



AIM-tomta, Rygge flystasjon

Miljøtekniske grunnundersøkelser og tiltaksplan

31.01.2018

Dokumentinformasjon

Tittel:	AIM-tomta, Rygge flystasjon. Miljøtekniske undersøkelser og tiltaksplan
Prosjektnummer:	710152, COWI A096128
Oppdragsgiver:	Forsvarsbygg
Kontaktperson hos oppdragsgiver	Torunn Moen Hegdahl / Kjetil Alstad
Konsulentreferanse og rapportnr.	COWI AS, o.nr A096128
Dato:	31.01.2018
Versjon:	3.0
Totalt antall sider	45
Antall vedlegg:	2 + vedleggsrapport
Tilgjengelighet:	Ugradert

Sammendrag:

COWI AS har gjennomført en miljøteknisk kartlegging av AIM-tomta ved Rygge flystasjon i forbindelse med at arealet skal ha endret arealbruk. Kartleggingen viser at området generelt er lite forurensset med tradisjonelle forurensningsparametere, men at det er påvist enkelte "hot spots", spesielt med hensyn til PFOS/PFOA. Det ble registrert lukt av jet-fuel i en sjakt, men jordprøver viste ikke høye verdier. Etter dialog med Miljødirektoratet ble det etablert miljøbrønner for å klarlegge strømningsretning og evt. forurensning av grunnvannet. Med bakgrunn i gjennomførte undersøkelser er det utarbeidet en tiltaksplan med sikte på å få til en kostnadseffektiv fjerning av PFOS/PFOA i forbindelse med utbygging av AIM-tomta. Oppryddingsnivå er satt til en konsentrasjon av PFOS i jord tilsvarende 30 µg/kg jord.

Emneord:

Forurensset grunn, brannskum, PFOS, miljøteknisk undersøkelse, tiltaksplan.

Oppdragsansvarlig  Øystein Løvdal	Saksbehandler  Øystein Løvdal og Arve Misund	Kvalitetssikrer  Arve Misund
---	--	--

Kontaktinformasjon konsulent: Øystein Løvdal: 928 98 252; Arve Misund: 959 38 969
Forsidebilde: Øystein Løvdal

Forord

COWI AS har på oppdrag for Forsvarsbygg gjennomført miljøtekniske undersøkelser av den såkalte AIM-tomta ved Rygge flystasjon. Området er i dag i hovedsak ubebygget, men med taxebaner og oppstillingsplasser for fly (druer). På delen av tiltaksområdet som er kalt tomt B, har det aldri vært annen aktivitet enn skogsdrift.

Det er planlagt oppføring av kontorbygg, parkeringsplasser og vedlikeholdshaller for jagerfly i området, og det har vært ønske om å klarlegge eventuell forurensning i området som eventuelt må tas hensyn til i forbindelse med det planlagte tiltaket.

Før oppstarten av den miljøtekniske undersøkelsen forelå det ingen skriftlig dokumentasjon på at området skulle være forurensning, men ettersom området er blitt benyttet til flyplassdrift i flere tiår, var det "grunn til å tro" at det kunne finnes forurensning i grunnen. I forbindelse med innledende undersøkelser ble det påvist PFOS ved flere punkter og arealer innenfor tiltaksområdet, og videre undersøkelser har vist at AIM-tomta inneholder ca. 15% av den totale PFOS-forurensningen (dette utgjør 1.21 kg) ved Rygge flystasjon.

AIM Norway AS overtar som ansvarlig søker for tiltaksplanen og som gjennomfører opprydningen på tomten etter avtale med Forsvarsbygg.

Tiltaksplanen er basert på planen fra 19. september 2017 og dekker nå en samlet plan for opprydning og senere massedisponering for hele tiltaket på AIM –tomten (Tiltaksområdet).

Flekkefjord, 31.01.2018



Arve Misund

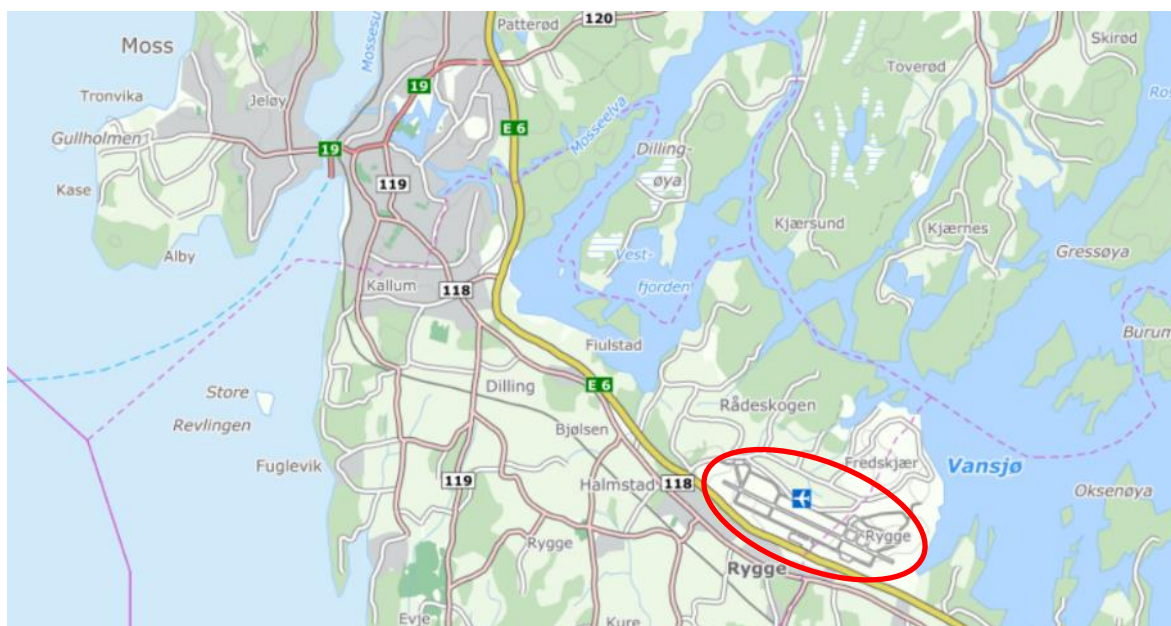
Innhold

1	Innledning	5
2	Problembeskrivelse	7
2.1	Formål	7
2.2	Mulige kilder til forurensning	7
2.3	Naturgrunnlaget	7
2.3.1	Topografi	7
2.3.2	Berggrunn og løsmasser	7
2.3.3	Flora og fauna	7
2.4	Mulige spredningsveier	7
2.5	Tidligere undersøkelser	10
2.6	Planlagte arbeider	10
2.7	Miljømål	11
3	Prøvetaking	12
3.1	Innledende undersøkelse	12
3.2	Skovlboring	13
3.3	Overflatekartlegging	14
3.4	Sjaktning	15
3.5	Miljøbrønner	16
3.6	Jordprøvetaking tomt B	20
3.7	Avgrensing av "hot-spots"	21
4	Resultater	23
4.1	Innledende undersøkelse	23
4.2	Skovlboring 2016	23
4.3	Overflatekartlegging	24
4.4	Sjaktning 2016	25
4.5	Miljøbrønner og overflatevann	27
4.6	Jordprøvetaking tomt B	28
4.7	Avgrensing av "hot-spots"	29
5	Risikovurdering	31
5.1	Kilde- og arealanalyse	31
5.2	Miljømål	31
5.3	Miljøanalyse	31
6	Diskusjon	34
6.1	Vurdering av behov for tiltak	34
6.2	Fastsettelse av grenseverdier for opprydding	35
6.3	Planlagte grunn- og utomhusarbeider	37
6.3.1	Motordepot /verksted	37
6.3.2	Testcelle og fremtidige hangar	37
6.4	Oppryddingsvolum, kostnader og fremdrift	38
7	Tiltaksplan	39
7.1	Fjerning av masser	39
7.2	Planlagte gravearbeider	39
7.3	Miljøkontroll i tiltaksperioden	41
7.4	Massedisponering	42
7.5	Mellomlagring	42
7.6	Håndtering av vann i gravegrop	42
7.7	Uforutsette hendelser	43
7.8	Sluttkontroll	43
7.9	Bruk av godkjent foretak	43
8	Sluttrapport	43
9	Referanser	43

1 Innledning

I forbindelse med Forsvarets innkjøp av nye F35 kampfly, ønsker Aerospace industrial maintenance Norway AS, heretter AIM Norway, å etablere seg på Rygge flystasjon med service- og vedlikeholdsanlegg for de nye kampflyene. AIM Norway er eid av Forsvarsdepartementet og ble i desember 2015 valgt som en av 3 kandidater av amerikanske myndigheter til å utføre vedlikehold på F35-motorene.

Ved Rygge flystasjon er det aktuelt å legge denne etableringen til den nord-vestre delen av flystasjonsområdet ved flyoppstilling vest, heretter kalt AIM-tomta. Oversiktskart som viser plassering av Rygge flystasjon er vist i Figur 1. Detaljkart over tiltaksområdet er vist i Figur 2. Den sørlige delen av tomta mellom den blå og røde linjen ble vurdert som lite aktuelt for prøvetaking pga. til dels meget fuktig myrområde.



Figur 1 Oversiktskart som viser plassering av Rygge flystasjon. Kilde: www.rygge.kommune.no.



Figur 2 Ortofoto med AIM-tomta (rødt) og det kartlagte området (blått) inntegnet.

Rapportens oppbygning er basert på den disposisjon som er beskrevet av Miljødirektoratet i SFT-informasjon TA 2024/2004. Dette er en disposisjon som skal sørge for at kravene til innhold i miljøtekniske undersøkelser blir tilstrekkelig dokumentert. Justeringer er foretatt for å tilpasse presentasjonen til det aktuelle prosjektet.

2 Problembeskrivelse

2.1 Formål

Formålet med den miljøtekniske undersøkelsen har vært å identifisere mulige forurensninger innenfor Tiltaksområdet som kan komme i konflikt med den planlagte arealbruken samt definerte miljømål for Rygge flystasjon.

2.2 Mulige kilder til forurensning

Ved oppstartstidspunktet for den innledende miljøtekniske undersøkelsen på AIM-tomta, forelå det ingen informasjon om at dette arealet generelt er forurensset, da det ligger langt unna brannøvingfeltet ved Rygge flystasjon samt at det ikke er dokumentert andre hendelser som kan ha forurensset grunnen. Med bakgrunn i at arealet er benyttet til flyplassdrift i flere tiår, er det allikevel "grunn til å tro" at arealet kan være forurensset. Det ble derfor besluttet å gjennomføre en miljøteknisk undersøkelse, i første rekke med fokus på klassiske forurensningsparametere som alifater, PCB og tungmetaller. Med bakgrunn i erfaringer fra andre flystasjoner ble også PFOS/PFAS og avisningskjemikalier inkludert i enkelte prøvepunkter.

2.3 Naturgrunnlaget

2.3.1 Topografi

Tiltaksområdet ligger i et tilnærmet flatt område, kun med små høydeforskjeller i terrenget. Den søndre delen av tiltaksområdet er myrlendt med åpent vannspeil, og bærer preg av sumpområde.

2.3.2 Berggrunn og løsmasser

Flystasjonen er lokalisert på Østfoldraet. Østfoldraet er en endemorene fra siste istid. Løsmassene innenfor det undersøkte området består i hovedsak av sorterte sandmasser som går over til finsand mot dypet. Det er gjennomført geotekniske undersøkelser hvor det er registrert dyp til fjell mellom 12 – 32 m under terreng. Grunnundersøkelsene indikerer at løsmassene i planområdet er lagdelt og består i øvre del av 0-2 m fyllmasser over 2 – 5 m sand over siltig leire /4/.

Berggrunnen i området består i all hovedsak av grunnfjellsgneis.

2.3.3 Flora og fauna

Det er ikke foretatt kartlegging av biologisk mangfold i området. Naturen anses ikke av en slik karakter at man kan forvente et spesielt rikelig og sjelden fauna og flora i området. Det er generelt lite vegetasjon på hoveddelen av tiltaksområdet, bortsett fra sumpområdet i syd.

2.4 Mulige spredningsveier

Prosjektleder for Forsvarsbygg Futura, Carl Einar Amundsen, oppsummerer forurensningsspredning fra AIM-tomta slik, se Figur 3 for henvisninger:

Grøfter på AIM-tomta fører via drenssystemer PFAS-forurensset grunnvann ut i beredskapsdam ved Hangar B og videre til Kapteinsbekken. Vannprøver tatt i området Rygge Vest (Tab. 5 i Tiltaksvurdering 1. mars 2016 for Rygge flystasjon), viser at vann fra grøfta ved AIM-tomta (Hangar A grøft, Tabell 5) har en sammensetning som er lik den i Kapteinsbekken. I samtidige prøver fra grøft AIM-tomta og i Kapteinsbekken tatt 10. desember 2015, avtar konsentrasjonene av PFAS-forbindelser fra grøfta ved AIM-tomta og nedover i Kapteinsbekken. Konsentrasjonen i Kapteinsbekken 1 (nær utløpet til Vansjø) var ca. 30% av konsentrasjonen i grøfta på dette tidspunktet. Da vannføringen ved Kapteinsbekken 1 var 5 – 10 ganger større enn i grøfta på AIM-tomta, bidrar andre kilder i større grad enn AIM-tomta til utslippet via Kapteinsbekken (vurdering basert på relativt få prøver).



Figur 3 Oversikt over dreneringsveier ut fra AIM-tomta. Hentet fra Forsvarsbygg rapport /1/.

Beregninger gitt i tiltaksvurderingen for Rygge flystasjon viser at Kapteinsbekken bidrar med 15-20 % av det totale utslippet av PFOS til Vansjø. Antas det at bidraget fra AIM-tomta er 15 % av dette (se Tabell 1), utgjør AIM-tomta ca. 2 % av det totale utslippet fra Rygge flystasjon basert på opplysninger fra tiltaksvurderingen fra 2016. Ut fra målinger i miljøbrønnene som er etablert innenfor tiltaksområdet, ligger grunnvannsstanden fra 1 til 4m under terreng.

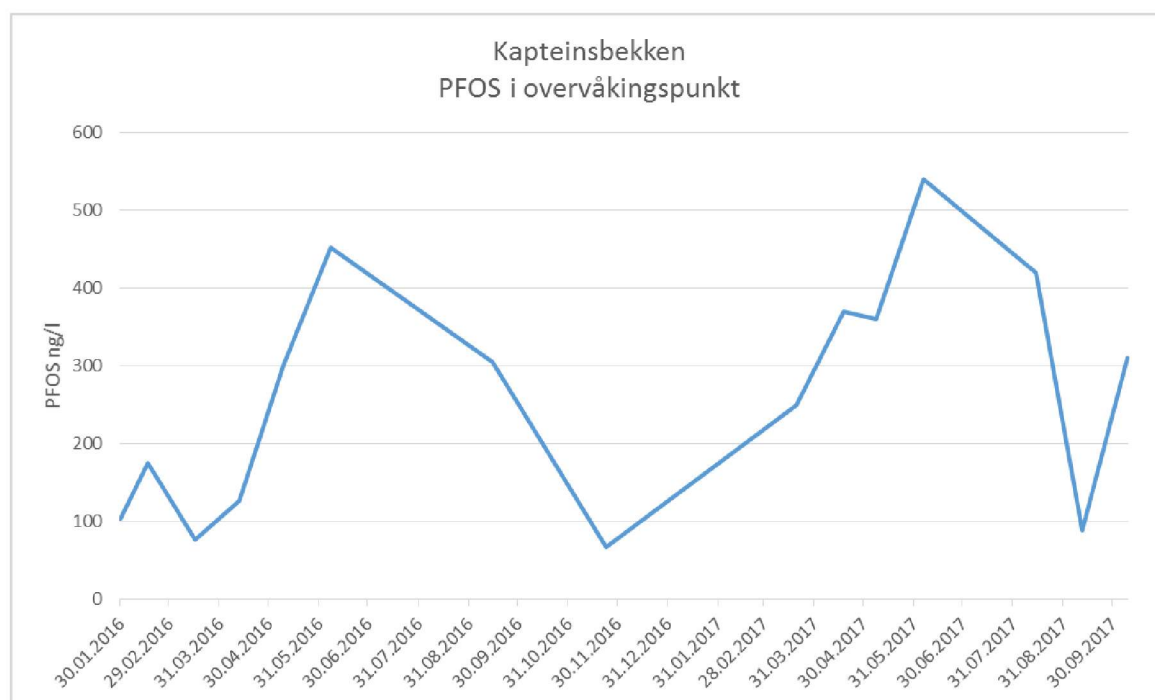
Tabell 1: Beregnet avrenning fra AIM til Kapteinsbekken og beregnet %-vis påvirkning ift. avrenning fra Kapteinsbekken og Rygge som helhet.

		ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
Nedbørfelt	m2	6:2FTS	PFOS	PFHxS	PFHxA	PFHpA	PFOA	SumPFAS
Kapteinsbekken	650000	33	263	103	41	14	16	532
AIM	65000	<7,5	399	208	54,3	55,7	15,2	824
Mengder								
Kapteinsbekken	Gram/år	11	86	34	13	5	5	175
AIM	Gram/år	0,2	18,0	6,2	1,6	0,3	0,7	25,1
	% fra AIM Kapt	2	21	18	12	7	13	14
	% fra AIM Rygge	0,03	2,0	2,4	0,9	0,5	1,4	1,1

Med hensyn til prøvetaking av PFOS i Kapteinsbekken er det brukt to forskjellige prøvepunkter slik det er vist i Figur 4. Punktet merket med tiltaksplan tilsvarer målingen presentert i tiltaksplanen for AIM-tomta, mens målingen merket overvåkingspunkt er fra arbeidet Forsvarsbygg Futura har med vurdering av utslipp fra hele Rygge flyplass. Som det fremgår av Figur 5 er det store variasjoner i målte konsentrasjoner av PFOS i overvåkingspunktet i Kapteinsbekken, fra 89 ng/l til 540 ng/l med et gjennomsnitt på 263 ng/l. Variasjonen kan gjenspeile årstid og nedbørsmengder.



Figur 4 Kart som viser prøvepunkt i Kapteinsbekken



Figur 5 Måling av PFOS i overvåkingspunkt i Kapteinsbekken

2.5 Tidligere undersøkelser

Forsvarsbygg Futura har utført miljøtekniske undersøkelser med fokus på PFAS siden 2012. Arbeidet ble rapportert i mars 2016 /1/. Kartleggingen konkluderer med at det er 4 lokaliteter ved Rygge flystasjon der tiltak må vurderes. Ingen av disse 4 lokalitetene omfatter AIM-tomta.

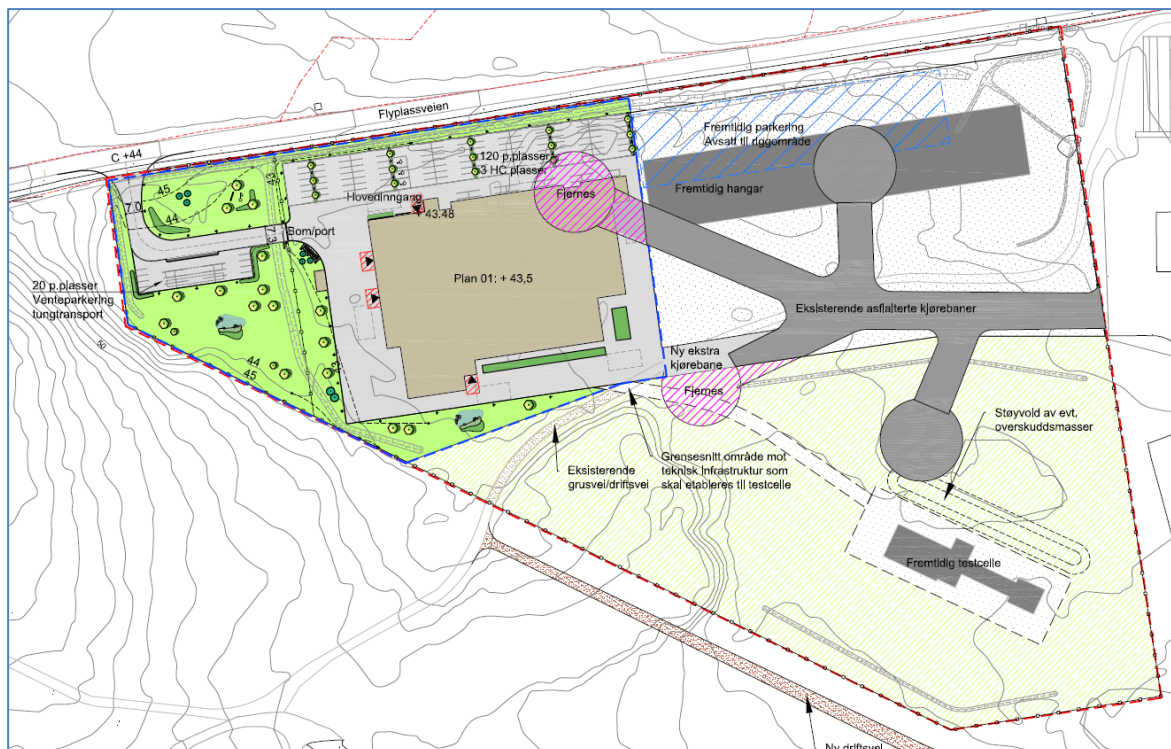
2.6 Planlagte arbeider

Innenfor AIM-tomta er det planlagt oppføring av verkstedsbygg med kontorer, testcelle med adkomstvei, interne veier og p-plass for biler, hangar for flyvedlikehold og andre asfalterte flater. Plassering av tette flater og bygninger er ikke detaljprosjektert ennå, men blir i hovedsak som vist i Figur 6. Det forventes at det må gjøres noe masseforflytning innenfor Tiltaksområdet i forbindelse med utbyggingen, både planering og graving for fundamenter.

Som det sees av Figur 6 så er det den nordvestlige delen av tiltaksområdet som skal bygges ut i første omgang. Arbeidet vil starte opp umiddelbart etter mottatt godkjent tiltaksplan og selve tiltaket med fjerning av forurensede masser vil trolig kunne gjennomføres i løpet av 2-3 uker. Det er beregnet 36 måneder byggetid for motorverksted og testcelle.

Gravearbeidet vil i hovedsak dreie seg om planering av tomta for å få riktig fall på de tette flatene for nødvendig avrenning og tilkomst til bygg. Det forventes ikke at det oppstår overskuddsmasser i særlig grad da planeringen i all hovedsak vil dreie seg om å flytte masser fra et sted til et annet i et område hvor det skal etableres tette flater.

Hoveddelen av masser som skal fjernes fra tiltaksområdet vil være i forbindelse med oppryddingsarbeidet som skal gjøres i forkant av utbyggingen. Fjerning av masser som følge av opprydding er omtalt senere i rapporten og fremgår i detalj av Redegjørelse for masse-disponering, vedlagt søknaden.



Figur 6. Situasjonsplan for tiltak innenfor tiltaksområdet.

2.7 Miljømål

Tiltaksområdet ligger innenfor grensene til Rygge flystasjon, og er således avsatt til flyplassdrift/militære formål.

Anbefalte miljømål for AIM-tomta vil være de samme som er satt for hele Rygge flystasjon og definert i Forsvarsbygg Futura sin rapport /1/:

- Utslippene fra Rygge flystasjon skal reduseres og på den måten bidra til å bedre miljøtilstanden i Vansjø.
- Tiltak skal gjennomføres etter helhetlige vurderinger og på en kostnadseffektiv måte.

3 Prøvetaking

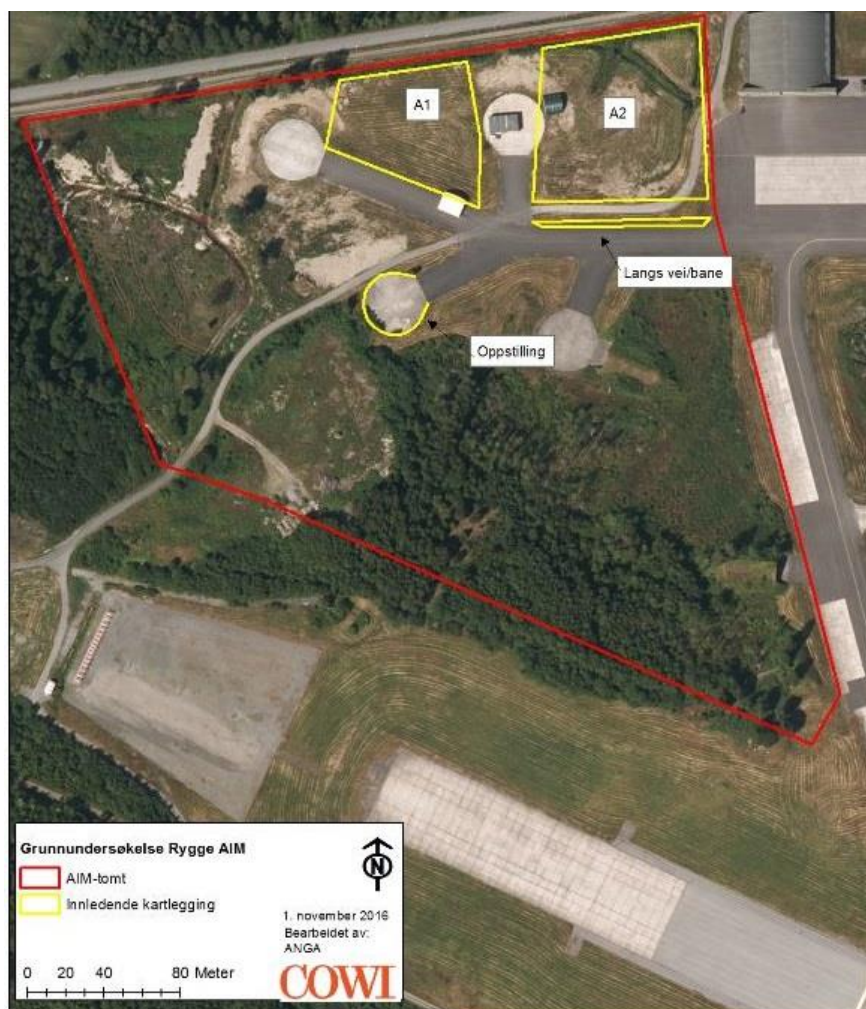
Ved valg av prøvepunkter ble det i utgangspunktet tatt utgangspunkt i Miljødirektoratets veileder TA2553/2009. Antall prøvepunkter ble satt ut fra planlagt fremtidig arealbruk (næring, kontor) samt et ønske om å få en best mulig oversikt over kvalitet på jordmassene sett opp mot potensiell historisk forurensning innenfor tiltaksområdet.

Ettersom tidligere undersøkelser ikke har avdekket PFAS-forurensning innenfor tiltaksområdet, ble det i utgangspunktet satt fokus på klassiske forurensningsparametere som alifater, PCB og tungmetaller. Det ble også tatt enkelte kontrollprøver for analyse på PFAS, avisingskjemikalier og jetfuel. Dette med bakgrunn i erfaringer fra andre lufthavner/flystasjoner.

Den miljøtekniske undersøkelsen ble gjennomført i 6 trinn, beskrevet i de etterfølgende kapitler.

3.1 Innledende undersøkelse

Som en innledning til undersøkelsen ble det tatt ut overflateprøver i form av blandprøver fra øverste 10 cm der man antok at risikoen for jordforurensning historisk sett var størst, samt på arealer man på det tidspunktet mente AIM skulle utføre tiltak (A1/A2). En oversikt over flatene/områdene hvor det ble tatt prøver i overflaten er vist på ortofoto i Figur 7.



Figur 7 Oversikt over områder/flater undersøkt i innledende fase (oransje).

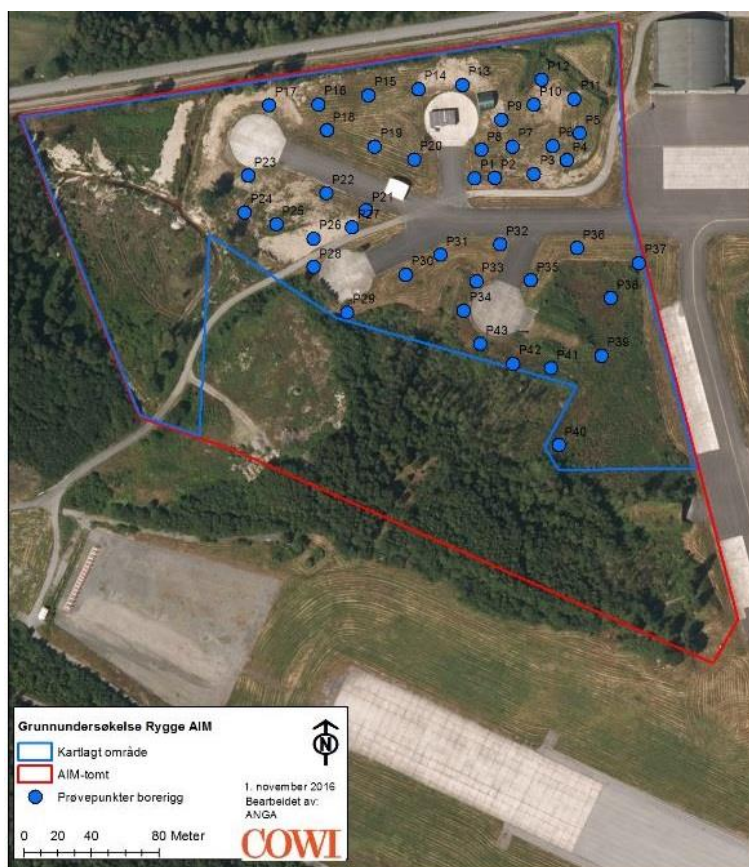
Analyseparametere som ble benyttet i den innledende undersøkelsen er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Oversikt over parametere analysert på prøver fra den innledende undersøkelsen. Miljøpakke jord i kursiv.

<i>Arsen</i>	<i>PCB7</i>
<i>Bly</i>	<i>PAH16</i>
<i>Kadmium</i>	<i>Alifater</i>
<i>Kobber</i>	<i>BTEX</i>
<i>Krom (III og VI)</i>	PFOS/PFOA
<i>Kvikksølv</i>	FTS
<i>Nikkel</i>	
<i>Sink</i>	

3.2 Skovlboring

I neste prøvetakingsrunde ble det skovlboret med borerigg på i alt 43 punkter innenfor tiltaksområdet. I alle punkter ble det skovlet til 2 m under terreng. Det ble i all hovedsak tatt ut jordprøver fra den øverste meteren, med prøver fra 1 til 2 m i enkelte utvalgte punkter. Prøvepunktene som ble skovlboret er vist på ortofoto i Figur 8.



Figur 8: Ortofoto som viser prøvepunkter fra skovlboring.

Det ble hovedsakelig analysert på ordinære forurensningsparametere ettersom det ikke var spesifikke kjente forurensningskilder innenfor tiltaksområdet. I tillegg ble det analysert for PFOS/PFOA og avisingskemikalier i enkelte punkter som en ekstra kontroll. Parametere som ble benyttet på prøvene tatt ved skovlboringen er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Oversikt over parametere analysert på prøver fra skovlboringen. Miljøpakke jord i kursiv.

<i>Arsen</i>	<i>PCB7</i>
<i>Bly</i>	<i>PAH16</i>
<i>Kadmium</i>	<i>Alifater</i>
<i>Kobber</i>	<i>BTEX</i>
<i>Krom (III og VI)</i>	PFOS/PFOA
<i>Kvikksølv</i>	FTS
<i>Nikkel</i>	
<i>Sink</i>	

Prøvene som ble samlet inn ved skovlboringen ble som nevnt hovedsakelig analysert for ordinære forurensningsparametere, mens fem av disse prøvene også ble undersøkt for PFOS/PFOA.

3.3 Overflatekartlegging

Etter en vurdering av resultatene fra de to første rundene med prøvetaking ble det konkludert med at klassiske miljøparametere (miljøpakke jord, Tabell 3) ikke var noe problem. Det ble derfor besluttet å gå videre med undersøkelser, da kun med fokus på PFOS.

Det ble vurdert som hensiktsmessig å undersøke masser i overflaten (øverste 5 cm) på tiltaksområdet for å klarlegge eventuelt forurensning fra bruk av PFOS-holdig brannskum i toppjord. Området ble delt inn i til sammen 33 delområder, se Figur 9.

Av disse var 13 mindre arealer (sektorer) nærmest flyoppstillingsplassene for å fange opp en eventuell avrenning rundt de tette flatene her, og for å eventuelt dokumentere mistanke om høye konsentrasjoner av PFOS rundt enkelte av flyoppstillingsplassene.



Figur 9. Ortofoto som viser plassering av rutenett for overflateprøver.

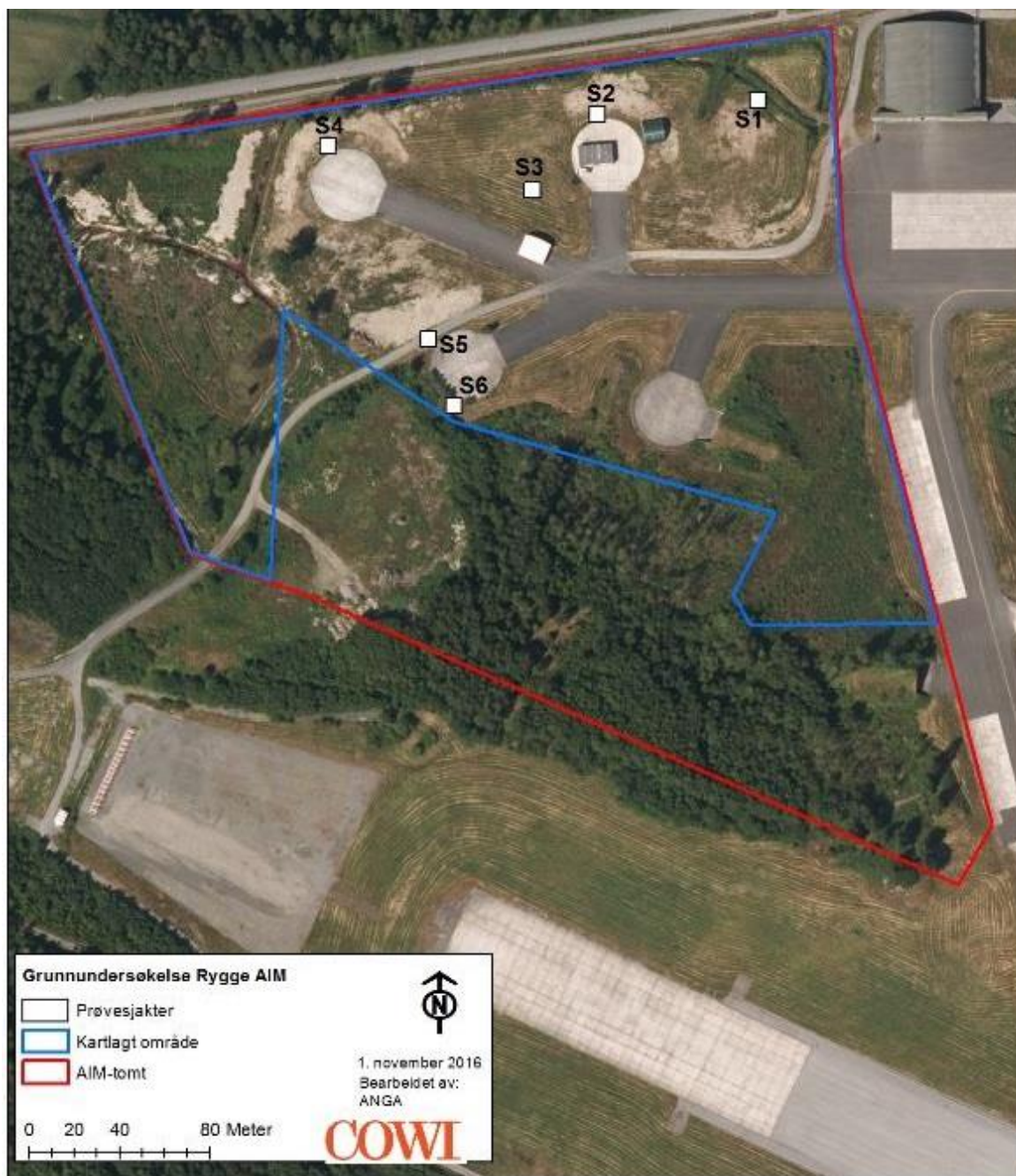
Analyseparametere som ble benyttet er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Oversikt over parametere analysert på prøver fra prøvetaking av overflatejord.

PFOS	Sum PFC
PFOA	

3.4 Sjakting

Med bakgrunn i at enkelte overflateprøver viste forholdsvis høye konsentrasjoner av PFOS, ble det gravd sjakter med gravemaskin for å undersøke nærmere utbredelse av forurensningen ned mot grunnvannssonen. Det ble tatt ut flere prøver i ulike dybder i de 6 sjaktene. Plassering av sjakter og rutenett er vist på ortofoto i Figur 10.



Figur 10. Plassering av sjakter.

Analyseparametere er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Oversikt over parametere analysert på prøver fra prøvetaking av overflatejord.

PFOS	Sum PFC
PFOA	Alifater

3.5 Miljøbrønner

I dialog med Miljødirektoratet ble det besluttet å etablere 6 miljøbrønner for å klarlegge grunnvannets strømningsretning i området samt få en oversikt over forurensningssituasjonen i grunnvannssonen innenfor tiltaksområdet. Brønnene ble etablert av ved hjelp av

AIM-tomta Rygge flystasjon, Rygge kommune.
Miljøtekniske grunnundersøkelser og tiltaksplan

odexboring utført av Østfold Brønnboring AS. Brønnene er utført i PEH-plast med foringsrør i stål og låsbart lokk som beskyttelse over terrengnivå, se eksempel på bilde 1.



Bilde 1. Etablering av miljøbrønn.

B1 og B6 er plassert tett inntil hhv. "hot-spot" S6 og S4. De andre brønnene er plassert jevnt fordelt innenfor tiltaksområdet. Brønndata er vist i Tabell 6.

Tabell 6 Brønndata.

Brønn	Brønnndyp m. u/terreng	Filterplassering m. u/terreng	Brønntopp m.o.h.	Terreng v/brønn m.o.h.
1	4,60	3,60-4,60	44,48	44,08
2	4,64	3,64-4,64	42,51	42,11
3	4,72	3,72-4,72	41,10	40,65
4	4,80	3,80-4,80	43,57	43,13
5	4,56	3,56-4,56	43,20	42,78
6	4,79	3,79-4,79	44,76	44,33

Som det fremgår av Tabell 7 varierer mektighet på umettet sone fra 0,5 m ved B3 til ca. 3,5 m ved B6. Brønnene er satt med 1m filterlengde slik det fremgår av Tabell 6. Generelt på Rygge er at det siltig leire under sandlaget i overflaten. Dyp til leirlaget ved AIM-tomta

er ikke direkte kartlagt i brønnpunktene, men basert på geotekniske undersøkelser /4/ kan en anta at den mettede sonen er relativt liten, ca. 3 m slik det fremgår av Tabell 8.

Tabell 7 Beregning av grunnvannsnivå og umettet sone

Brønn	GVS i m u/brønn- topp 14.9.16	GVS i m u/brønn- topp 20.6.17	GVS moh 1.9.16	GVS moh 20.6.17		Terreng m.o.h.	Umettet sone 1.9.16	Umettet sone 20.6.17
B1	2.87	2.73	41.61	41.75		44.077	2.47	2.33
B2	1.77	1.59	40.735	40.915		42.107	1.37	1.19
B3	1.005	0.95	40.091	40.146		40.651	0.56	0.51
B4	2.625	2.5	40.942	41.067		43.126	2.18	2.06
B5	2.485	2.47	40.715	40.73		42.781	2.07	2.05
B6	4.105	4.04	40.65	40.715		44.327	3.68	3.61

Tabell 8 Beregnet mektighet på grunnvannsmagasinet

Brønn	Terreng m.o.h.	GVS m o.h. 20.06.17	Ca. høyde på leir- horisont m o.h.	Vannførende grunnvannslag (m)
B1	44.077	41.75	38	3.75
B2	42.107	40.915	38	2.915
B3	40.651	40.146	38	2.146
B4	43.126	41.067	38	3.067
B5	42.781	40.73	38	2.73
B6	44.327	40.715	38	2.715
Snitt				2.9

Miljøbrønnenes plassering samt hovedstrømningsretning for grunnvann innenfor tiltaksområdet er vist i Figur 11. Figur 12 viser prøvetakingspunkter for overflatevann.



Figur 11. Plassering av miljøbrønner. Grunnvannets hovedstrømningsretninger er vist med blå piler. Tallene ved hver brønn viser grunnvannsnivå i m o.h. den 14.09.16.



Figur 12. Plassering av prøvepunkter for overflatevann.

Analyseparametere er vist i Tabell 9.

Tabell 9. Oversikt over parametere analysert på prøver fra prøvetaking av overflatejord.

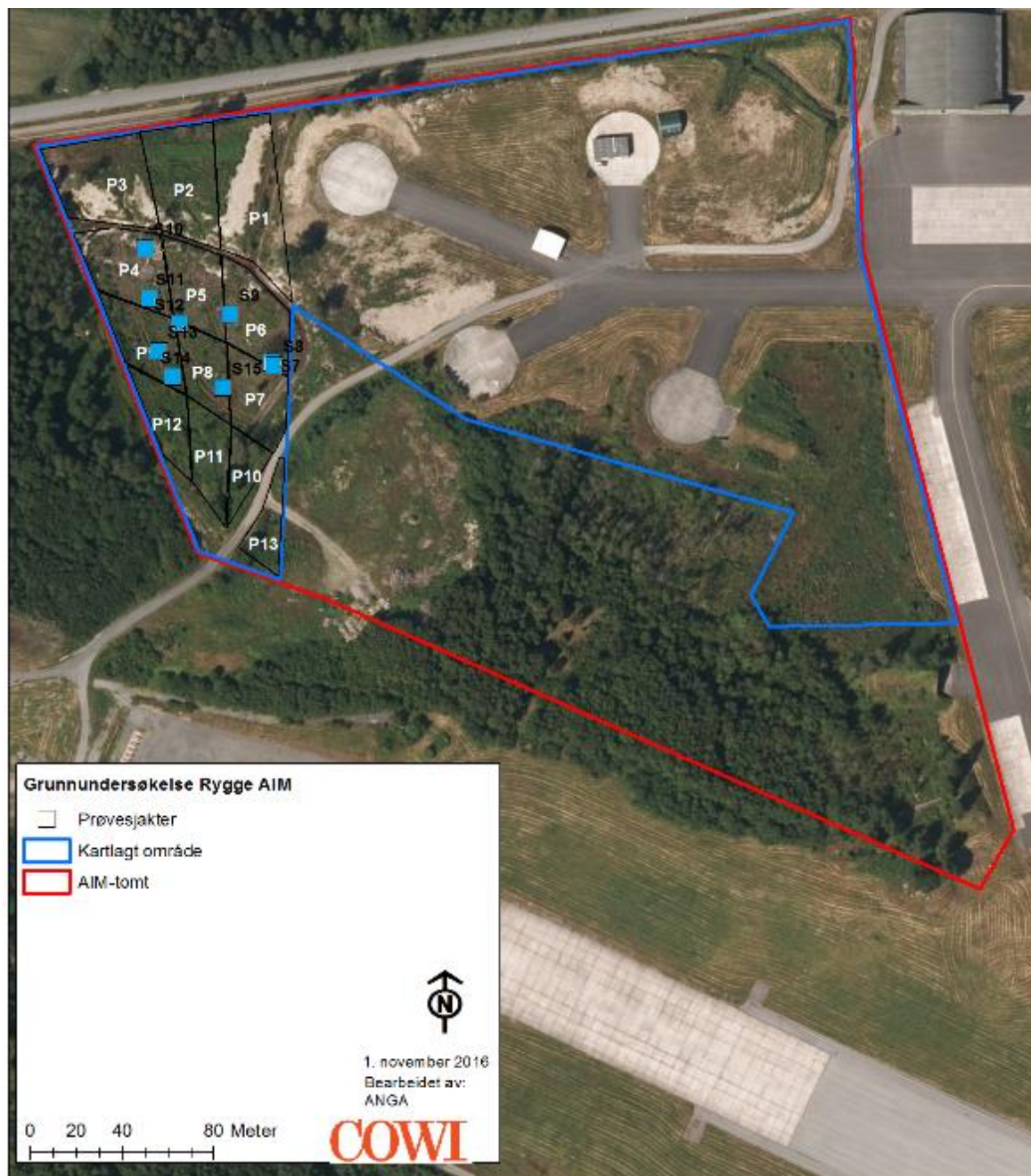
PFOS	Sum PFC
PFOA	Alifater (kun grunnvann, 1. prøvetaking)

Alle prøver er analysert ved Eurofins Environmental Laboratories.

3.6 Jordprøvetaking tomt B

Etter en nærmere vurdering av arealbehovet til AIM viste det seg at tiltaksområdet ble noe utvidet. Det ble derfor den 20.10.16 gjennomført en kartlegging av overflatejord og sjakting med gravemaskin på utvidelsen av tiltaksområdet. Det ble satt hovedfokus på PFOS/PFOA men også analysert på tradisjonelle miljøparametere som en ekstra kontroll.

Prøvepunkter er vist i Figur 13.



Figur 13. Plassering av sjakter og overflateprøver.

3.7 Avgrensning av "hot-spots"

Etter tilbakemelding fra Miljødirektoratet i e-post av 21. desember 2016 om viktigheten av å avgrense forurensningen rundt spesielt S4, S5 og S6 ble det gjennomført prøvetaking ved skovlboring for å få høyere detaljeringsgrad på prøvene rundt disse sjaktene. Kart over prøvepunkter er vist i Figur 14.



Figur 14. Plassering av prøvepunkter for avgrensning av hot-spots.

4 Resultater

Analyseresultatene viser at det undersøkte området i all hovedsak er lite forurensset med hensyn til de tradisjonelle forurensningsparametrene (miljøpakke jord). Resultater fra både den innledende prøvetakingsrunden og prøvetakingsrunden med skovlboring viser at alle parametrene ligger under normverdier for jordkvalitet gitt i Forurensningsforskriftens kapittel 2, vedlegg 1. Fullstendige analyserapporter fra miljøbrønner, overflateprøver og sjaktinger er vist i egen vedleggsrapport. I kartfremstillingene av PFOS-resultater er det delt inn i totalt 4 kategorier for vise ulike omfang av en opprydding. For alle resultater vises verdier <3, 3 – 30, 30 – 100 og > 100 µg/kg.

Det er påvist noen "hot spots" med PFOS-forurensning, og da særlig ved området rundt den sørvestre flyoppstillingsplassen. Dette vises både i analyseresultater fra overflatekartleggingen og under sjaktingen.

4.1 Innledende undersøkelse

For den innledende undersøkelsen gjennomført i desember 2015 er resultatene vist i Tabell 10. De ulike prøvepunktene og – arealene er vist i Figur 7.

Tabell 10. Resultater fra innledende undersøkelse 2015. Alle tall i µg/kg jord.

Prøvepunkt	Resultat PFOS/PFOA
A1	12,3
A2	Nd*
Langs vei/bane	22,5
Oppstilling	102

*nd: not detected (ikke påvist)

Det ble påvist PFOS/PFOA i 3 av de 4 lokalitetene som ble tatt prøver av.

4.2 Skovlboring 2016

Ingen av analyseresultatene for miljøpakke jord (se Tabell 3) viste overskridelser av normverdier for jord /2/. Det er derfor kun resultater for PFOS/PFOA som er vist i Tabell 11.

Tabell 11. Resultater fra skovlboring 2016. Alle tall i µg/kg jord.

Prøvepunkt	Resultat PFOS/PFOA
P9	Nd*
P25	Nd*
P28	295
P29	106
P41	Nd*

*nd: not detected (ikke påvist)

Resultatene er i tillegg vist på ortofoto i Figur 15.



Figur 15: Resultater fra analyse av jordprøver fra skovlboring 2016.

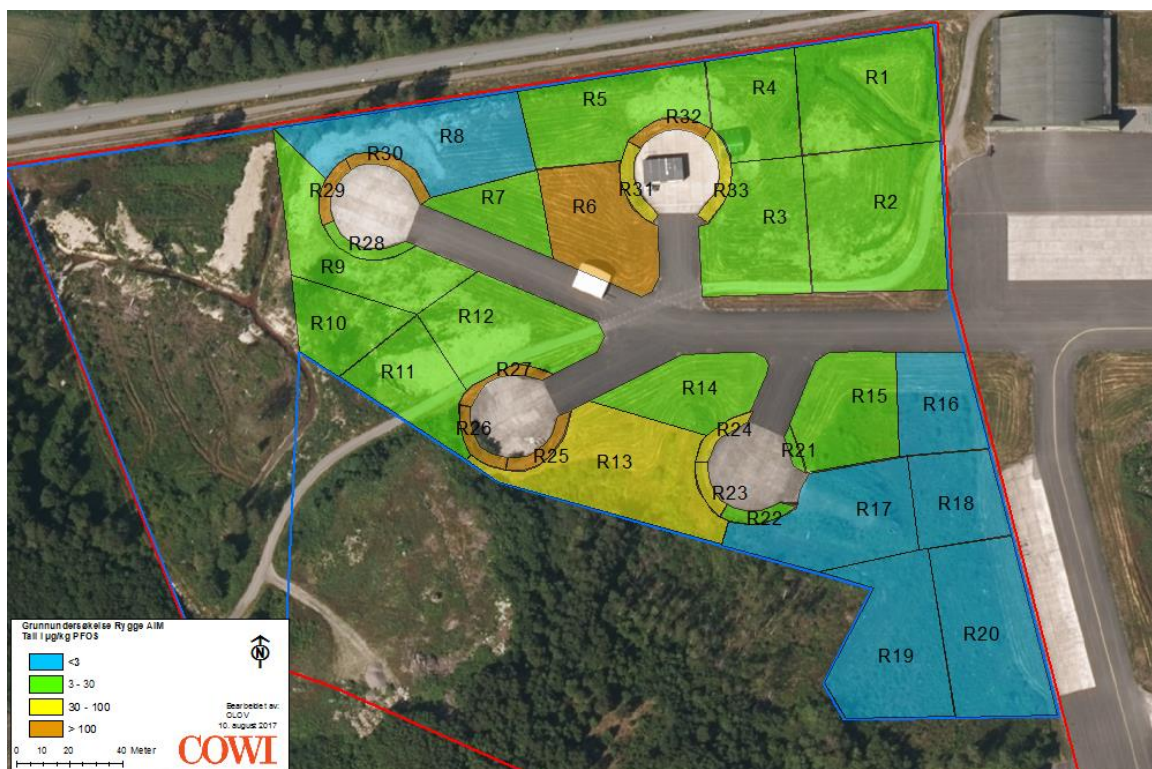
4.3 Overflatekartlegging

Resultater fra overflatekartleggingen er vist i Tabell 12. Prøvepunkter og analyseresultater er også vist på ortofoto i Figur 16.

Tabell 12. Resultater fra overflatekartlegging 2016. Alle tall i µg/kg jord.

Prøvepunkt	Resultat PFOS/PFOA	Prøvepunkt	Resultat PFOS/PFOA
R1	5,52	R18	Nd*
R2	5,38	R19	Nd*
R3	5,17	R20	Nd*
R4	17	R21	3,66
R5	22,2	R22	5,42
R6	118	R23	66,5
R7	9,35	R24	39,7
R8	2,73	R25	161
R9	5,57	R26	847
R10	9,01	R27	329
R11	28,9	R28	27,5
R12	6,65	R29	219
R13	59,4	R30	141
R14	4,12	R31	51,6
R15	3,93	R32	104
R16	2,82	R33	62,8
R17	Nd*		

*nd: not detected (ikke påvist)



Figur 16. Resultater fra overflatekartlegging i 2016. Alle tall i $\mu\text{g/kg}$ jord.

4.4 Sjakting 2016

Resultater fra sjaktingene som ble gjennomført i etterkant av overflatekartleggingen er vist i tabell 10. Plassering av sjaktene fremgår av figur 8. Av Tabell 13 ser man at det er tatt prøver i ulike nivåer i sjaktene, ned til grunnvannstand. Nivåene tilsvarer lagdeling som ble observert i sjaktene. I Figur 17 og Figur 18 er resultatene fremstilt på ortofoto. Her er det benyttet gjennomsnittsverdier for hhv. 0 – 1m og 1 – 2m under terreng som en forenkling av resultatene.

Tabell 13. Resultater fra sjakting 19.7.16. Alle tall i $\mu\text{g/kg}$ jord.

Prøvepunkt	Dyp i m. u/terreng	Resultat PFOS/PFOA
S1-1	0 – 0,9	3,65
S1-2	0,9 – 2,2	Nd*
S1-3	2,2 – 2,7	Nd*
S2-1	0 – 1,5	Nd*
S2-2	1,5 – 2,5	5,60
S2-3	2,5 – 2,8	1,83
S3-1	0 – 0,9	22,9
S3-2	0,9 – 1,5	Nd*
S3-3	1,5 – 2,2	Nd*
S4-1	0 – 0,6	27,1
S4-2	0,6 – 0,8	66,2
S4-3	0,8 – 2,2	99,3
S4-4	2,2 – 2,6	19,1
S5-1	0 – 0,5	988
S5-2	0,5 – 1,0	175

AIM-tomta Rygge flystasjon, Rygge kommune.
Miljøtekniske grunnundersøkelser og tiltaksplan

S5-3	1,0 – 2,2	68,4
S5-4	2,3	130
S6-1	0 – 0,5	106
S6-2	0,5 – 1,0	174
S6-3	1,0 – 2,3	43,9
S6-4	2,3	7,1

*nd: not detected (ikke påvist)



Figur 17. Resultater fra analyse av jordprøver tatt fra første runde med sjaktgraving. Resultater fra 0 – 1m under terreng.



Figur 18. Resultater fra analyse av jordprøver tatt fra første runde med sjaktgraving. Resultater fra 1 – 2m under terreng.

4.5 Miljøbrønner og overflatevann

Resultatene fra analyse av vannprøver fra miljøbrønnene viser høye verdier av PFOS i B1, se Tabell 14. Brønnplassering fremgår av Figur 11.

Tabell 14. Analyseresultater for miljøbrønner. Alle tall i ng/l PFOS.

Prøvepunkt	14.9.16	20.6.17
B1	23300	43000
B2	Nd*	21
B3	376	7300
B4	421	700
B5	410	540
B6	3920	6700
Dam		1300
B12		120
Kapteinsbekken		550
V1		2200
Kum utløp dam		660

* nd; not detected.

De høye verdiene målt i B1 og B6 kan sees i sammenheng med målte høye verdier i umettet sone (tørre masser) i dette området, jfr. resultater fra analyse av jord for S4 og S6. De andre brønnene har tydelig påvirkning av PFOS men lavere enn B1. B3 har et høyt resultat for prøvetakingsrunden den 20.6.17. Det er ikke funnet noen sannsynlig årsak til denne høye verdien, men det kan være resultat av fortykning fra B1 til B3 i grunnvannets strømningsretning mot nord-øst. Dersom dette er tilfelle kunne en forvente noe påvirkning på B4 og B5, noe en ikke ser.

For å beregne omtrentlig mengde med PFOS som ligger er i grunnvannet trenger en informasjon om massenes hydrauliske konduktivitet og porøsitet. Det er gjort en kornfordelingsanalyse av sandige masser, der hydraulisk konduktivitet er beregnet til $8 \cdot 10^{-5}$ m/s og en porøsitet på ca. 28%. Arealet av det forurensede området er ca. 30 000 m². Med en mektighet på grunnvannet på ca. 3 m gir dette grunnvannsvolum på 30 000 m² * 3 m * 0,28 = 25200 m³ grunnvann.

I Tabell 15 er det oppgitt at gjennomsnittlig konsentrasjon av PFOS i grunnvannet er ca. 7000 ng/l. Det kan da beregnes at mengde PFOS i grunnvannet er ca. 175 gram. I grunnvannet er det lite eller ingen transport av partikler så oppgitt mengde er å regne som løst PFOS. De oppgitte mengdene er basert på tilgjengelig informasjon og vil derfor være usikre. Det er ikke tatt prøve av PFAS i massene under grunnvannsnivå.

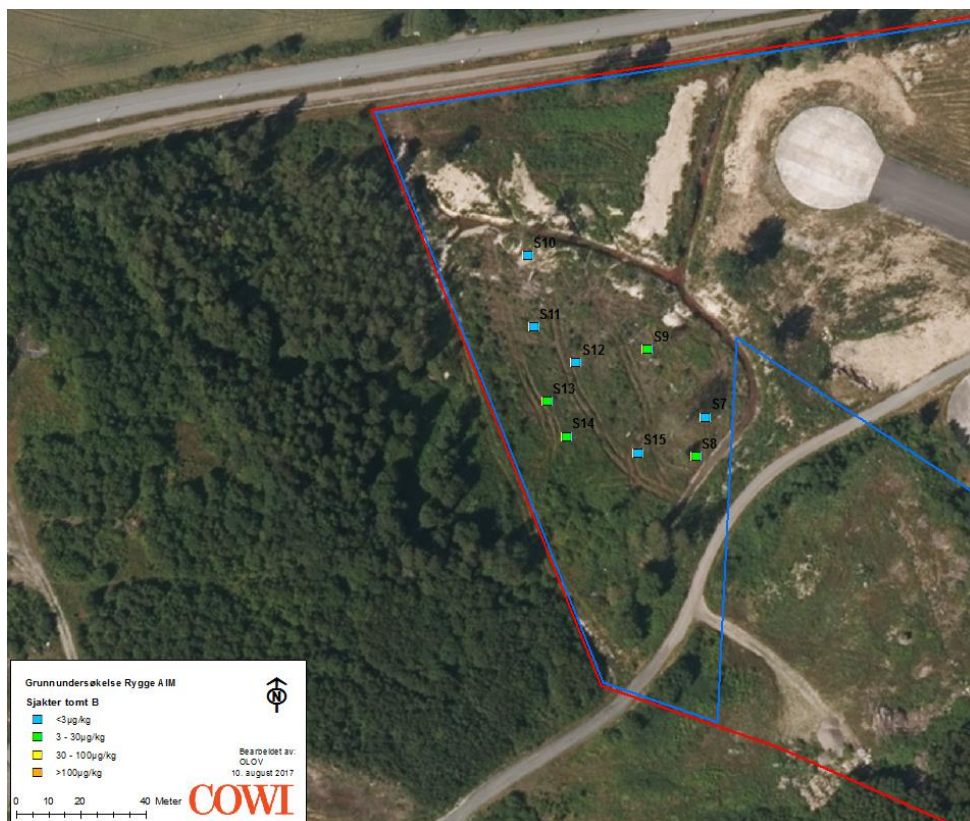
Tabell 15 Målinger av PFOS i grunnvann på AIM-tomta

PFOS	Dato	B1	B2	B3	B4	B5	B6
ng/l	14.09.2016	23300	n.d.	376	421	410	3920
ng/l	20.06.2017	43000	21	7300	700	540	6700
Snitt		33150	21	3838	560.5	475	5310
Snitt alle	7226						

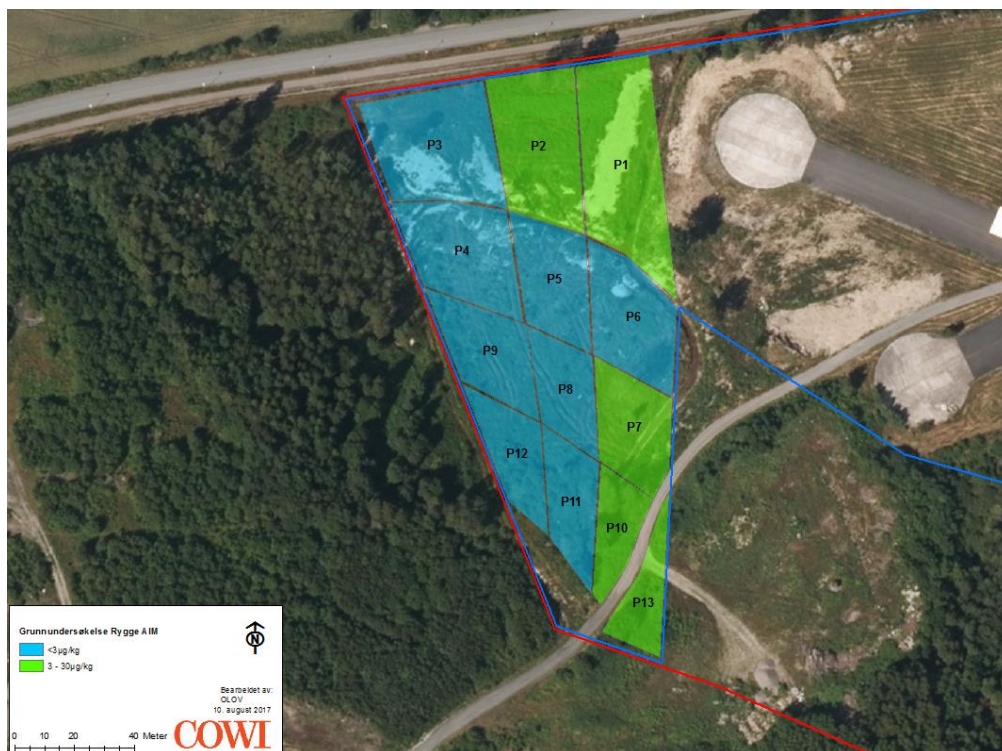
Det ble registrert jetfuel-lukt i sjakt S6 ned mot grunnvannssonen. Det ble derfor analysert på alifater og BTEX i B1. Det ble registrert noe innhold av tunge alifatforbindelser i vannprøven. BTEX ble ikke målt over deteksjonsgrensen.

4.6 Jordprøvetaking tomt B

Resultatene fra sjakting på arealet kalt tomt B er vist i Figur 19. Resultater fra overflatekartlegging av tomt B er vist i Figur 20. Her er PFOS-konsentrasjonene generelt lave. Resultatene er også vist i hhv. Tabell 16 og Tabell 17.



Figur 19. Resultater fra analyse av jordprøver fra sjakting på område tomt B.



Figur 20. Resultater fra analyse av jordprøver fra overflatekartlegging på område tomt B.

Tabell 16. Resultater fra sjakting 19.7.16. Alle tall i µg/kg jord.

Prøvepunkt	Dyp i m. u/terreng	Resultat PFOS/PFOA
S7	0,2 – 1,5	nd
S8	0,2 – 1,5	3,61
S9	0,2 - 2	3,66
S10	0,2 - 2	nd
S11	0,2 - 2	nd
S12	0,2 - 2	nd
S13	0,2 – 1,8	nd
S14	0,2 - 2	3,76
S15	0,2 – 1,5	2,56
S15	1,5 - 2	nd

*nd: not detected (ikke påvist)

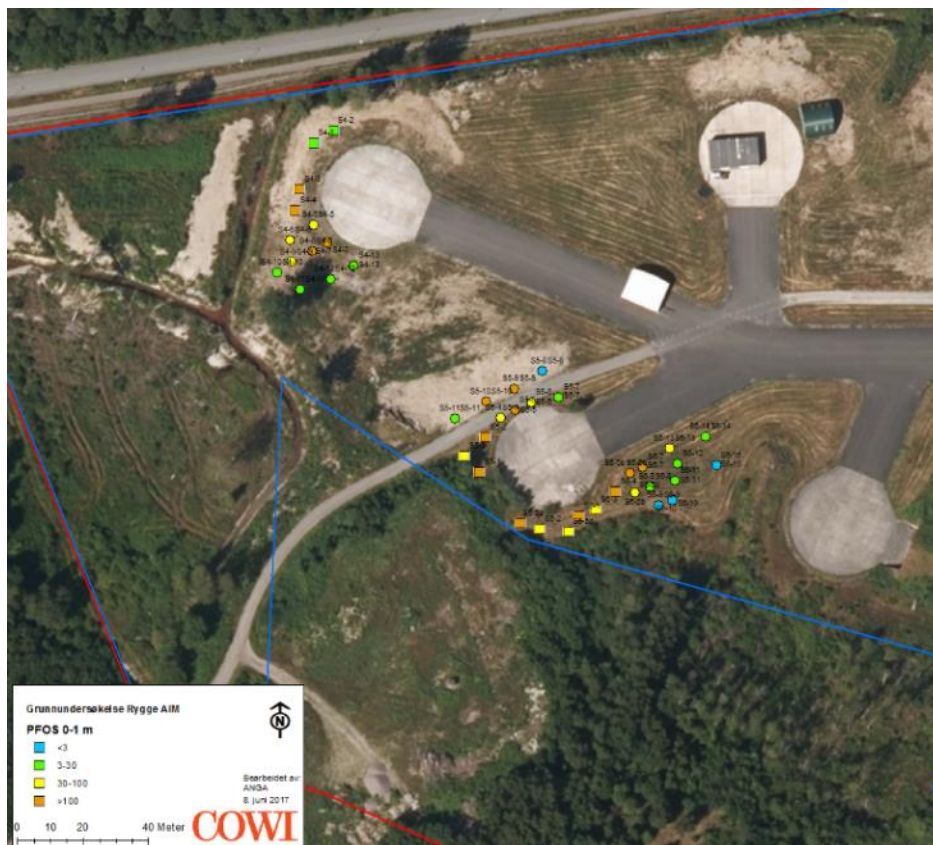
Tabell 17. Resultater fra overflatekartlegging 19.7.16. Alle tall i µg/kg jord.

Prøvepunkt	Resultat PFOS/PFOA
P1	7,55
P2	5,08
P3	2,03
P4	nd
P5	2,51
P6	nd
P7	17,8
P8	nd
P9	nd
P10	15
P11	nd
P12	nd
P13	20,1

*nd: not detected (ikke påvist)

4.7 Avgrensing av "hot-spots"

Resultater for sjakting og skovlboringer for avgrensing av hot-spots er vist i Figur 21 og Figur 22 for hhv. 0-1m og 1-2m dyp under terreng.



Figur 21. Resultater fra avgrensning av hot-spots. Alle resultater i $\mu\text{g/kg}$. Resultater for 0 – 1m under terreng. Fargekoding fremgår av figuren. Sjakter er vist med firkant. Skovlboring er vist med sirkel.



Figur 22. Resultater fra avgrensning av hot-spots. Alle tall i $\mu\text{g/kg}$. Resultater for 1 – 2m under terreng. Fargekoding fremgår av figuren. Sjakter er vist med firkant. Skovlboring er vist med sirkel.

5 Risikovurdering

Det er gjennomført en risikovurdering for å vurdere miljørisiko i forhold til planlagt arealbruk.

5.1 Kilde- og arealanalyse

Ut fra resultatene fra miljøteknisk undersøkelse er konklusjonen at bruk av PFOS-holdig brannskum er eneste kilde til forurensning innenfor tiltaksområdet. Planlagt arealbruk er næring i form av service- og vedlikeholdsaktivitet av jagerfly. Ved bruk av SFTs modell-verktøy 99:01A er det beregnet at stedsspesifikk akseptverdi for jord ved aktuell arealbruk er 1597µg/kg for PFOS. Høyeste konsentrasjon PFOS målt i jord innenfor tiltaksområdet er prøve S5-1 som har innhold av PFOS på 988µg/kg. Det er dermed ingen prøver som overstiger beregnet akseptverdi.

Etter diskusjon med Miljødirektoratet er det spredning som skal ha fokus i risikovurderingen og oppryddingsarbeidet. Det er derfor i det etterfølgende vurdert spredning av PFOS fra tiltaksområdet.

All avrenning fra AIM-tomta går via Kapteinsbekken til Vansjø. En stor andel av det øvre grunnvannet vil dreneres inn i grøftesystemet, mens noe vil spres videre i grunnvannets strømningsretning.

5.2 Miljømål

Anbefalte miljømål for AIM-tomta vil være de samme som er satt for hele Rygge flystasjon og definert i Forsvarsbygg Futura sin rapport /1/:

- Utslippene fra Rygge flystasjon skal reduseres og på den måten bidra til å bedre miljøtilstanden i Vansjø
- Tiltak skal gjennomføres etter helhetlige vurderinger og på en kostnadseffektiv måte.

5.3 Miljøanalyse

Innenfor tiltaksområdet er det etablert 6 miljøbrønner (se Figur 11) som viser at grunnvannets strømningsretning er mot nordøst og mot Kapteinsbekken. Dette er en av bekkene fra Rygge flystasjon som drenerer mot Vansjø, som er drikkevannskilde til Mosseregionen. I tiltaksvurdering som Forsvarsbygg Futura har utarbeidet for hele Rygge flystasjon, er det estimert at det transporteres ca. 175g PFAS/år via Kapteinsbekken til Vansjø. Av dette stammer ca. 25 g fra AIM-tomta (se Tabell 1). I tiltaksvurdering for Rygge fra 2016 er det beregnet at det føres ut 130 gram PFOS via Kapteinsbekken /1/. Det vil forekomme noe variasjon i beregningen avhengig av hvilke tidsserier som legges til grunn.

Det er ikke overflateavrenning fra området, all avrenning går via grunnvann som til en viss grad er avskjært med grøfter som ledes til en oppsamlingsdam. Dammen tar også mot vann fra andre deler av Rygge flystasjon, og går videre til Kapteinsbekken.

I NGUs brønndatabase er det registrert flere borebrønner i fjell på gårdsbrukene nedstrøms Rygge flystasjon. I forbindelse med arbeidet til Forsvarsbygg Futura er det tatt

prøve av drikkevannsbrønner i fjell som ligger i området med dyrket mark nord for rullebanen. Prøver av drikkevannet ble tatt i september og oktober 2015 fra disse stedene. Det ble ikke påvist PFAS-forbindelser i noen av vannprøvene som ble tatt høsten 2015.

I forbindelse med den geotekniske undersøkelsen er det gjort kornfordelingsanalyse på en sandprøve fra 2-3 m dyp fra massene i det sørøstre hjørne av det fremtidige motordepotet (borehull BH17). Her er hydraulisk konduktivitet beregnet til $8.0 \cdot 10^{-5}$ m/s. Massene i umettet sone er visuelt vurdert til å være relativt ensgraderte sandmasser. I grunnvannssonen er massene vurdert som middels til fin sand.

Det er benyttet Miljødirektoratet sin risikomodell for forurenset grunn (SFT 99:01A) for estimering av eksponering og spredning. Det er benyttet stedsspesifikke data der det finnes, dvs. nedbørsdata for Rygge flystasjon.

Som en konservativ tilnærming er PFOS gitt en høy løselighet med Kd-verdi på 1kg/l. Det er svært lite organisk materiale i jorden slik at denne lave Kd-verdien er ikke usannsynlig. Det er imidlertid ikke gjort spesifikke undersøkelser av dette. Inngangsdata som er benyttet i modellen er vist i Tabell 18 og Tabell 19 under.

Tabell 18. Eksponeringsveier ved aktuell arealbruk

Tabell I. Eksponeringsveier ved aktuell arealbruk. (Kun verdier i gull felt kan endres. Endringer skal begrunnes.)				
Parametre	Standard verdi	Anvendt verdi	Enhet	Begrunnelse (Gule celler må fylles)
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (barn)	365 8	0	UAKTUELL	Militært og sivil flyplassområde
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (voksne)	365 8	50 dager/år 5 timer/dag		sporadisk opphold
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (barn)	80 8	0	UAKTUELL	Militært og sivil flyplassområde
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (voksne)	45 8	50 dager/år 5 timer/dag		sporadisk opphold
Oppholdstid utendørs (barn)	365 24	0	UAKTUELL	Militært og sivil flyplassområde
Oppholdstid utendørs (voksne)	365 24	50 dager/år 5 timer/dag		sporadisk opphold
Oppholdstid innendørs (barn)	365 24	0	UAKTUELL	Militært og sivil flyplassområde
Oppholdstid innendørs (voksne)	365 24	230 dager/år 8 timer/dag		planlagt bygninger med innendørs arbeidsplass
Fraksjon av grunnvann fra lokaliteten brukt som	100 %	0 %	UAKTUELL	ingen grunnvannsforsyning på tiltaksområdet
Fraksjon av inntak av grønnsaker dyrket på lokaliteten	30 %	0 %	UAKTUELL	lokaliteten ligger inne på flyplassområdet
Fraksjon av inntak av fisk fra nærliggende resipient	100 %	10 %		noe fritidsfiske i vansjø

Tabell 19. Transport og reaksjonsmekanismer.

Tabell II. Transport og reaksjonsmekanismer (tabell 21 s 99 i SFT 99:01A; Kun verdier i gule felt kan endres. Endringer skal begrunnes.)					
Parametre	Symbol	Standard verdi	Anvendt verdi	Enhet	Begrunnelse (Gule celler må fylles)
Jordspesifikke data					
Vanninnhold i jord	θ_w	0,2	0,2	l vann/l jord	
Luftinnhold i jord	θ_a	0,2	0,2	l luft/l jord	
Jordas tetthet	ρ_s	1,7	1,7	kg/l jord	
Fraksjon organisk karbon i jord	f_{oc}	1 %	1 %		
Jorda porøsitet	ε	40 %	40 %		
Parametre brukt til beregning av konsentrasjon i innedørsluft					
Innvendig volum av huset	V_{hus}	240	240	m ³	
Areal under huset	A	100	100	m ²	
Utskiftingshastighet for luft i huset	I	12	12	d ⁻¹	
Innlekingshastighet av poreluft	L	2,4	2,4	m ³ /d	
Dybde fra kjellergulv til forurensning	Z	0,35	0,35	m	
Diffusiviteten i ren luft	D_o	0,7	0,7	m ² /d	
Data brukt til beregning av konsentrasjon i grunnvann					
Jordas hydraulisk konduktivitet	k	0,00001	0,00001	m/s	
		315,36	315,36	m/år	
Avstand til brønn	X	0	0	m	Beregnet for midt i hot-spot
Lengden av det forurensende området i grunnvannsstrømmens retning	L_{gw}	50	50	m	
Infiltrasjonsfaktor	IF	0,141	0,0141	år/m	Sand
Gjennomsnittlig årlig nedbørmengde	P	730	829	mm/år	nedbørnormal for stasjon 17150 Rygge (eklima.no)
Infiltrasjons-hastigheten	I	0,1	0,01	m/år	Beregnet ($IF \cdot P^2$)
Hydraulisk gradient	i	0,03	0,009	m/m	Beregnet mellom B1 og B3
Tykkelsen av akviferen	d_a	5	5	m	
Tykkelsen av blandingssonen i akviferen	d_{mix}	5	5	m	Beregnet (ligning (10) i SFT 99:01a)
Data brukt til beregning av konsentrasjon i overflatevann					
Vannføring i overflatevann	Q_{ov}	500000	15000	m ³ /år	anslag i grøftesystem ved prøvetakingstidspunkt
Bredden av det forurensende området vinkelrett på retningen av grunnvannsstrømmen	L_{sw}	7,34	50	m	anslag
Beregnet hastighet på grunnvannstrømning	Q_{di}	347,21136	709,56	m ³ /år	Beregnet ($k \cdot i \cdot d_{mix} \cdot L_{sw}$)

Tabell 20. Beregninger av risiko fra AIM-tomta.

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
	Antall prøver	jordkonsentrasjon		Norm-verdi jord (mg/kg)	C _{a,max} over-skrider norm-verdi	Helsesisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.					Beregnet kons. fra middel jordkons.				
		Max	Middel			C _{he} aktuell arealbruk (mg/kg)	C _{a,max} over-skrider C _{he}	Grunn-vann C _{gw,max} (mg/l)	Resipient C _{gw,max} (mg/l)	Innen-dørsluft C _{a,max} (mg/l)	Grønn-saker C _{a,max} (mg/kg)	Fisk C _{a,max} (mg/l)	Grunn-vann C _{gw,mid} (mg/l)	Resipient C _{gw,mid} (mg/l)	Innen-dørsluft C _{a,mid} (mg/l)	Grønn-saker C _{a,mid} (mg/kg)	Fisk C _{a,mid} (mg/l)
		C _{a,max} (mg/kg)	C _{a,middel} (mg/kg)														
PFOS	3	0.847	0.44567	0.1	747 %	1597.075	-100 %	3E-02	1E-03	1E-11	#VALUE!	3E+00	1E-02	6E-04	8E-12	#VALUE!	2E+00

Tabell 20 viser at konsentrasjonene i jord ligger langt under stedsspesifikk akseptkriterium for den aktuelle arealbruken, dvs. at det ikke er forbundet med helsefare å oppholde seg på arealet.

Beregnet PFOS-konsentrasjon i grunnvannet er $3 \cdot 10^{-2}$ mg/l basert på maksimalkonsentrasjon i jord og $1 \cdot 10^{-2}$ mg/l basert på middelkonsentrasjon (for hot-spots). Dette tilsvarer henholdsvis 30 000 ng/l PFOS og 10 000 ng/l PFOS.

Målt gjennomsnittskonsentrasjon i grunnvannsbrønn B1, som antas å være plassert i et punkt med høyest PFOS-konsentrasjon i jord, er ca. 33000ng/l. Dette samsvarer godt med beregnet verdi i modellen.

Beregnet PFOS-konsentrasjon i grøftesystemet (overflatevann) som fanger opp grunnvannsstrømmen i den nordøstlige delen av AIM-tomta er $1 \cdot 10^{-3}$ mg/l. Dette tilsvarer 1000 ng/l som er halvparten av målt verdi i grøftesystemet V1 (2200ng/l). Årsaken kan være at beregningen baserer seg på en anslått verdi på årlig vannføring i grøftesystemet på 15.000m³. Dette anslaget er satt ut fra en visuell vurdering av vannføring på prøvetakingstidspunktet (juni 2017).

Det overordnede miljømålet som er satt for Rygge flystasjon mht. PFOS er at utslippene skal reduseres og på den måten bidra til å bedre miljøtilstanden i Vansjø. I Tabell 21, Tabell 22 og Tabell 23 er det vist en beregnet konsentrasjon av PFOS i grunnvannet og grøft-

tesystemet på AIM-tomta ved opprydding til hhv. 100 og 30µg/kg sammenlignet med dagens situasjon. Beregningen er basert på en årlig vannføring i grøftesystemet på 15.000m³.

Tabell 21. Beregning av PFOS-konsentrasjon i grøftevann og grunnvann ved en utgangskonsentrasjon på 100µg/kg i jord.

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
	Antall prøver	jordkonsentrasjon		Norm-verdi jord (mg/kg)	C _{s,max} over-skridet norm-verdi (mg/kg)	Helserisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.				Beregnet kons. fra middel jordkons.					
		Max	Middel			C _{he} aktuell arealbruk (mg/kg)	C _{s,max} over-skridet C _{he}	Grunn-vann C _{gw,max} (mg/l)	Resipi-ent C _{gw,max} (mg/l)	Innen-dørsluft C _{ia,max} (mg/l)	Grønn-saker C _{s,max} (mg/kg)	Fisk C _{f,max} (mg/l)	Grunn-vann C _{gw,mid} (mg/l)	Resipi-ent C _{gw,mid} (mg/l)	Innen-dørsluft C _{ia,mid} (mg/l)	Grønn-saker C _{s,mid} (mg/kg)	Fisk C _{f,mid} (mg/l)
		C _{s,max} (mg/kg)	C _{s,middel} (mg/kg)														
PFOS	1	0.1	0.1	0.1	0 %	0.1	0 %	3E-03	1E-04	2E-12	#VALUE!	4E-01	3E-03	1E-04	2E-12	#VALUE!	4E-01

Tabell 22. Beregning av PFOS-konsentrasjon i grøftevann og grunnvann ved en utgangskonsentrasjon på 30µg/kg i jord.

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
	Antall prøver	jordkonsentrasjon		Norm-verdi jord (mg/kg)	C _{s, max} over-skridet norm-verdi	Helsersisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.						Beregnet kons. fra middel jordkons.			
		Max	Middel			C _{ne} aktuell arealbruk (mg/kg)	C _{s, max} over-skridet C _{ne}	Grunn-vann C _{gw, max} (mg/l)	Resipi-ent C _{gw, max} (mg/l)	Innen-dørsluft C _{ia, max} (mg/l)	Grønn-saker C _{s, max} (mg/kg)	Fisk C _{f, max} (mg/l)	Grunn-vann C _{gw, mid} (mg/l)	Resipi-ent C _{gw, mid} (mg/l)	Innen-dørsluft C _{ia, mid} (mg/l)	Grønn-saker C _{s, mid} (mg/kg)	Fisk C _{f, mid} (mg/l)
		C _{s, max} (mg/kg)	C _{s, middel} (mg/kg)														
PFOS	1	0.03	0.03	0.1	-70 %	0.1	-70 %	9E-04	4E-05	5E-13	#VALUE!	1E-01	9E-04	4E-05	5E-13	#VALUE!	1E-01

Tabell 23. Oppsummering av beregninger fra tabell 17 og 18.

PFOS-kons i jord, µg/kg	PFOS-kons i grøft, ng/l	PFOS-kons i grunnvann, ng/l
900 (hot-spot)	2200	33000
100	100	3000
30	40	900

Av Tabell 23 ser vi at ved en opprydding til 100µg/kg PFOS i jord, så vil konsentrasjon PFOS i grunnvann reduseres med en faktor på 10. Konsentrasjonen av PFOS i grøftesystemet vil reduseres med en faktor på ca. 20. Ved opprydding til 30µg/kg PFOS i jord så vil man få en ytterligere reduksjon med en faktor for hhv. 2 i grøftesystemet og 3.5 i grunnvann.

6 Diskusjon

6.1 Vurdering av behov for tiltak

På de spesifikke arealene innenfor tiltaksområdet der det er påvist såkalte hot-spots ser det ut til å være godt samsvar mellom jordanalyser og verdier i grunnvannet. Verdiene i grunnvannet avtar delvis i grunnvannets strømningsretning og mot grøftesystemet i nord-øst. Unntaket er B3 der det ble målt høye verdier i juni 2017. Imidlertid ble det målt relativt lave verdier i september 2016, så det PFOS-konsentrasjonen i grunnvannet som B3 representerer varierer tilsynelatende svært mye.

Grøftesystemet i den sørøstlige delen av AIM-tomta avskjærer til en viss grad øvre del av grunnvannsmagasinet og leder vann videre til oppsamlingsdam og Kapteinsbekken. Etter som det skal gjennomføres bygge- og gravearbeider på AIM-tomta, er det i henhold til Forurensningsforskriftens kap. 2 behov for gjennomføring av tiltak. Det er også fornuftig å rydde opp i kjent forurensning i forbindelse med gravearbeidene, slik at avrenning av PFOS-forbindelser fra AIM-tomta til grunnvann og Kapteinsbekken reduseres vesentlig.

6.2 Fastsettelse av grenseverdier for opprydding

Ved en utbygging av AIM-tomta til planlagt formål forventes det ikke overskuddsmasser. I forbindelse med utbyggingen er det planlagt å oppnå massebalanse totalt sett i prosjektet. Forurensede masser over avklart grenseverdi (over 30 µg/kg) vil bli fjernet og transporter til godkjent mottak iht. Redegjørelse for massedisponering. Massene erstattes med stedlige rene masser (under 30 µg/kg).

Ut fra de undersøkelsene som er gjort, vil de klassiske miljøparameterne som analyseres i miljøpakke jord ikke utgjøre noe problem ettersom alle resultatene ligger under normverdien. Det vil si at det ikke foreligger uønsket risiko for verken helse eller spredning uansett arealbruk. Imidlertid er det viktig å bestemme en grenseverdi for hvor mye PFOS massene kan inneholde uten at det utgjør noe helse- eller miljømessig fare i forhold til planlagt arealbruk.

Det foreligger liten erfaring fra opprydding av PFOS-holdige masser i Norge. I Forurensningsforskriftens kapittel 2, vedlegg 1 er normverdier for PFOS satt til 0,1mg/kg eller 100µg/kg. Normverdiene er ment å fungere slik at for verdier under normen, må massene ansees som rene. Dersom man ønsker å rydde opp et forurensset område ned til et nivå der all arealbruk kan aksepteres, blir også normverdiene benyttet. Imidlertid er tiltaksgrensen for den pågående oppryddingen ved Ørlandet flystasjon satt til 30µg/kg for PFOS. Dette med bakgrunn i nyere forskning fra Sverige der det har vært fokus på utlekkingspotensialet for PFOS i jord. Ved vurdering av oppryddingsnivå på AIM-tomta er også tiltaksgrensene for Ørlandet flystasjon tatt med. Til sammenligning er stedsspesifikk akseptkriterium beregnet til 1597 µg/kg for AIM-tomta mht. helserisiko. Det er altså vurdering av spredning som vil være avgjørende for fastsetting av grenseverdi for opprydding.

I tiltaksvurderingen som er utarbeidet for hele Rygge flystasjon er total mengde PFOS i jord beregnet til ca. 9.3kg /1/. Da er tiltaksområdet for AIM-tomta ikke tatt med. Etter en omfattende kartlegging av AIM-tomta viser det seg at dette arealet også har et ikke uvesentlig innhold av PFOS-forbindelser. Ettersom det nå blir utarbeidet en egen tiltaksplan i forbindelse med utvikling av AIM-tomta, blir dette området nå sett på selvstendig og vil være gjenstand for en opprydding med hensyn til PFOS.

Ut fra de resultatene som foreligger etter miljøteknisk undersøkelse av AIM-tomta er det beregnet at det befinner seg ca. 1,2kg PFOS i jord innenfor tiltaksområdet. Dette er ca. 11 % av all PFOS registrert inne på Rygge flystasjon. Det poengteres at selv om det i dette prosjektet er tatt et stort antall jordprøver i forhold til det som er vanlig i denne type undersøkelser, så er stipulerte totalverdier for PFOS basert på stikkprøver.

Som en praktisk tilnærming er det tatt utgangspunkt i konsentrasjoner av PFOS i overflatekartleggingen (0-5cm u/terrengoverflate) i tillegg til avgrensningen der det også er dokumentasjon på PFOS-forurensning i dypere lag. Det er kun resultater >3µg/kg PFOS som er tatt med i beregningene. PFOS-mengder og -beregninger er vist i Tabell 24.

Tabell 24. Tabellen viser beregning av PFOS-mengder innenfor tiltaksområdet. Ved beregning er alle verdier $>3\mu\text{g/kg}$ tatt med.

Areal, R	mektighet m	PFOS $\mu\text{g/kg}$	PFOS kg/kg	Areal m^2	Volum m^3	egenvekt	kg jord	PFOS i kg
1	0,05	5,52	5,5E-09	2243	112,15	1,8	201870	0,001114
2	0,05	5,38	5,4E-09	2798	139,9	1,8	251820	0,001355
3	0,05	5,17	5,2E-09	1846	92,3	1,8	166140	0,000859
4	0,05	17	1,7E-08	1292	64,6	1,8	116280	0,001977
5	0,05	22,2	2,2E-08	1835	91,75	1,8	165150	0,003666
6	0,05	118	1,2E-07	1597	79,85	1,8	143730	0,016960
7	0,05	9,35	9,4E-09	804	40,2	1,8	72360	0,000677
9	0,05	5,57	5,6E-09	1620	81	1,8	145800	0,000812
10	0,05	9,01	9,0E-09	985	49,25	1,8	88650	0,000799
11	0,05	28,9	2,9E-08	1242	62,1	1,8	111780	0,003230
12	0,05	6,65	6,7E-09	1799	89,95	1,8	161910	0,001077
13	0,05	59,4	5,9E-08	2408	120,4	1,8	216720	0,012873
14	0,05	4,12	4,1E-09	1287	64,35	1,8	115830	0,000477
15	0,05	3,93	3,9E-09	1540	77	1,8	138600	0,000545
21	0,05	3,66	3,7E-09	45	2,25	1,8	4050	0,000015
22	0,05	5,42	5,4E-09	126	6,3	1,8	11340	0,000061
23	0,05	66,5	6,7E-08	101	5,05	1,8	9090	0,000604
24	0,05	39,7	4,0E-08	113	5,65	1,8	10170	0,000404
25	0,05	161	1,6E-07	145	7,25	1,8	13050	0,002101
26	0,05	847	8,5E-07	87	4,35	1,8	7830	0,006632
27	0,05	329	3,3E-07	122	6,1	1,8	10980	0,003612
28	0,05	27,5	2,8E-08	151	7,55	1,8	13590	0,000374
29	0,05	219	2,2E-07	116	5,8	1,8	10440	0,002286
30	0,05	141	1,4E-07	166	8,3	1,8	14940	0,002107
31	0,05	51,6	5,2E-08	161	8,05	1,8	14490	0,000748
32	0,05	104	1,0E-07	144	7,2	1,8	12960	0,001348
33	0,05	62,8	6,3E-08	176	8,8	1,8	15840	0,000995
P1	0,05	7,55	7,6E-09	1790	89,5	1,8	161100	0,001216
P2	0,05	5,08	5,1E-09	1380	69	1,8	124200	0,000631
P7	0,05	17,8	1,8E-08	842	42,1	1,8	75780	0,001349
P10	0,05	15	1,5E-08	527	26,35	1,8	47430	0,000711
P13	0,05	20,1	2,0E-08	500	25	1,8	45000	0,000905
							kg	0,072520
						hot-spots		1,14
						total		1,21

De områdene og punktene som er registrert med konsentrasjon av PFOS over $100\mu\text{g/kg}$ innenfor tiltaksområdet utgjør ca. 1,06kg, se utregning i vedlegg A. Områder og punkter med konsentrasjoner av PFOS over $30\mu\text{g/kg}$ utgjør ca. 1,12kg, se utregning i vedlegg B. Områder innenfor tiltaksområder med PFOS-verdier over $3\mu\text{g/kg}$ utgjør ca. 1,21kg.

I den første tiltaksplanen datert 1. november 2016 ble det beregnet at det var ca. 0,35 kg PFOS på AIM-tomta. Grunnen til økningen til 1,21 kg skyldes mer omfattende dybdekartlegging i områdene med de høyest påvist PFOS-konsentrasjonene (rund sjaktene S4, S5 og S6).

I samtale med Miljødirektoratet er det blitt enighet om fjerning av masser med registrert forurensning av PFOS over 30 µg/kg TS. Det er beregnet et behov for oppgraving og fjerning av ca. 2.500 m³ forurensede masser iht. registrerte områder på tomten med forurensninger over angitt grenseverdi på 30 µg/kg.

6.3 Planlagte grunn- og utomhusarbeider

6.3.1 Motordepot /verksted

Når fjerning av forurensede masser er gjennomført og godkjent og inngjerding av tomten er utført, vil videre arbeider med grunn- og utomhusarbeider for motordepot bli iverksatt. Innplassering av byggene er vist i Figur 6.

En slik faseoppdeling vil bidra til et klart skille og grensesnitt mellom nødvendige oppryddingsarbeider og videre grunnarbeider.

Grunnarbeidene vil i første omgang bestå av graving og igjenfylling av EL- og VA-grøfter, samt omlegging og utbedring av eks. overvannsdiker og nødvendig supplering av nye diker til nødvendig fordrøyning og kontrollert avrenning av overvannet på tomten til eks. samleikum på østsiden av tomten (ved eks. hangar).

Interne grøfter til tekniske anlegg vil i hovedsak bli forholdsvis grunne, med dybder på 1-1,5 meter, og vil sannsynlig ikke berøre registrert grunnvannsnivå. Grøftene vil bli etablert i nordvestre del av tomten.

I tillegg til ovennevnte grøfter vil planlagte kjørearealer på tomten bli sjaktet ut og planert for oppfylling med godkjente masser til forsterkningslag og rettet opp for opparbeidelse av interne veier og plasser rundt nybygget, med tilpassede høyder for tilnærmet massebalanse i forhold til eks. terreng og beregnet oppfyllingsbehov.

Byggegroppen til nytt motordepot vil deretter bli gravd ut og planert 1,1 meter under ferdig gulv (som tilsvarer utgraving til ca. 0,5-0,7 m under nåværende terreng). Det vil si at utsjaktning for veier, plasser og byggegropen ikke vil berøre registrert grunnvannsnivå.

Inntegnet motordepot på 6.680 m² og ca. 1.000 m² ekstra areal til evt. utvidet Backshop, vil omfatte en samlet grunnflate på ca. 7.700 m² og medføre utgraving av ca. 4.600 m³ faste anbrakte masser. Dette er i tillegg til utsjaktet masser for veier og plasser planlagt benyttet internt på tomten til nødvendig oppfylling og planering etter utgraving og fjerning av 2.510 m³ forurenset masser over 30 µg/kg, samt igjenfylling av enkelte diker (bl.a. under nybygget) og til generelle tilpasninger og justeringer ifm. planering av eks. terreng internt på tomten.

6.3.2 Testcelle og fremtidige hangar

Inntegnet fotavtrykk for testcelle og fremtidig hangar, som foreløpig ikke er prosjektert eller søkt om rammetillatelse for, vil omfatte et areal på ca. 800 m² for testcellen og ca. 5000 m² for fremtidig hangar.

Dette vil til sammen medføre utsjaktning og intern omdisponering av ca. 2500-3000 m³ masse på stedet, som kan benyttes til nødvendige tilpasninger og oppretting av underlaget ifm. planeringen for hangaren da den er plassert i noe skrått terreng med ca. 1-1,5m helling.

For øvrig kan resterende masser benyttes til noe tilbakefylling og terrengtilpasninger rundt både testcellen og hangaren.

Testcellen må sannsynlig peles til fjell da dette området har noe bløtere overflate enn resterende del av tomten, og det vil således ikke være behov for vesentlig utsjaktning for dette bygget men kun fjerning av jordholdig topplag for nødvendig oppfylling med tørre masser under fundamenter og betonggulv samt senere tilbakefylling av jordholdige masser på grøntarealene rundt bygget.

6.4 Oppryddingsvolum, kostnader og fremdrift

En kostnadseffektiv tilnærming med tanke på fjerning av masser vil være å konsentrere seg om punktforurensning og flater med de høyeste konsentrasjon av PFOS. Det er beregnet oppryddingsvolum ved en grenseverdi på 100 µg/kg, 30µg/kg og for alle masser over 3µg/kg PFOS. Det er beregnet kostnader og antatt tidsforbruk på disse 3 oppryddingsscenariene. Beregning for kostnader for levering av PFOS-holdig jord er basert på priser oppgitt av Lindum AS. Oppgravings- og bortkjøringskostnader er basert på Norsk Prisbok for 2016.

Tabell 25. Fjerning av PFOS-holdige masser på AIM-tomta. Det er lagt inn en sikkerhetsfaktor på 1.2 ved beregning av oppryddingsvolum. Både oppryddingsvolum og kostnader er basert på overslagsberegninger. Det er benyttet en egenvektsfaktor på jord på 1.8.

Oppryddingsnivå	Oppryddingsareal (m ²)	Oppryddingsvolum (m ³)	Oppryddingsmengde tonn	Kostnader MNOK eks. mva	PFOS fjernet, kg
3µg/kg PFOS	33600	5115	9207	6,8	1,21
30µg/kg PFOS	7580	2510	4519	3,2	1,12
100µg/kg PFOS	2516	1862	3351	2,5	1,06

Av Tabell 25 ser man at opprydding til hhv. 30 og 100µg/kg PFOS skiller lite (0,06kg) i forhold til mengde PFOS som blir fjernet. Samtidig skiller det ca. 700.000,- i kostnader. Dvs. at det koster ca. kr. 700.000,- å fjerne de siste 0.06kg ned til en grense på 30µg/kg.

Dersom det skal fjernes alle masser med PFOS-innhold >3µg/kg så vil man måtte fjerne ca. 9200 tonn jord, i hovedsak ved avskaving av de øverste 10cm på hoveddelen av tiltaksområdet. Dette vil føre til en kostnad på ca. 6,8MNOK.

Nærmeste mottak for PFOS-holdig jord er Lindum AS i Hurum. Fjerning av store volum PFOS-holdig jord vil generere en betydelig transport med lastebil på vei noe som blant annet fører til utslipp av klimagasser. Det er også en grunn til å holde oppryddingsvolumet så lavt som mulig.

Dersom man ser oppryddingen i et kost – nytteperspektiv, så vil det være mest kostnadseffektivt å benytte en grenseverdi for oppryddingen på AIM-tomta for PFOS på 100µg/kg jord, dvs. det samme som normverdi for PFOS gitt i forurensningsforskriftens kap 2, vedlegg 1. Beregninger av konsentrasjoner av PFOS i hhv. grunnvann og overflatevann oppsummert i Tabell 23 viser at det er ved opprydding med tiltaksgrense for PFOS på 100µg/kg vil føre til en vesentlig forbedring av vannkvalitet både i grunnvann og overflatevann. Det er imidlertid gode argumenter for å fjerne mest mulig av PFOS i grunnen i forbindelse med gjennomføring av byggeprosjektet. Etter at bygningsmasser og fast dekke er etablert er det betydelig mer kostbart å fjerne forurensning.

Med en grenseverdi på 30 µg/kg er det beregnet et behov for oppgraving og fjerning av ca. 2.510 m³ forurensede masser iht. registrerte områder på tomten.

7 Tiltaksplan

Tiltaksplanen legger opp til at det skal ryddes opp i PFOS-forurensning i forbindelse med utbygging av AIM-tomta. Som hovedregel skal alle masser innenfor tiltaksområde som overstiger tiltaksverdiene for PFOS/PFAS fjernes og leveres til godkjent deponi.

AIM Norway AS er som tiltakshaver ansvarlig for oppryddingsarbeidene. Det vil bli utnevnt en ansvarlig miljøgeolog som vil ha oppfølgingsansvar mht. miljø i anleggsfasen.

7.1 Fjerning av masser

I forbindelse med gjennomføringen av oppgraving av massene vil det bli etablert fortløpende kontroll og dokumentasjon av nødvendige tiltak med bl.a. oppmåling og merking av aktuelle områder for nødvendig masseutskifting iht. registrert forurensning.

Fjerning av forurenset masser over angitt grenseverdi på 30 µg/kg (beregnet til 2510 m³) vil skje med utgraving til angitte dybder for de enkelte feltene og direkte opplasting på biler og bortkjøring til godkjent mottak på Lindum i Hurum uten mellomlagring på tomten. Viser til kapittel 6.3 for nærmere redegjørelse for gravearbeidet.

Før gravearbeidene igangsettes skal det bli utarbeidet skriftlige prosedyrer med definert ansvar for oppgraving, kontroll og disponering av massene, samt varslingsrutiner dersom det skulle oppstå uforutsette situasjoner. Det er her spesielt viktig å være observant på lukt under gravearbeidene da det erfaringsmessig kan ha forekommet søl av jet-fuel inne på flystasjoner, som ikke er registrert. Observasjoner av ovennevnte vil bli kontrollert og dokumentert.

Alt personell som er involvert i gravearbeidene skal gjøres kjent med at massene kan være forurenset.

7.2 Planlagte gravearbeider

Planlagte gravearbeider på AIM-tomta omfatter følgende:

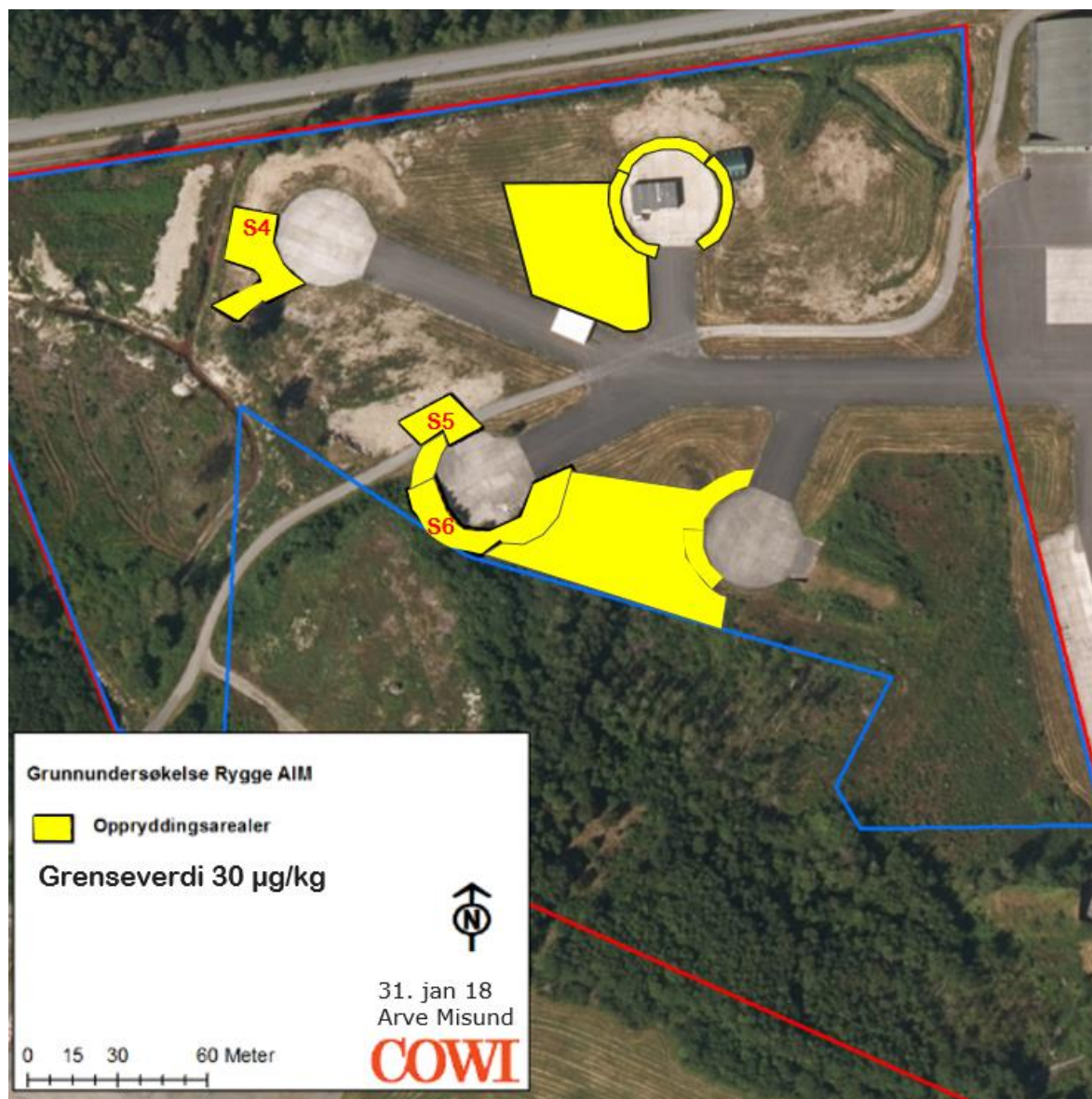
- fjerning av masser med PFOS-innhold over 30 µg/kg
- planering/forflytning av masser (under 30 µg/kg) i forbindelse med etablering av veier og bygninger internt i Tiltaksområdet.

Det siste punktet over er arealer som vil ha PFOS-innhold under tiltaksgrensen, og som i sin helhet blir liggende under tette flater og dermed ikke eksponert for nedbør som kan føre til utlekking.

Det er behov for en nærmere avgrensning mot sør for HotSpot ved sjakt S6 (se Figur 23). Dette gjøres i forbindelse med tiltaksarbeidet.

I forbindelse med utgraving av forurensede masser ved sjakt S5 vil det bli tatt prøver av massene under grunnvannsnivå for å kontrollere grad av PFOS-forurensing i mettet sone.

Oppryddingsarealene er vist i Figur 23.



Figur 23. Oppryddingsarealer vist på ortofoto.

Etter at forurensede masser med PFOS-konsentrasjon $>30 \mu\text{g/kg}$ er kjørt til deponi vil det mest sannsynlig ikke være behov for å kjøre ut mer masser fra tiltaksområdet. Masser som graves opp ifm. etablering av byggegrunn brukes til terrengarronding og utfylling for byggegrunn under fremtidig hangar. Masser som gjenbrukes på området vil fortrinnsvis legges under fast dekke/bygg. Massene vil ikke legges slik at de kommer i kontakt med grunnvann. I Tabell 26 er det gitt en oversikt over beregnede gravevolum og disponering av gravemasser.

Tabell 26. Oversikt over massedisponering ifm tiltak på AIM-tomta på Rygge

	Mengde m ³	Disponering
Anslått volum forurensede masser kjørt til deponi	2510	Lindum Oredalen AS i Hurum kommune. Tillatelse til mottak av PFAS fra Fylkesmannen datert 28.06.2017
Utgraving Motordepot	4600	Planering av utgravd terreng ifm. fjerning av forurensede masser. Samt arrondering av terreng ifm. veibygging og andre formål på området.
Fremtidig flyhangar, inkludert testcelle	2500-3000	Nødvendig tilpasning og planering for hangaren da den er plassert i noe skrått terreng med 1-1,5 m helning.

7.3 Miljøkontroll i tiltaksperioden

I tiltaksperioden skal miljøkontroll utføres av en kvalifisert miljørådgiver som skal vurdere jordmassene ved visuell inspeksjon og representativ prøvetaking underveis. Miljøgeolog fra COWI vil være tilstede i tiltaksperioden 2-3 dager i uken for fortløpende kontroll av tiltaksarbeidet. Behov for tilstedeværelse avklares med byggherre og entreprenør. Når beregnet volum med forurensede masser er fjernes tas det prøver for å kontrollere at resterende masser tilfredsstiller grenseverdien på 30 µg/kg.

Ved usikkerhet om kvalitet og forurensningsgrad på massene, skal det tas prøver av massene for å klarlegge forurensningsgrad.

Det føres kontroll med grunnvann (miljøbrønner), vann i grøft og overvannsutløp i felles samlekum ved tilkoblingen til eks. overvannsledning på østsiden av tomten ned mot eks. hangarer. Dette for å sikre nødvendig oppsamling av forurenset vann og hindre lekkasjer og spredning av stedlige forurensninger i grunnen mens arbeidene pågår.

Før anleggsarbeidet settes i gang tas det 3 prøveserier av grunnvannet i de 6 miljøbrønnene samt og vann i grøft, B12, dam, kum og Kapteinsbekken for å etablere et referansenivå. Basert på disse prøveseriene etableres det referansenivå (bakgrunnsnivå) og grenseverdier for tiltak (20 % over bakgrunnsnivå).

Under anleggsperioden tas det ut vannprøver annenhver dag for hasteanalyse (24 timer). Dersom det oppdages en betydelig økning (20 % over stabil bakgrunnsverdi) i verdier bestilles det pumping av vann fra grøft/kum for behandling i renseanlegg. Det er etablert nytt renseanlegg på Rygge flystasjon som har nødvendig kapasitet til å ta imot forventede forurensede vannmengder fra Tiltaksområdet.

Vannføringen i grøft er vurdert til ca. 0,5 l/s, men dette vil avhenge av årstid og trolig være noe større ved mye nedbør og snøsmelting. Samtidig som en setter i gang med pumping av vann gjøres det en vurdering av sannsynlig årsak for hendelsen og byggherre i samråd med entreprenør og miljøgeologi vurderer mulige avbøtende tiltak.

Jord- og vannprøvene analyseres hovedsakelig for PFOS/PFAS dersom det ikke er mistanke om annen forurensning. Eurofins Environmental Laboratories AS som holder til i Moss, kan levere resultater på PFOS-analyser i løpet av 24 timer etter leverte prøver, noe som sikrer en rask respons.

7.4 Massedisponering

Oppgravde masser skal håndteres ut i fra forurensningsgrad og type masse:

1. Rene masser som kan disponeres fritt (rene jordmasser, stein, ren betong og belegningsstein). Masser som skal transporteres ut av tiltaksområdet skal prøvetas for innhold av PFOS før uttransport.
2. Avfall skal sorteres ut og leveres til godkjent deponi.
3. Masser med PFOS-forurensning over 30 µg/kg leveres til godkjent deponi (Lindum på Hurum).
4. Masser med innhold av PFOS under 30 µg/kg kan gjenbrukes på tiltaksområdet. Det skal etterstrebes å bruke disse massene under tette flater.
5. Eventuelle overskuddsmasser (ikke forventet) som ikke skal gjenbrukes skal prøvetas av miljørådgiver og leveres i henhold til analyseresultatene.
6. Masser som er tydelig forurenset, enten med synlig oljeforurensning eller med tydelig lukt og skal kjøres til mellomlager for å vurdere forurensningsgrad ved analyse.

7.5 Mellomlagring

Så langt det er praktisk mulig skal mellomlagring av PFOS-holdige masser unngås.

Dersom det blir allikevel blir nødvendig å mellomlagre masser, skal disse legges på asfalt eller tett duk og dekkes til med presenning ved nedbør. Dette for å hindre avrenning og dermed spredning av eventuell forurensning. Det skal gjøres tiltak for å begrense tilsig av overvann inn i mellomlagrede masser.

7.6 Håndtering av vann i gravegrop

Det skal ikke graves i grunnvannssonen. Dyp til grunnvann er målt ved miljøbrønnene og vist i Figur 11 og Tabell 7.

Vann kan samle seg i gravegrop som følge av store nedbørsmengder eller inntrengning av grunnvann. Ettersom PFOS har et stort utlekkingspotensiale, og noe av gravearbeidene foregår i kort avstand til grunnvannet, skal det planlegges for å gjennomføre oppryddingsarbeidet i oppholdsvær.

Gjennomførte undersøkelser viser at massene det skal graves i er sandige masser med god infiltrasjonskapasitet, slik at det er lite sannsynlig at det oppstår vann i gravegrop. Dersom det allikevel er behov for å lense gravegropa under gravearbeidet skal dette gjøres med sugebil fra sertifisert firma. Det PFOS-holdige vannet som suges opp med slam-sugebil kjøres til det etablerte renseanlegget for PFOS-holdig vann ved Rygge flystasjon. Vann fra Tiltaksområdet som kommer med sugebil kan tømmes i oppsamlingsbassenget (60 m³), for deretter å bli rensset gjennom gammelt og nytt renseanlegg. Vi antar at ca. 90-

100 % rensing av PFAS i disse anleggene. Det nye renseanlegget er planlagt klar for bruk innen utgangen av januar 2018. Løsningen er valgt i samråd med Forsvarsbygg.

7.7 Uforutsette hendelser

Ved påvisning av masser som mistenkes å være forurenset, skal kvalifisert miljørådgiver kontaktes umiddelbart. Miljørådgiver vil da vurdere behov for uttak av prøver og eventuelle andre tiltak.

7.8 Sluttkontroll

Det vil bli tatt ut jordprøver for å kontrollere at alle masser over tiltaksgrensen er fjernet. Prøvene vil bli analysert som hasteanalyse for å få en rask avklaringen om ønsket oppryddingsnivå er oppnådd.

Etter utførte tiltak og kontroll av avtalt opprydding iht. godkjenning vil det bli gjennomført en felles kontroll- og ferdigbefaring med grunntrepreneur, Cowi, Forsvarsbygg, AIM og Miljødirektoratet for å sikre en fullverdig godkjent og protokollert opprydding før videre grunnarbeider igangsettes.

7.9 Bruk av godkjent foretak

Entreprenøren skal ha dokumentasjon på at de har tilstrekkelig fagkompetanse med opprydding av forurenset grunn.

8 Sluttrapport

I etterkant av gravearbeidene skal det utarbeides en sluttrapport som vil dokumentere miljøoppfølgingen, prøvetakingen og massehåndteringen under tiltaket. Levert avfall og overskuddsmasse skal dokumenteres med veiesedler. Eventuelle avvik fra tiltaksplanen vil fremkomme i sluttrapporten.

9 Referanser

/1/ Forsvarsbygg Futura Miljø, 2016. PFAS ved Rygge flystasjon. Tiltaksvurderinger 1. mars 2016.

/2/ Miljødirektoratet, 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Veileder TA-2553/2009.

/3/ COWI/Sweco, 2012. Miljøprosjektet DP2. Miljøtekniske grunnundersøkelser Hammerfest Lufthavn.

/4/ ÅF Engineering AS 2017. Geoteknisk notat. F35 AIM-Rygge – nytt motordepot. 15. juni 2017.

Vedlegg A – beregning av PFOS-innhold for prøvepunkter over 100 µg/kg.

Prøvereferanse	PFOS µg/kg	PFOS kg i prøve	m ²	mektighet, m	volum, m ³	egenvekt	kg jord	PFOS kg
Rygge S4-3, 0-1 m	128	0,000000128	42	1	42	1,8	75600	0,0096768
Rygge S4-3, 1-2 m	665	0,000000665	42	1	42	1,8	75600	0,050274
Rygge S4-4, 0-1 m	215	0,000000215	42	1	42	1,8	75600	0,016254
Rygge S4-4, 1-2 m	157	0,000000157	50	1	50	1,8	90000	0,01413
S4-5 1-2m	150	0,00000015	50	1	50	1,8	90000	0,0135
S4-7 0-1m	180	0,00000018	50	1	50	1,8	90000	0,0162
S4-7 1-2m	760	0,00000076	50	1	50	1,8	90000	0,0684
S4-8 0-1m	570	0,00000057	50	1	50	1,8	90000	0,0513
S4-8 1-2m	280	0,00000028	50	1	50	1,8	90000	0,0252
S4-10 1-2m	480	0,00000048	50	1	50	1,8	90000	0,0432
Rygge S5-1, 0-1 m	893	0,000000893	60	1	60	1,8	108000	0,096444
Rygge S5-1, 1-2 m	605	0,000000605	60	1	60	1,8	108000	0,06534
Rygge S5-2, 0-1 m	382	0,000000382	60	1	60	1,8	108000	0,041256
S5-5 0-1m	150	0,00000015	60	1	60	1,8	108000	0,0162
S5-5 1-2m	110	0,00000011	60	1	60	1,8	108000	0,01188
S5-6 1-2m	160	0,00000016	60	1	60	1,8	108000	0,01728
S5-9 0-1m	340	0,00000034	60	1	60	1,8	108000	0,03672
S5-9 1-2m	150	0,00000015	60	1	60	1,8	108000	0,0162
S5-10 0-1m	430	0,00000043	60	1	60	1,8	108000	0,04644
S5-10 1-2m	280	0,00000028	60	1	60	1,8	108000	0,03024
Rygge S6-1, 0-1 m	229	0,000000229	60	1	60	1,8	108000	0,024732
Rygge S6-1, 1-2 m	116	0,000000116	60	1	60	1,8	108000	0,012528
Rygge S6-2, 1-2 m	315	0,000000315	60	1	60	1,8	108000	0,03402
Rygge S6-4, 0-1 m	341	0,000000341	60	1	60	1,8	108000	0,036828
Rygge S6-4, 1-2 m	818	0,000000818	60	1	60	1,8	108000	0,088344
Rygge S6-6a, 0-1 m	407	0,000000407	60	1	60	1,8	108000	0,043956
Rygge S6-6a 1-2 m	237	0,000000237	60	1	60	1,8	108000	0,025596
S6-6b 0-1m	250	0,00000025	60	1	60	1,8	108000	0,027
S6-7 0-1m	180	0,00000018	60	1	60	1,8	108000	0,01944
S6-6 0-1m	250	0,00000025	60	1	60	1,8	108000	0,027
S6-7 0-1m	180	0,00000018	60	1	60	1,8	108000	0,01944
R25	161	0,000000161	145	0,05	7,25	1,8	13050	0,00210105
R26	847	0,000000847	87	0,05	4,35	1,8	7830	0,00663201
R27	329	0,000000329	122	0,05	6,1	1,8	10980	0,00361242
R29	219	0,000000219	116	0,05	5,8	1,8	10440	0,00228636
R30	141	0,000000141	166	0,05	8,3	1,8	14940	0,00210654
R32	104	0,000000104	144	0,05	7,2	1,8	12960	0,00134784
totalt			2516		1775		3195000	1,06310502

Vedlegg B – beregning av PFOS-innhold for prøvepunkter over 30µg/kg.

Prøvereferanse	PFOS, µg/kg	PFOS kg i prøve	m ²	mektighet (m)	volum, m ³	egenvekt	kg jord	PFOS, kg
Rygge S4-3, 0-1 m	128	0,000000128	42	1	42	1,8	75600	0,0096768
Rygge S4-3, 1-2 m	665	0,000000665	42	1	42	1,8	75600	0,050274
S4-7 0-1m	180	0,00000018	50	1	50	1,8	90000	0,0162
S4-7 1-2m	760	0,00000076	50	1	50	1,8	90000	0,0684
S4-8 0-1m	570	0,00000057	50	1	50	1,8	90000	0,0513
S4-8 1-2m	280	0,00000028	50	1	50	1,8	90000	0,0252
S4-9 0-1m	35	0,000000035	50	1	50	1,8	90000	0,00315
S4-10 1-2m	480	0,00000048	50	1	50	1,8	90000	0,0432
Rygge S5-1, 0-1 m	893	0,000000893	60	1	60	1,8	108000	0,096444
Rygge S5-1, 1-2 m	605	0,000000605	60	1	60	1,8	108000	0,06534
Rygge S5-2, 0-1 m	382	0,000000382	60	1	60	1,8	108000	0,041256
Rygge S5-2, 1-2 m	45,4	4,54E-08	60	1	60	1,8	108000	0,0049032
Rygge S5-3, 0-1 m	55,8	5,58E-08	60	1	60	1,8	108000	0,0060264
S5-4 0-1m	43	0,000000043	60	1	60	1,8	108000	0,004644
S5-5 0-1m	150	0,00000015	60	1	60	1,8	108000	0,0162
S5-5 1-2m	110	0,00000011	60	1	60	1,8	108000	0,01188
S5-6 0-1m	95	0,000000095	60	1	60	1,8	108000	0,01026
S5-6 1-2m	160	0,00000016	60	1	60	1,8	108000	0,01728
S5-7 1-2m	60	0,00000006	60	1	60	1,8	108000	0,00648
S5-9 0-1m	340	0,00000034	60	1	60	1,8	108000	0,03672
S5-9 1-2m	150	0,00000015	60	1	60	1,8	108000	0,0162
S5-10 0-1m	430	0,00000043	60	1	60	1,8	108000	0,04644
S5-10 1-2m	280	0,00000028	60	1	60	1,8	108000	0,03024
Rygge S6-1, 0-1 m	229	0,000000229	60	1	60	1,8	108000	0,024732
Rygge S6-1, 1-2 m	116	0,000000116	60	1	60	1,8	108000	0,012528
Rygge S6-2, 0-1 m	81	0,000000081	60	1	60	1,8	108000	0,008748
Rygge S6-2, 1-2 m	315	0,000000315	60	1	60	1,8	108000	0,03402
Rygge S6-4, 0-1 m	341	0,000000341	60	1	60	1,8	108000	0,036828
Rygge S6-4, 1-2 m	818	0,000000818	60	1	60	1,8	108000	0,088344
Rygge S6-6a, 0-1 m	407	0,000000407	60	1	60	1,8	108000	0,043956
Rygge S6-6a 1-2 m	237	0,000000237	60	1	60	1,8	108000	0,025596
S6-6b 0-1m	250	0,00000025	60	1	60	1,8	108000	0,027
S6-7 0-1m	180	0,00000018	60	1	60	1,8	108000	0,01944
S6-5 0-1m	41	0,000000041	60	1	60	1,8	108000	0,004428
S6-6 0-1m	250	0,00000025	60	1	60	1,8	108000	0,027
S6-6 1-2m	68	0,000000068	60	1	60	1,8	108000	0,007344
S6-7 0-1m	180	0,00000018	60	1	60	1,8	108000	0,01944
S6-7 1-2m	61	0,000000061	60	1	60	1,8	108000	0,006588
S6-13 0-1m	38	0,000000038	60	1	60	1,8	108000	0,004104
R6	118	0,000000118	1597	0,05	79,85	1,8	143730	0,01696014
R13	59,4	5,94E-08	2408	0,05	120,4	1,8	216720	0,012873168
R23	66,5	6,65E-08	101	0,05	5,05	1,8	9090	0,000604485
R24	39,7	3,97E-08	113	0,05	5,65	1,8	10170	0,000403749
R25	161	0,000000161	145	0,05	7,25	1,8	13050	0,00210105
R26	847	0,000000847	87	0,05	4,35	1,8	7830	0,00663201
R27	329	0,000000329	122	0,05	6,1	1,8	10980	0,00361242
R29	219	0,000000219	116	0,05	5,8	1,8	10440	0,00228636
R30	141	0,000000141	166	0,05	8,3	1,8	14940	0,00210654
R31	51,6	5,16E-08	161	0,05	8,05	1,8	14490	0,000747684
R32	104	0,000000104	144	0,05	7,2	1,8	12960	0,00134784
R33	62,8	6,28E-08	176	0,05	8,8	1,8	15840	0,000994752
totalt			7580		1884		4519,44	1,118480598
Gj.snitt	249,1803922						tonn jord	