i tiltaksplanen er det planlagt at massene skal siktes og sorteres for gjenbruk av fraksjonen >20 mm ved tilbakeføring til gravegrop.

Basiskostnad er estimert til 5,1 MNOK for det foreslåtte tiltaket med fjellrensk innenfor tiltaksområdet øverst i skråningen. Avinor har, basert på erfaringstall, lagt til en 15 % usikkerhet for å etablere P50 for det økte tiltaksomfanget. Estimert P50 blir da 5,9 MNOK for dette området. Tidligere utført usikkerhetsanalyse for tiltaket på brannøvingsfeltet (BØFB flaten) på Kristiansund lufthavn har beregnet P50 for dette tiltaksområdet til 42,8 MNOK. Summert P50 for foreslått omfang av tiltak blir da (42,8 MNOK+5,9 MNOK) 48,7 MNOK.



Figur 20 Σ PFAS ($\mu\text{g/kg}$) i toppjord (0-1 m) på og nedenfor brannøvingsfeltet BØFB, basert på analyseresultater fra 2011-2023. Foreslått tiltaksområde for toppjorden på BØFB flaten (tiltaksgrense 150 $\mu\text{g/kg}$ (COWI, 2023)) og i skråningen nedenfor (tiltaksgrense 1000 $\mu\text{g/kg}$ basert på beregnet akseptkriterium og tilgjengelig areal for tiltak) er vist med svart skravur. NB, denne figuren avviker noe fra opprinnelig figur ettersom prøvepunktene fra boligfeltet er utelatt grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.

7.2 Fremdrift og overvåking

Det er ikke utarbeidet eget fremdriftsplan for tiltaket øverst i skråningen, da dette er planlagt utført i sammenheng med hovedtiltaket på BØFB flaten, som beskrevet i tiltaksplanen for Kristiansund lufthavn (COWI, 2023).

Som tidligere nevnt er det tatt prøver av resterende private eiendommer i den delen av boligfeltet som ligger i lengst fra brannøvingsfeltet og skråningen, i tillegg til at det er et ønske fra Avinor om å prøveta dyrket bær/frukt/grønt fra hagene for å undersøke hvorvidt det er opptak av PFAS fra jorden. Resultatene fra dette arbeidet vil videreformidles til beboerne og Miljødirektoratet så snart de foreligger, og danner sammen med tidligere prøver i boligområdet grunnlaget for videre vurderinger av behov for tiltak.

Som beskrevet i tiltaksplanen for PFAS-forurensset grunn på Kristiansund lufthavn (COWI, 2023), er det behov for overvåking under og etter tiltak på BØFB for å dokumentere spredning under anleggsfasen, og for å dokumentere effekt av tiltaket over tid. Ettersom tiltak øverst i skråningen planlegges utført i sammenheng med tiltak på BØFB flaten, er det ikke utarbeidet egen overvåkingsplan for skråningen i dette tilleggsnotatet.

Planen for overvåking og avbøtende tiltak vil detaljeres nærmere i senere faser av prosjekteringen, men sentrale prøvepunkter tilgjengelig for overvåking av spredning/utslipp fra BØFB er vist i figuren under (hentet fra tiltaksplanen for lufthavnen (COWI, 2023)).

Referanser

- COWI. (2023). *Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn som følge av brannøving - Kristiansund lufthavn Kvernberget. Dokumentnr. A232698-RAP013, versjon 01 datert 28.04.2023.*
- NIBIO. (2023). *Innspill til Forslag til nye normverdier og tilstandsklasser for forurensset grunn.* Hentet fra https://www.nibio.no/om-nibio/horingsuttalelser/_/attachment/inline/fd40b23c-f1e3-49df-8868-6c5b19050317:1e9caa3c37ae776fe70d57047fd47432d3ac2d/Innspill%20til%20nye%20normverdier%20og%20tilstandsklasser%20for%20forurensset%20grunn.pdf
- Norconsult. (2019a). *Rapportering for del 1 og del 2 av Miljødirektoratets pålegg: «samlet vurdering av PFAS-forurensing ved Avinors lufthavner». Oppdrags nr. 5185352 .*
- Nordmørsmusea. (2021). *Nordmørsmusea.* Hentet fra Hagekolonien i Byskogen: <https://digitaltmuseum.no/021016569277/hagekolonien-i-byskogen-kristiansund-kommune-eide-grunnen-minde-i-byskogen>

Vedlegg

Vedlegg A – Løsmassebeskrivelser

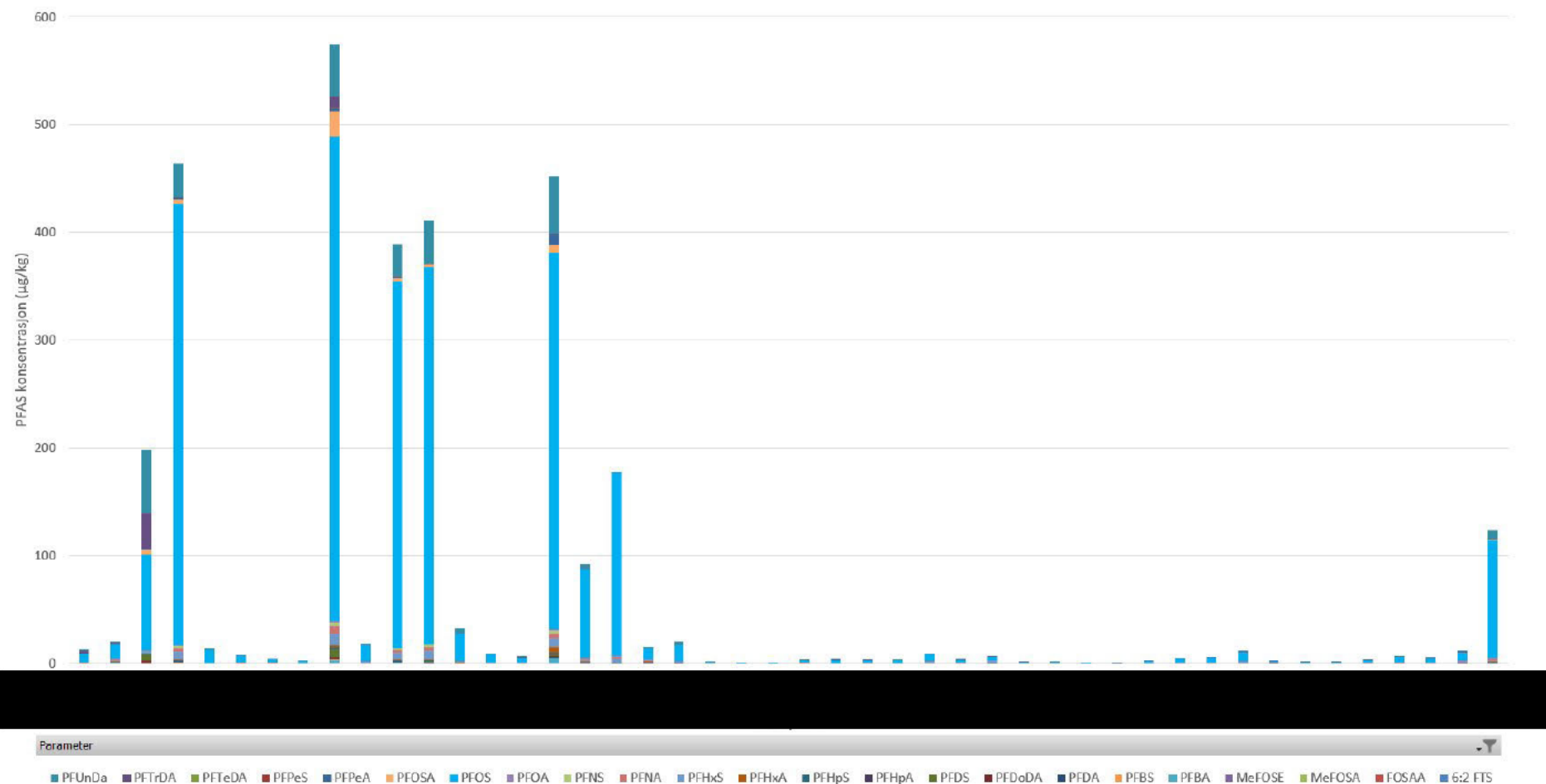
Ikke medtatt i denne versjonen grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.

Vedlegg B – Analyserapporter fra Eurofins

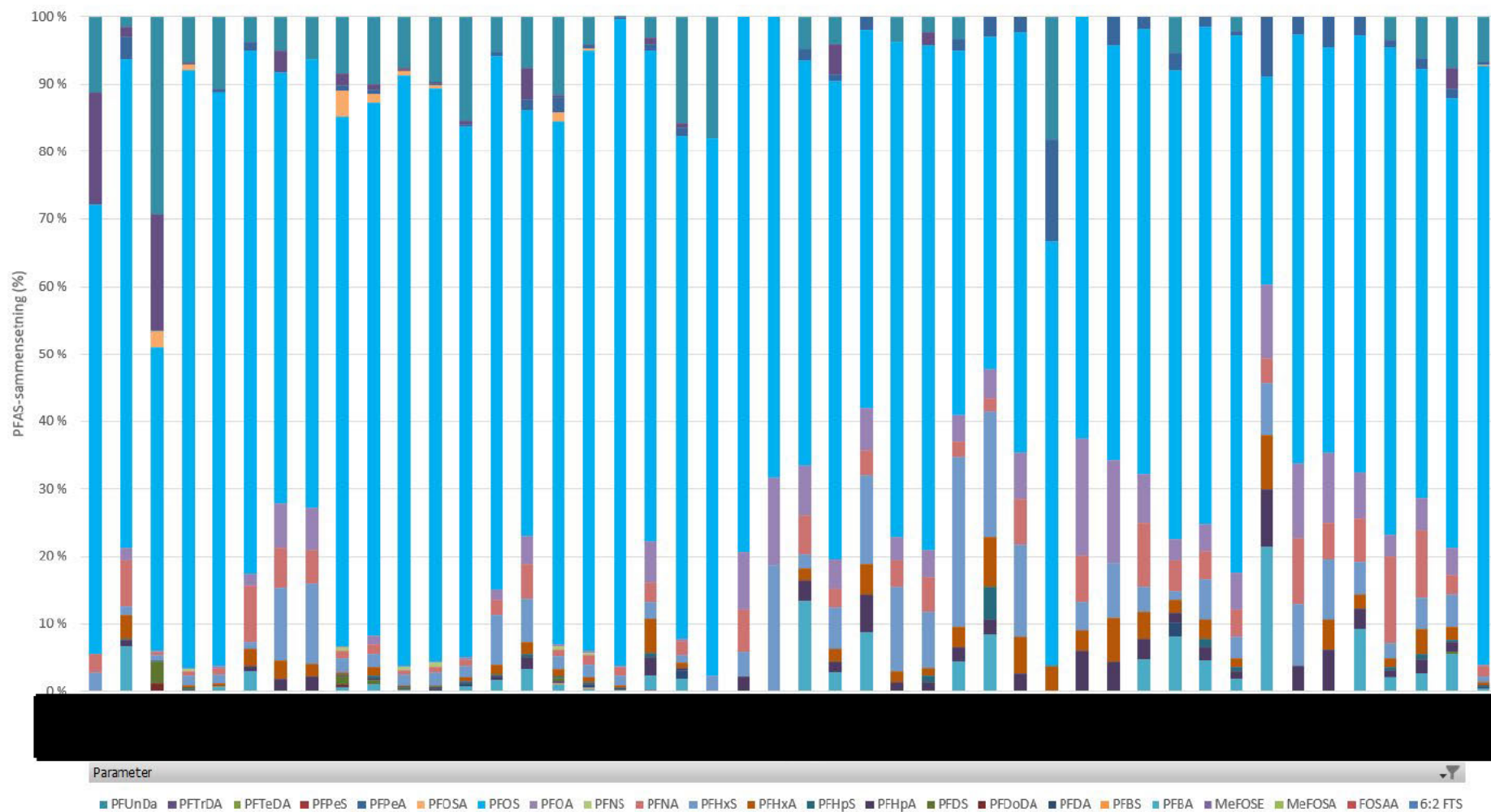
Ikke medtatt i denne versjonen grunnet informasjon som er unntatt fra offentligheten.

7.3 Vedlegg C – PFAS sammensetning jordprøver

En oversikt over PFAS-sammensetningen til jordprøvene fra den supplerende prøvetakingen 11.05.2023 og 08.06.2023 er vist i de etterfølgende figurene. Prøvene var generelt dominert av PFOS. Gjennomsnittlig prosentandel PFOS av sum PFAS basert på samtlige prøver fra 11.05.2023 og 08.06.2023 var 71 % (min-maks: 30-94 %, median: 71 %). Foruten PFOS utgjorde følgende forbindelser i gjennomsnitt mer enn 5 % av sum PFAS: PFHxS og PFUnDA (6 %).



Figur C 1 PFAS-sammensetning i jordprøver (µg/kg) fra skråningen og boligfeltet nedenfor BØFB, prøvetatt 11.05.2023 og 08.06.2023. Det er kun parametere som er påvist i minst én av prøvene som er vist i figuren.



Figur C 2 PFAS-sammensetning i jordprøver (%) fra skråningen og boligfeltet nedenfor BØFB, prøvetatt 11.05.2023 og 08.06.2023. Det er kun parametere som er påvist i minst én av prøvene som er vist i figuren.