

PFAS VED RYGGE FLYSTASJON

TILTAKSVURDERINGER 1.MARS 2016

FORSVARSBYGG RAPPORT 867/2016

Futura miljø
Postboks 405 Sentrum
0103 Oslo
Norge
Tlf: 815 70 400

Gradering denne siden alene
(uten rapport og vedlegg)

UGRADERT

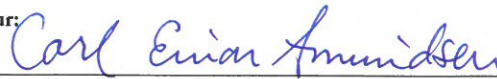
Iht. Sikkerhetsloven §§12 og 12

Jf. Offentlighetsloven §13

DOKUMENTINFORMASJON

Publ./Rapportnr:	Prosjektnr:	Ephorte nr:
867/2016	SO 2016000584	
Tittel:		
PFAS ved Rygge flystasjon. Tiltaksvurderinger 1.mars 2016		
Forfatter(e):		
Carl Einar Amundsen, Tore Joranger og Magnus Sparrevik		
Oppdragsgiver/kontaktperson(er):	Oppdragsgivers prosjektnr/ref.nr:	
Forsvarsbygg Utleie, Eiendomsforvaltning grunneiendom og SØF-tjenester/Thomas Getz	SO 2016000584	
Stikkord (norsk):		
Polyfluoreerte alkylstoffer (PFAS), brannskum, miljørisiko, tiltak		
Key word (English):		
Polyfluorinated alkyl compounds (PFAS), fire fighting foam, environmental risk, remedial actions		
Sammendrag:		
Forsvaret fikk 24.juli 2015 pålegg om videre undersøkelser og tiltaksvurderinger for PFAS-forurensset grunn på Rygge flystasjon. Rapporten er et svar på dette pålegget og gir en oppsummering av arbeidet som er gjennomført med å kartlegge polyfluoreerte alkylstoffer (PFAS) i jord og vann ved Rygge flystasjon i perioden 2012-2015. Ulike tiltak for å redusere utlekkingen av PFAS-forbindelser fra flystasjonen til Vansjø blir vurdert.		

Dato:
1.mars 2016

Signatur:

Carl Einar Amundsen, Seniorrådgiver

Kontroll:

Torgeir Mørch, Seniorrådgiver

Godkjent:

Grete Rasmussen, Fagleder grunn- og vannforurensning Futura miljø

INNHALDSFORTEGNELSE

INNHALDSFORTEGNELSE.....	3
FORORD	5
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	6
1. INNLEDNING	9
1.1 BAKGRUNN.....	9
1.2 PÅLEGG FRA MILJØDIREKTORATET	9
1.3 INNHOLD OG OPPBYGNING AV RAPPORTEN.....	9
2. PRØVETAKING OG BESTEMMELSE AV PFAS-FORBINDELSER I MILJØPRØVER	11
2.1 PRØVETAKING	11
2.2 BESTEMMELSE AV PFAS I MILJØPRØVER	11
2.3 «PFAS-PRECURSORS» I BRANNSKUM OG MILJØ	12
3 BRUK AV BRANNSKUM VED RYGGE FLYSTASJON.....	14
3.1 SAMMENSETNING AV BRANNSKUM BRUKT I FORSVARET	14
3.2 BRANNØVING VED RYGGE FLYSTASJON.....	16
3. METODE FOR KARTLEGGING HØST 2015	18
3.1 «PFAS-BEFARING» PÅ RYGGE FLYSTASJON	18
3.3 GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSER.....	18
5. UNDERSØKELSER VED PFAS-LOKALITETER PÅ RYGGE FLYSTASJON	21
5.1 ØVINGSOMRÅDE NORDVEST (RYG1)	21
5.2 LAGEROMRÅDE TØNNER (RYG 2).....	25
5.3 FLYBRANN 1984 (RYG 3).....	29
5.4 BRANNSTASJONENE VED RYGGE FLYSTASJON (RYG4).....	30
5.5 SKUMANLEGG I FLYVASKEHALL (RYG 5).....	37
5.6 ØVINGSOMRÅDE VEST FOR DAGENS BRANNØVINGSFELT (RYG6).....	41
5.7 LAGEROMRÅDE VED VEI NORD FOR BRANNØVINGSFELT (RYG 7)	42
5.8 KANTINEBRANN 2010 (RYG8)	43
5.9 TESTCELLE FLYMOTORER ØST (RYG10).....	45
5.10 NEDLAGT BRANNØVINGSFELT (RYG 11)	46
5.11 JORDBRUKSOMRÅDER OG DRIKKEVANN NORD FOR RYGGE FLYSTASJON (RYG 12)	56
5.12 ØVINGSOMRÅDE VED TAKSEBANE SØRØST (RYG 15)	59
5.13 UTSLIPP SKUM VED HANGAR 14 (RYG16)	59
5.14 FREDSKJÆR MASSEDEPONI (RYG17).....	61
5.15 ØVING PÅ SØRØSTLIGE DELER AV OMRÅDET (RYG18).....	63
5.16 SKUMLEGGING AV RULLEBANEN I FORBINDELSE MED NØDLANDINGER (RYG19).....	63
5.17 SKUMLEGGING AV OLJEUTSLIPP HANGAR D/E (RYG20).....	63

5.18	TILFELDIG ØVING PÅ FLYPLASSOMRÅDET, FORHØYET BAKGRUNNSNIVÅ (RYG21).....	63
5.19	BRUK AV BRANNSKUM VED FLYOPPSTILLING VEST (AIM-TOMTA) (RYG 22)	64
6.	DAGENS BRANNØVINGSFELT (RYG 9).....	65
6.1	INNLEDNING	65
6.2	JORDPRØVER FRA OMRÅDET RUNDT ØVINGSFELTET	65
6.3	SPREDNING AV PFAS-FORBINDELSER FRA BRANNØVINGSFELTET.....	68
6.4	ÅRLIG SPREDNING AV PFAS FRA BRANNØVINGSFELTET (RYG 9).....	75
6.5	PFAS-FORBINDELSER I SVARTBEKK	76
6.6	SKIFTE AV KULLFILTER OG DEPONERING AV AVFALL 2014 OG 2015.....	77
6.7	DRENERINGSVEIER FOR VANN FRA RYGGE FLYSTASJON.....	78
7	PFAS I FISK OG MILJØMÅL FOR VANSJØ	83
7.1	RESULTATER FRA FISKEUNDERSØKELSE 2013	83
7.2	DISKUSJON AV RESULTATER I ET MILJØMÅL-PERSPEKTIV.....	86
8	TILTAKSVURDERINGER	87
8.1	MILJØMÅL FOR TILTAK.....	87
8.2	PRINSIPPER FOR TILTAK.....	87
8.3	TILTAKSALTERNATIVER.....	87
8.4	TILTAKSLØSNINGER OG TID.....	90
8.5	LOKALE, REGIONALE, NASJONALE, GLOBALE VURDERINGER.....	91
8.6	TILTAKSLØSNINGENE SETT I SAMMENHENG MED SITUASJONEN FOR RYGGE FLYSTASJON	91
8.7	KOSTNADER BASERT PÅ DAGENS KUNNSKAP OG ERFARINGER.....	92
8.8	OPPSUMMERING TILTAKSVURDERINGER.....	95
9	REFERANSER	96

FORORD

Arbeidet med polyfluorerte alkylerte stoffer (PFAS) knyttet til Forsvarets brannberedskap har nå pågått aktivt siden våren 2012. Miljøkartlegging, sprednings- og risikovurderinger, utfasing av PFAS-holdig brannskum er utført på bakgrunn av krav gitt i tillatelser til virksomhet etter forurensningsloven, internkontrollforskriften og produktkontrollloven og ikke i direkte pålegg om undersøkelser fra forurensningsmyndigheter.

Miljødirektoratet sendte 24.07.2015 pålegg om videre undersøkelser og tiltaksvurderinger for PFAS-forurensning grunn ved Forsvarets PFAS-lokaliteter, inkludert Rygge Flystasjon.

Denne rapporten inneholder resultater fra kartleggingsarbeidet som har pågått siden 2012, med spesiell vekt på det som er gjort siden pålegget fra Miljødirektoratet ble sendt.

1.mars 2016

Carl Einar Amundsen

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Bruk av brannskum på Rygge Flystasjon

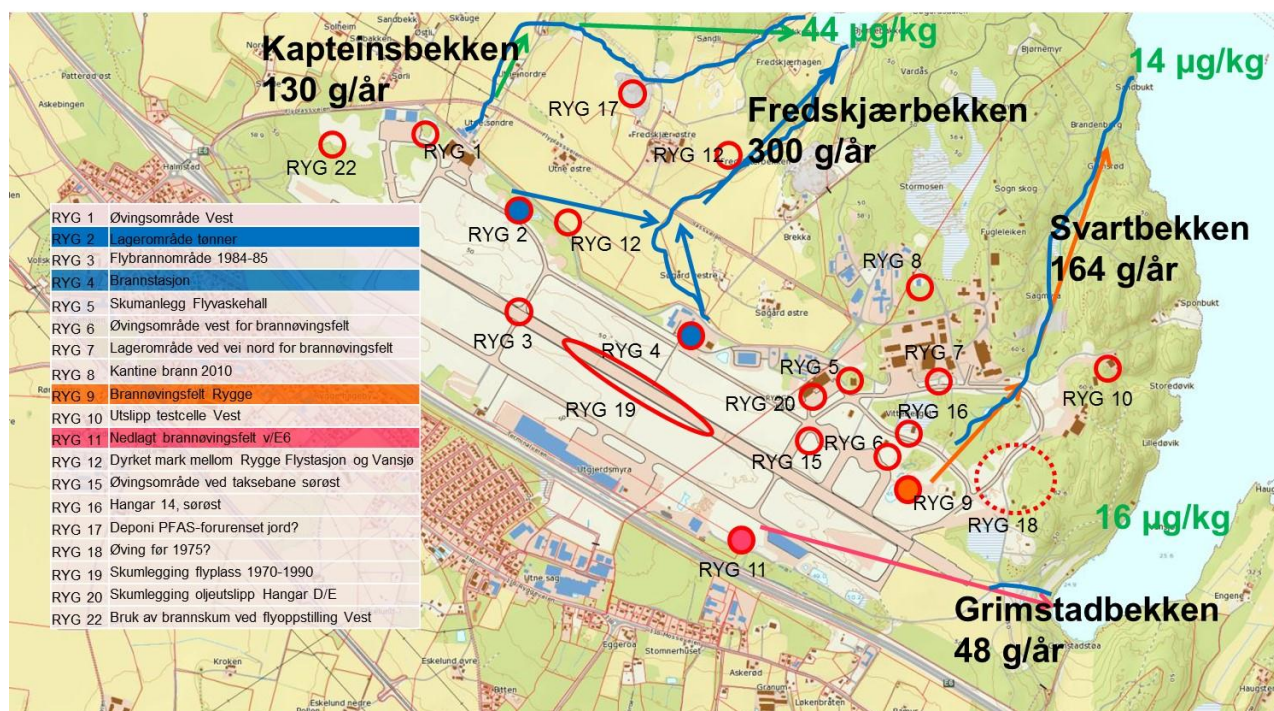
Bruk av brannskum på Rygge flystasjon har hovedsakelig vært knyttet til brannøvingfelt. Det er usikkert når polyfluorerte forbindelser (PFAS) ble tatt i bruk, men brannskum som har inneholdt PFAS-forbindelser er trolig brukt siden 1970-tallet Rygge.

Før 1975 foregikk brannøvingen på et område i sørøst (nøyaktig plassering ukjent). I 1975 ble det første brannøvingfeltet tatt i bruk, mens dagens brannøvingfelt ble tatt i bruk i år 2000. PFAS-forbindelser spres i dag fra begge øvingfeltene, samt fra det tidligere øvingområdet. I tillegg til de «tradisjonelle» brannøvingfeltene, finnes en lang rekke andre områder på flystasjonen hvor PFAS-holdig brannskum er benyttet. Aktiviteter som bl.a. testing av vannkanoner på brannbiler som også er brukt til skum, akutte hendelser, utslipp via skumanlegg i bygninger, skumlegging av oljeutslipp og flystripe i forbindelse med nødlandinger, bruk til slukning av branner (F16 og kantine-brann), samt rengjøring og vedlikehold ved brannstasjonene, har ført «diffus» spredning av disse stoffene på Rygge flystasjon.

I 2007 ble brannskum inneholdende perfluorerte oktylsulfonater (PFOS) fjernet fra bruk på området. Fra høsten 2014 skal det ikke være brukt brannskum som inneholder PFAS-forbindelser på Rygge flystasjon.

PFAS-forurensede lokaliteter og transport av PFOS til Vansjø

Det registrert 19 lokaliteter som kan bidra til PFAS-forurensning av bekker som renner ut i Vansjø (Figur 1).



Figur 1: Oversikt over kilder til PFAS-forurensning ved Rygge flystasjon og estimerte mengder som transporteres til Vansjø via Kapteinsbekken, Fredskjærbekken, Svartbekken og Grimstadbekken. Tallene i grønt viser konsentrasjoner i fisk (gjedde, abbor, gjørs) på ulike lokaliteter i Vansjø.

Kartlegging av disse lokalitetene har vist at det er fire områder hvor PFAS-forurensninger finnes i så høye konsentrasjoner at tiltak må vurderes. Område med tidligere tønnelager (RYG 2) og områder ved brannstasjonen (RYG 4) drenerer til Fredskjærbekken, som årlig transporterer ca. 300 gram PFOS til Fredskjærkilen. Dagens

brannøvingsfelt (RYG 9) drener til Svartbekken som årlig transporterer ca. 160 gram PFOS til Vansjø, mens det gamle brannøvingsfeltet (RYG 11) transporterer ca. 50 gram PFOS til Grimstadbekken og Grimstadbukta.

Bruk av brannskum gjennom flere tiår på Rygge Flystasjon har ført til at drens-systemer, ledningstraseer, kummer, samt forurenset jord bidrar til et relativt høyt bakgrunnsnivå i drensvann på området og en kontinuerlig diffus transport av PFAS-forbindelser til Vansjø.

Effekter av PFOS i Vansjø

Spredningen av PFAS-forbindelser fra Rygge Flystasjon har ført til at fisk (gjedde, abbor, gjørs) i Vansjø i gjennomsnitt inneholder 18,4 µg PFOS/kg dvs. 2x høyere enn miljøkvalitetsstandard for fisk (EQS verdien 9,1 µg PFOS/kg vv). De høyeste konsentrasjonene ble funnet i fisk fra Fredskjærkilen (44 µg PFOS/kg), mens konsentrasjonene utenfor utløpet av Svartbekken og i Grimstadbukta var lavere (hhv. 14 og 16 µg PFOS/kg). Det foreligger ingen forhøyet humanrisiko i forbindelse med drikkevannsforsyningen i Grimstadbukta og det er heller ikke gitt kostholdsråd for konsum av fisk basert på innhold av PFOS. Det er likevel et ønske at vannsystemet på sikt skal oppnå god økologisk status. For å bidra til dette bør spredning av PFOS reduseres.

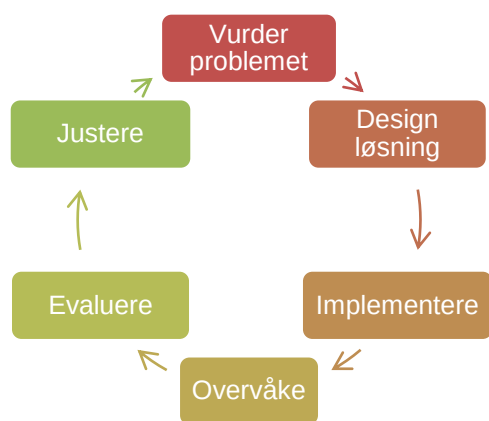
Anbefalte miljømål for tiltak ved Rygge Flystasjon

Forsvarsbygg slår i sin miljøstrategi for 2016-2020 fast at virksomheten må foregå slik at skader og utslipp unngås og at virksomheten drives innenfor gjeldende rammeverk. Samtidig vises det at ved opprydding etter forurensning skal det gjøres helhetlige vurderinger som omhandler miljørisiko, økologiske hensyn, klimagassutslipp og samfunnsnytte. Med basis i dette anbefales følgende miljømål for området:

- Utslippene av PFAS 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.

Tiltaksgjennomføring

Forsvarsbygg legger opp til en adaptiv tilnærming av tiltak, *Figur 2*. Ved å designe og implementere tiltak i en avgrenset tidsperiode og deretter overvåke effekten (vannprøvetaking bekker, nye fiskeundersøkelser etc), kan tiltaket evalueres og kursen justeres.



Figur 2: Adaptiv design av tiltak for reduksjon av utslipp fra Rygge flystasjon.

En kombinasjon av følgende tiltak vil utredes nærmere og implementeres som en del av en tiltaksplan for lokaliteten:

1. Kildekontroll. I dag brukes et PFAS-fritt brannskum på Rygge flystasjon og det viktigste spredningsreducerende tiltaket er dermed gjennomført. Ytterligere kildekontroll kan for eksempel utføres gjennom isolering av kildeområder.
2. Spredningskontroll. Flere metoder havner inn under denne kategorien løsninger. For eksempel kan grunnvann pumpes opp og behandles i egne renseanlegg eller overvann kan ledes til eksternt renseanlegg (MOVAR).
3. Kildefjerning. Oppgraving og deponering av PFAS-forurensede massene på godkjent mottak vil fjerne forurensning på områdene og redusere kildene.

1. INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

PFAS-prosjektet i Forsvarsbygg har pågått siden 2012 og resultatene er presentert i to tidligere rapporter (Amundsen og Engelstad 2013; Amundsen mfl 2014). Resultatene fra undersøkelsene viser at PFAS-forbindelser lekker ut fra alle Luftforsvarets brannøvingslokaliteter og havner i elver, innsjøer og grunnvann. Ved Rygge (Vansjø), Ørland (Grandefjæra), Bodø (Saltfjorden), Andenes (Andsfjorden) og Evenes (Kjerkvatnet og Svanevatnet) har utlekkingen ført til opptak i vannlevende organismer (fisk, skjell, fåbørstemark). Utlekking og påvirkningen på biota på de ulike lokalitetene hadde per 1.januar 2014 medført tiltak kun ved brannøvingsfeltet på Rygge Flystasjon.

De to nevnte rapportene gir en oppsummering av arbeidet som er gjennomført til og med 2014. Ved Rygge Flystasjon fortsatte arbeidet med kildekartlegging og rensing av PFAS-forurensset grunnvann ved dagens brannøvingsfelt i 2015. Denne rapporten oppsummerer arbeidet som gjennomført fram til og med 2015 og gir en vurdering av mulige tiltak for å redusere spredningen fra området til Vansjø.

1.2 PÅLEGG FRA MILJØDIREKTORATET

Forsvarsbygg fikk 27. juli 2015 pålegg om å videreføre undersøkelsene og tiltaksvurderinger vedrørende forekomst og spredning av PFAS ved Rygge flystasjon og utrede og vurdere tiltak for å stoppe utlekkingen til Vansjø.

Pålegget inneholdt pålegg om undersøkelser ved samtlige av Forsvarets PFAS-lokaliteter, men følgende punkter ble nevnt spesielt for Rygge flystasjon

- Fastsette miljømål for området
- Gjennomføre ytterligere undersøkelser av grunn og/eller grunn- og sigevann – eventuelt også biota – for å kartlegge alle kildeområder og spredningsveier av betydning. Herunder må Forsvaret undersøke om det tidligere miljøsanerte brannøvingsfeltet fortsatt kan bidra til utlekking av PFAS-forbindelser, samt om det finnes spredningsveier fra flyplassområdet og ned mot Fredskjærkilen som kan forklare de høye PFOS-nivåene påvist i fisk herfra.
- Kartlegge alle grunnvannsbrønner i området som brukes til drikkevann eller vanningsformål.
- Basert på tidligere og nye undersøkelser: Gjøre en tiltaksvurdering med hensyn på å fjerne forurensning og/eller redusere videre spredning fra Forsvarets eiendom på Rygge.
- Fortsette arbeidet med å optimalisere renseanlegget for grunnvann.
- Utarbeide et overvåkningsprogram for Vansjø. Dette programmet kan gjerne bestå av vannmålinger fra de store bekkene som drenerer til Vansjø, samt prøvetaking av fisk i Vansjø.

1.3 INNHOLD OG OPPBYGNING AV RAPPORTEN

Rapporten gir en oversikt over arbeidet som er gjennomført i forbindelse med kartlegging av PFAS i jord og vann ved Rygge flystasjon i perioden 2012-2015.

- Første del av rapporten (kap. 5) gir en oversikt over de lokalitetene hvor undersøkelser er gjennomført, resultatene fra disse undersøkelsene og anbefalinger angående videre arbeid ved disse.
- Undersøkelsene ved dagens brannøvingsfelt er behandlet spesielt i eget kapittel (kap. 6).

- På bakgrunn av undersøkelsene av jord og vann gis en samlet vurdering av spredningen fra Rygge Flystasjon til Vansjø (kap. 7).
- Resultatene fra fiskeundersøkelsen gjennomført i 2013 ble rapportert i 2014 (Amundsen og Frøyland 2014). I denne rapporten brukes resultatene fra fiskeundersøkelsen i en diskusjon av miljømål for Vansjø og for tiltak i Vansjø spesielt (kap. 8).
- Rapportens siste del inneholder en tiltaksvurdering (kap. 9) for Rygge Flystasjon.

2. PRØVETAKING OG BESTEMMELSE AV PFAS-FORBINDELSER I MILJØPRØVER

2.1 PRØVETAKING

2.1.1. VANN

Vannprøver ble tatt på 0,5 eller 1-liters PE flasker (avhengig forurensningsnivå). Flaskene ble skylt 2 ganger før de ble fylt til korken. Ved all prøvetaking ble det lagt vekt på å unngå bunnsedimenter og annet partikulært materiale i prøvene.

Grunnvannsbrønnene ved det gamle brannøvingfeltet (6cm PE-rør) ble tømt før prøveflaskene ble fylt. Øvrige grunnvannsbrønner på området (20cm PVC-rør) ble (som regel) pumpet i 2-3 minutter før flaskene ble fylt opp.

Som en hovedregel ble alle vannprøver levert til Eurofins samme dag som prøvene ble tatt.

2.1.2. JORD

Tre «typer» jordprøver er tatt på Rygge flystasjon i forbindelse med kartleggingen på området: overflateprøver (0-10cm), prøver fra 30cm og prøver tatt i forbindelse med sjaktning (0-200cm).

Overflateprøvene ble tatt ved bruk av en overflateprøvetaker (Gras Plot Sampler). Denne består nederst av en svakt konisk metallsylinder (lengde 10cm) som fører opp i en 0,5liters metallbeholder. Metallbeholderen ble fylt ved å trække cylinderen 50ganger ned i jorda. Alt innholdet i beholderen ble samlet i Rilsan-posere og levert til laboratoriet. Prøvene ble frysetørket og homogenisert før analyse.

På de fleste områdene hvor det ble tatt overflateprøver, ble det også tatt ut prøve fra dybde 30cm. Som en hovedregel ble disse prøvene laget som en blandprøve fra 3 tilfeldig plasserte prøvegroper (håndgravd, 25x25cm) innenfor det arealet hvor overflateprøven ble tatt. Jord fra de tre gropene ble samlet i store Rilsan-posere og alt materialet ble sendt til analyse.

Alle jordprøver fra sjaktene ble tatt som blandprøver av 15-20 stikk fra hver dybde i sjakta. Det ytterste jordlaget (0-2cm) i sjaktene ble fjernet før prøve ble tatt ut i Rilsan-posere. Alt prøvemateriale ble sendt til Eurofins for analyse.

Forut for prøvetakingen ble områdene klarert i forhold til ulike kabler og ledninger.

2.2 BESTEMMELSE AV PFAS I MILJØPRØVER

Prøvene (jord og vann) ble analysert ved Eurofins GfA GMHB i Tyskland.

Prøvene (alle typer) tilsettes interne standarder (^{13}C) for en rekke av forbindelsene som skal bestemmes (interne standarder). Deretter homogeniseres prøvene og oppsluttes i metanol (faste prøver). Ekstraktet oppkonsentreres ved bruk av SPE (Solid Phase Extractions) og en ny internstandard tilsettes for å bestemme gjenfinningsgraden ved kvantifisering som gjøres ved bruk av væskeskromatografi koblet til et massespektrometer (LC/MS-MS).

Grensen for kvantifisering (limit of quantification-LOQ) er definert som 10 ganger signalet for bakgrunnsstøyen i kromatogrammet. Denne vil variere noe med matriksen i prøvene (spesielt kan variasjonen i jordprøver være stor) og forklarer hvorfor LOQ (<-verdier) varierer mellom prøver.

I de fleste jord og vannprøver ble 23 PFAS-forbindelser kvantifisert, mens 12 PFAS-forbindelser ble bestemt i biota (Tabell 1).

Tabell 1: Oversikt over PFAS-forbindelser bestemt i ulike prøvetyper.

Parameter	Forkortelse	Jord	Vann	Biota
Perfluorooctylsulfonat	PFOS	x	x	x
Perfluorooctansyre	PFOA	x	x	x
Perfluorbutansulfonat	PFBS	x	x	x
Perfluorbutansyre	PFBA	x	x	x
Perfluorpentansyre	PFPeA	x	x	x
Perfluorheksansulfonat	PFHxS	x	x	x
Perfluorheksansyre	PFHxA	x	x	x
Perfluorheptansulfonat	PFHpS	x	x	
Perfluorheptansyre	PFHpA	x	x	x
Perfluoroktansulfonamid	PFOSA	x	x	
Perfluornonansyre	PFNA	x	x	x
Perfluordekansulfonat	PFDS	x	x	
Perfluordekansyre	PFDA	x	x	x
Perfluorundekansyre	PFUnA	x	x	
Perfluordodekansyre	PFDaA	x	x	
Perfluortridekansyre	PFTriA	x	x	
Perfluortetradekansyre	PFTA	x	x	
Perfluor-3,7-dimetyloktansyre	PF-3,7-DMOA	x	x	
7H-Dodekafluorheptansyre	HPFHpA	x	x	
2H,2H-perfluordekansyre	H2PFDA	x	x	
2H,2H,3H,3H-perfluorundekansyre	H4PFUnA	x	x	
6:2 Fluortelomersulfonat	6:2 FTS	x	x	x
8:2 Fluortelomersulfonat	8:2 FTS	x	x	x

2.3 «PFAS-PRECURSORS» I BRANNSKUM OG MILJØ

Det har lenge vært kjent at PFAS-forbindelser er en stor gruppe kjemiske forbindelser som omfatter svært mange forskjellige stoffer (e.g. 3M 2003). PFAS-forbindelsene som bestemmes kvantitativt i miljøprøver i PFAS-prosjektet (23 ioniske forbindelser, Tabell 1) utgjør en liten del av det totale antallet PFAS-forbindelser.

Mange av de forbindelsene som har vært anvendt i ulike produkter er såkalte PFOS/PFAS-«precursors» dvs. de kan brytes ned til PFOS og PFOA (evt også andre perfluorerte forbindelser). For PFOS gjelder dette for eksempel en lang rekke sulfonamider og sulfonamidetanoler (3M 2003; Brooke 2004; Environment Canada 2006). Den nøyaktige sammensetningen til brannskum er en godt bevart hemmelighet, særlig gjelder dette for stoffer som finnes i lave konsentrasjoner som PFAS-forbindelser (<5%). Ulike teknologier har vært brukt i produksjonen av PFAS-forbindelser slik at sammensetningen av disse og dermed brannskum, har variert opp gjennom årene. Det viktigste fokuset rundt PFAS-forbindelser i brannskum har vært knyttet til hovedkomponenten av PFAS-forbindelser i skummet: PFOS eller 6:2FTS teknologi. Basert på analyser av brannskum synes det klart at skum som er benyttet siden 2007 (PFOS-forbudet ble vedtatt), også har inneholdt noe PFOS. Produktforskriften (§2-9) setter i dag en grense på 0,001% (10mg PFOS/l) i skumkonsentrat.

Leverandørene av brannskum på de ulike flyplassene har vært forskjellige, selv om innkjøp via Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO) de siste årene har ført til en mer lik bruk av skum på flyplassene. På Rygge, hvor situasjonen fram til nå er best kartlagt, er det to hovedtrekk når det gjelder sammensetning av PFAS-forbindelser i avrenning fra området: med og uten 6:2FTS. Det er kun avrenning fra dagens brannøvingsfelt som inneholder 6:2FTS. I Svartbekken er nærmere 50% av PFAS-forbindelsene 6:2FTS, mens denne forbindelsen i de andre bekkene utgjør <10%.

Dagens kommersielt tilgjengelige analysepakker for PFAS-forbindelser inneholder i svært liten grad forbindelser som kan brytes ned til PFOS/PFOA, såkalt PFAS-precursors. PFOSA (perfluoroktylsulfonamid) er en slik forbindelse, men som nevnt finnes det en lang rekke andre forbindelser som kan brytes ned til PFOS og PFOA. Undersøkelser gjort ved Arcadis (Ross pers.med) indikerer at mengden PFAS-forbindelser som brytes ned til PFOS i jord og vann (PFOS-precursors) kan være 3-4 ganger høyere enn målte PFOS-konsentrasjoner. Dette gjelder også i områder hvor det er brukt brannskum. Analyser av brannskum viser også dette-skumkonsentrat kan inneholde 2-3 ganger så mye PFOS/PFOA-precursorer som de målte mengdene av disse stoffene i skummet.

Analyser av PFOS-basert og 6:2FTS-baserte skumkonsentrater indikerer at mengden PFOS/PFAS-precursorer i den nye generasjonen AFFF er betydelig høyere enn i PFOS-skummet brukt før 2007. I to 6:2FTS-skumkonsentrater ble det bl.a. påvist like mye Sum 6:2-, 8:2- og 10:2FTOH (precursors for 6:2FTS) som 6:2FTS (Herzke m.fl. 2012).

Fram til i dag har analysemetodikk som inkluderer PFAS-precursors i liten grad vært tilgjengelig og foreløpig er slike analyser ikke inkludert på Rygge flystasjon. Internasjonalt finnes imidlertid muligheter for slike analyser.

I det videre arbeidet ved Rygge Flystasjon vil analyser som involverer PFAS-precursors inngå og betydningen av eventuelle funn vil bli tatt hensyn til i framtidige tiltaksplaner for området.

3 BRUK AV BRANNSKUM VED RYGGE FLYSTASJON

3.1 SAMMENSETNING AV BRANNSKUM BRUKT I FORSVARET

Lite er kjent rundt den tidlige bruken av brannskum ved Rygge flystasjon (etablert i 1954). Brannberedskapen har vært der siden starten, men når fluorholdig brannskum ble tatt i bruk ved stasjonen er ikke kjent. Brannskum som inneholdt fluorinerte surfaktanter ble utviklet på 1960-tallet (National Foam og US Navy), men når disse skumtypene ble tatt i bruk i Norge er usikkert. De første typene fluorsurfaktanter som ble tatt i bruk var basert på PFOS og PFOA og på 1970-tallet ble surfaktanter basert på telomere forbindelser tatt i bruk. På 1980-tallet var et stort antall blandinger med 6:2 FT-surfaktanter (+C4 og C8) tilgjengelig for bruk for skumprodusenter.

Hvilke PFAS-blandinger som er brukt i brannskum på Rygge Flystasjon de siste 40-50 årene, er ikke kjent. Fra oktober/november 2014 skal det ikke være brukt brannskum som inneholder PFAS-forbindelser på Rygge flystasjon.

I 2015 ble 5 prøver av brannskum analysert. Skumtypene var da i bruk i Forsvarets brannslukningsanlegg (mobile og faste installasjoner). Analysene viste at sammensetningen av PFAS-forbindelser varierte betydelig mellom skumtypene. Også samme skumtype (AFFF Towalex), tatt fra to forskjellige lokaliteter, viste forskjellig sammensetning når det gjelder innholdet av 6:2 FTS og PFOS (Tabell 2).

Brannskummet (Re-Healing Foam) som fra og med 2015 brukes på brannbiler ved alle Forsvarets lokaliteter inneholder svært lave konsentrasjoner av PFAS-forbindelser, kun spor av 6:2FTS.

Skumtyper som Thyrmax (produsent Sthamex) inneholder 0,2 mg PFOS/l og tilfredsstiller således kravene satt i Produktkontrollforskriften (10 mg/l). Fortsatt bruk av slike skumtyper krever imidlertid en vurdering av miljøkonsekvenser ved eventuelt utslipp til miljøet.

Tabell 2: Konsentrasjoner av ioniske PFAS-forbindelser i brannskum-konsentrater som er i bruk i Forsvarsbygg. Enhet: ng/l. Analyser foretatt ved Norsk institutt for luftforskning (NILU).

	AFFF konsentrat Towalex	Fuel tank Expandol	Thyrmax Midt- Norge, Sthamex	Re-Healing Foam Rygge	AFFF konsentrat Towalex 1% (Andenes)
4:2 FTS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	na
6:2 FTS	<0,1	3926	<0,1	14	6472
8:2 FTS	113	133	2296	<0,10	na
Sum-FTS	113	4059	2296	14	6472
PFBS	577	<0,1	38522	<0,05	15
PFHxS	23	<0,1	53400	<0,05	158
PFHpS	<0,1	<0,1	17180	<0,05	2
PFOS	<0,5	70	246846	<0,10	5761
PFDcS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,10	12
Sum-PFSA	600	70	355948	0	5949
PFHxA	1689	92	1831	<0,10	1203
PFHpA	63	<0,1	4221	<0,10	56
PFOA	38	134	223	<0,10	255
PFNA	<0,1	<0,1	413	<0,15	<0,10
PFDA	42584	4193	142	<0,10	<0,10
PFUnDA	<0,1	<0,1	41	<0,10	<0,10
PFDODA	<0,1	178	31	<0,10	<0,10
PFTTrDA	<0,1	1230	11	<0,15	<0,10
PFTeDA	4	<0,1	29	<0,15	<0,10
Sum-PFCA	1797	5827	6942	0	1514
PFOSA	na	na	na	<0,15	na
Sum PFAS	47601	19912	730372	28	27869

3.2 BRANNØVING VED RYGGE FLYSTASJON

Brannøvingen på Rygge flystasjon kan deles inn i tre tidsepoker:

1. 1954-ca. 1975 Øvingsområde: sørøstlige delen av flyplassen
2. ca. 1975-2000 Øving ved eldre brannøvingsfelt (første brannøvingsfelt på Rygge)
3. 2000- Dagens brannøvingsfelt

3.2.1 BRANNØVINGEN I PERIODEN FØR BRANNØVINGSFELT BLE ETABLERT

Det finnes lite informasjon om hvor lenge det ble øvd med PFAS-skum på Rygge flystasjon før brannøvingsfeltet ble etablert i ca. 1975. Hvor denne øvingen fant sted er heller ikke kjent, men det finnes opplysninger som tilsier at det sørøstre området på flyplassen ble brukt på denne tiden.

Opplysninger indikerer også at området i dag er gjenfylt og ligger under landings- og taksebaner.

3.2.2 ØVING VED ELDRE BRANNØVINGSFELT (FØRSTE BRANNØVINGSFELT PÅ RYGGE)

Anlegget ble bygget ca. 1975 og nedlagt i år 2000 da dagens brannøvingsfelt stod ferdig. En nærmere beskrivelse av anlegget og området det var plassert, er gitt i kap. 5. Anlegget bestod stort sett av en støpt betongplattform, med dårlige systemer for å samle opp fuel- og skum etter øving.

Det er stor sannsynlighet for at brannskum som ble brukt på dette området i hele perioden var skum hvor PFOS var den viktigste PFAS-komponenten.

3.2.3 DAGENS BRANNØVINGSFELT

Dette brannøvingsfeltet ble tatt i bruk i år 2000/2001 og var et langt mer moderne anlegg enn det som da ble nedlagt. Med andre bedre muligheter for å styre brannøvingen og bedre oppsamling av skum og fuel, skulle dette medføre mindre utslipp til miljøet. Øvingsfeltet ble bygget med tett membran inntil 3 meter på yttersiden av støpt plattform og fuel og skum som havnet innenfor dette området under øving, ble samlet opp og ført til oljeutskiller. I 2008/2009 ble det anskaffet nye brannbiler på alle Forsvarets luftstasjoner. Disse hadde langt kraftige vannkanoner enn tidligere utstyr, slik at oppsamlingssystemet på øvingsplattformene etter dette har fanget opp en mindre del av brannskummet.

Brannskum som ble brukt fram til 2007 inneholdt PFOS som den viktigste PFAS-komponenten, fra 2007 til 2015 var 6:2 FTS hovedkomponentene (men fortsatt med lave konsentrasjoner av PFOS). Fra 2015 brukes PFAS-fritt brannskum (Re-Healing Foam) til brannbilene ved flystasjonene.

3.2.4 BRANNBEREDSKAP VED RYGGE FLYSTASJON

Brannøvingen med brannskum ved Rygge Flystasjon skjer ved simulering av flybrann på brannøvingsplattformen. Skum brukes ikke ved hver øving, men ca. 2 ganger per uke. Andre steder på flyplassområdet brukes også i testingen av beredskapen og det finnes bl.a. et område i vest (RYG 1, *Tabell 3*) hvor sikte på vannkanonene testes mot tomme tønner som er hengt opp i trær. Dette er en øvingspraksis som ikke er like vanlig i dag som den var for 10 år siden.

Som en del av beredskapsarbeidet rykker brannbilene også ut til andre deler av flyplassen og tester slukkeutstyret med vann.

Utenfor brannstasjonen vaskes brannbiler og utstyr som er brukt til skumlegging. Vann fra denne vaskeprosessen renner til spillvannsnettet og direkte i Fredskjærbekken. Denne praksisen har trolig foregått siden flystasjonen ble etablert i 1954.

3. METODE FOR KARTLEGGING HØST 2015

3.1 «PFAS-BEFARING» PÅ RYGGE FLYSTASJON

Etter at varsel om pålegg ble gitt av Miljødirektoratet 12.mai 2015, kom den historiske bruken av brannskum mer i fokus. Aktiviteten ved aktivt brannøvingsfelt og brannstasjon var kjent som kilder til PFAS i Vansjø pga lang tids bruk av PFAS-holdig brannskum.

Befaring med kjentmann på Rygge torsdag 11.juni 2015 brakte fram flere mulige kildeområder for PFAS-forurensning. Utover høsten ble det etter hvert klart at brannskum var brukt på mange lokaliteter, systematisk, tilfeldig eller ved bruk knyttet til uhell eller nødvendig bruk (*Tabell 3*).

I løpet av høsten 2015 og vinteren 2016 har det dukket opp stadig flere lokaliteter hvor det har vært grunn til å gjennomføre undersøkelser. Lokalitetene har «dukket opp» gjennom samtaler ved ansatte ved brannstasjonen og i Forsvarsbygg. Disse lokalitetene og mulige kildeområder har fått et eget Rygge-nummer. De første lokalitetene (RYG 1-RYG 11) ble nummerert fra vest mot øst, senere lokaliteter har fått nummer etter når de er blitt kjent som mulige PFAS-kilder.

Siste område (RYG 22) ble avdekket i forbindelse med Skifte Eiendoms kartlegging av AIM-tomta på den vestlige delen av flyplassen. En foreløpig rapport utarbeidet av Cowi fra februar 2016 foreligger.

3.3 GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSER

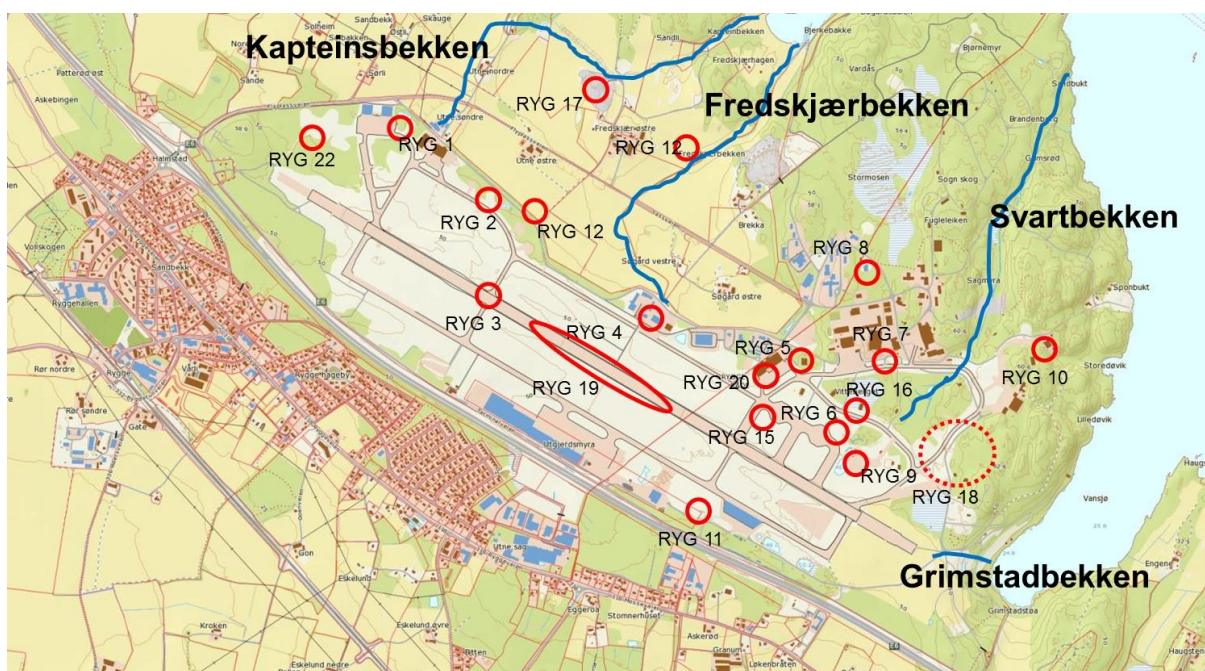
Blant PFAS-lokalitetene på Rygge var det bare nedlagt og dagens brannøvingsfelt hvor det var gjennomført undersøkelser før sommeren 2015. Nedlagt brannøvingsfelt ble sanert i 2001/2002 da med hovedfokus på fuelresster, mens PFAS-situasjonen ved dagens brannøvingsfelt har vært undersøkt kontinuerlig siden 2012.

Øvrige lokaliteter (*Tabell 3*) hvor det har vært naturlig å gjøre undersøkelser, har blitt gjennomført etter følgende «mal»:

1. Prøvetaking av overflatejord og jord fra 30cm og nærliggende vannveier (drenssystemer, bekker). Som en innledende sondering av PFAS-nivåer i jord ble overflatejord (0-10cm) og jord fra 30cm dybde prøvetatt. Erfaringer har vist at dersom det er brukt skum på et område (en eller flere ganger) de siste 10-20 årene, vil det finnes spor av PFAS-forbindelser i disse sjiktene.
2. Dersom det ble funnet spor av PFAS-forbindelser i jord, ble videre undersøkelser av jord gjennomført på stedet. Dette var tilfelle for RYG 2, RYG 4 og RYG 11, hvor det ble sjaktet ned til grunnvannsnivå. Ytterligere prøvetaking av vann i drengsledninger, kulverter og bekker ble også gjennomført.
3. Grunnvannsbrønner ble installert for å klargjøre strømningsretning for grunnvannet og potensialet for spredning av PFAS-forbindelser. Dette ble gjort på nedlagt brannøvingsfelt (RYG 11).

Tabell 3: Oversikt over lokaliteter og mulige PFAS-kildeområder ved Rygge Flystasjon (oppdatert 1.mars 2016)

Lok nr	Område	Beskrivelse
RYG 1	Øvingsområde nordvest	Testing av skum/vannkanon på brannbiler. Tønner i trær.
RYG 2	Lagerområde tønner	Lekkasje fra tønner lagret på betongplattform.
RYG 3	Flybrannområde 1984-85	Flybrann etter krasjlanding. Fly skumlagt
RYG 4	Brannstasjon	Tømming av skumtank, tilfeldig øving
RYG 5	Utslipp skumanlegg flyvaskehall	Utslipp fra bygg etter lynnedslag?
RYG 6	Øvingsområde vest for brannøvingsfelt	Det drenerer inn forurenset vann fra området
RYG 7	Lagerområde ved vei nord for brannøvingsfelt	Lagring av tønner. Utslipp uvisst
RYG 8	Kantine brann 2010	Mer enn 50% sannsynlighet for at det er brukt PFAS-skum ved slukning
RYG 9	Brannøvingsfelt Rygge	Dagens aktive øvingsfelt
RYG 10	Utslipp testcelle flymotorer Vest	Utslipp (ett tilfelle) ved nedlagt testcelle
RYG 11	Nedlagt brannøvingsfelt v/E6	Eldre, sanert øvingsfelt
RYG 12	Dyrket mark og vann mellom Rygge Flystasjon og Vansjø	Dyrket mark ved påvirket vannkilde
RYG 15	Øvingsområde ved taksebane sørøst	Grop fylt med F34, påtent og skumlagt
RYG 16	Hangar 14, sørøst	Utslipp av skum etter brann/uhell
RYG 17	Fredskjær Massedeponi	Forurensete masser er transportert fra flyplassområdet til deponi ved Fredskjær Vestre
RYG 18	Øvingsområde Sør - H5	Brannøving før 1975
RYG 19	Skumlegging flystripe	Flystripe skumlagt i forbindelse med nødlandinger
RYG 20	Skumlegging ved Hangar D7E	Skumlegging av område i forbindelse med oljeforurensning
RYG 21	Tilfeldig øving på området	Brannbiler øver med vann tilfeldige steder på flyplassområdet
RYG 22	Bruk av brannskum ved flyoppstilling Vest (AIM-tomta)	Funn av PFAS-forbindelser i jord etter bruk av



Figur 3: Lokalisering av PFAS-lokaliteter ved Rygge Flystasjon 2016.

5. UNDERSØKELSER VED PFAS-LOKALITETER PÅ RYGGE FLYSTASJON

5.1 ØVINGSOMRÅDE NORDVEST (RYG1)

5.1.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDET

I en periode ble dette området brukt til testing av vannkanonene på brannbilene. 200-liters blå plasttønner ble hengt opp i trær på området og på den måten brukt som blink for vannkanonene. Det skal ikke være brukt skum på området, kun vann. Samme slanger, dyser og tanker brukes for vann som for brannskum, slik at små rester av skumkonsentrat kan ha blitt spredt i området. Det kan heller ikke utelukkes at skum er brukt ved en og annen anledning. Området drenerer til beredskapsdam øst for hangar B (Figur 4).

Øvingsområdet med 200-liters tønner utgjør en liten del av nedbørfeltet som drenerer til beredskapsdammen. Grunnvannsnivået i området er høyt (ca. 0,8-1m under bekkenivå) dvs. på nivå med beredskapsdammen.



Figur 4: Oversikt over prøvepunkter ved RYG1 «Øvingsområde Nordvest» hvor tønner i trær er brukt som øvingsmål. Enkelte dreneringer i området er tegnet inn og viser strømningsretningen for vann mot Kapteinsbekken.

5.1.2 JORDPRØVER

Jordprøver ble tatt 10.september 2015 fra grasdekt område sør for sumpområdet (0-10cm og 30cm, RYG 1 A) og fra selve myrområdet (0-10cm, RYG 1 Sump A).

Konsentrasjonene i jord rett sør for myra (RYG 1A, Tabell 4) var lave og indikerer at det ikke ligger noen kilde til PFAS-forurensing i dette området. De lave verdiene i myr-området (RYG 1 Sump A) er litt overraskende tatt i betraktning PFAS-konsentrasjonene som ble funnet i myrvannet og i brønn 1 (Tabell 5). Forklaringen på dette kan være at kilden til PFAS-konsentrasjonene i myrvannet er grunnvann fra området ved Hangar A og B og at jordprøvene som er tatt på «tørre» steder i myra, i liten grad er påvirket av grunnvannet.

Tabell 4: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord ved øvingsområde RYG1. Enhet: $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv.

	10.09.2015	10.09.2015	10.09.2015
	RYG 1 A 0-10cm	RYG 1 A 30cm	RYG 1 Sump A 0-10cm
6:2 FTS	< 2,9	< 3,4	6,5
8:2FTS	< 3,9	< 4,5	< 4,9
PFBS	< 2,9	< 3,4	< 3,7
PFBA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
PFDS	< 2,9	< 3,4	< 3,7
PFDeA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
PFDoA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
PFHxS	< 2,9	< 3,4	< 3,7
PFHxA	< 1,9	< 2,3	4
PFHpS	< 2,9	< 3,4	< 3,7
PFHpA	< 1,9	< 2,3	2,6
PFNA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
PFOSA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
PFPeA	2	< 2,3	13,8
PFTA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
PFTTrA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
PFUnA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
PFOS	2,6	< 2,3	29,4
PFOA	< 1,9	< 2,3	< 2,4
Sum PFAS	4,6	ND	56,4

5.1.3 VANNPRØVER

Det ble tatt vannprøver flere steder og ved flere anledninger i tilknytning til spredningen fra området. Vann som drenerer fra området vest for brønn 12 (Hangar A Grøft) ble prøvetatt i desember 2015, grunnvann fra brønnene 12 og 1 ble det tatt prøver ved 2 anledninger høsten 2015, prøver av vann i sumpen hvor tønnene henger (svært liten vannstrømning) ble tatt i september 2015 og prøver av vann inn i beredskapsdam (Kapteinsbekken 3) og ut fra beredskapsdam (Kapteinsbekken 2) ble tatt ved et par anledninger (Figur 4).

Analyseresultatene av vannprøvene (Tabell 5) viser at det mest sannsynlig er to forurensningskilder til beredskapsdammen. Grunnvann fra brønnene 1 og 12, samt prøven som er tatt ute i sumpen (RYG1 Sump tønner A), har relativt lik sammensetning med et høyt innhold av perfluorerte karboksylsyrer (PFCA) med kjedelengde C4-C7, hvor C5 er den dominerende forbindelsen (PFPeA). Innholdet av PFOS og 6:2FTS er lave i disse prøvene. I området ved brønn 1 og 12 har det tidligere vært avisingsplattformer og det kan tenkes at disse har inneholdt PFAS-forbindelser og da spesielt PFCA. Dette er ikke undersøkt nærmere.

Vannprøven tatt ved RYG1 Hangar A grøft har en annen sammensetning, med et høyere innhold av PFOS og et betydelig lavere innhold av PFCA (Tabell 5). PFAS-sammensetningen av dette vannet er likt det som finnes i ved innløp dam (Kapteinsbekken 3), utløp dam (Kapteinsbekken 2) (Figur 4) og nederst i Kapteinsbekken (1). Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser avtar fra beredskapsdammen og nedover til Kapteinsbekken 1 på grunn av fortynning. Så lenge bekken renner nordover går den i rør, mens den er åpen fra Høyåsveien og østover.

Det er kjent at det pumpes noe PFAS-forurensset vann fra dam ved foten av Fredskjær massedeponi og ut i Kapteinsbekken (se resultater for RYG17). Bortsett fra massedeponiet er det ikke andre kjente kilder til PFAS i Kapteinsbekken.

Området vest for Hangar A er i dag ryddet for skog og tidligere oppstillingsplasser for fly er fjernet. Prøven RYG1 Hangar A grøft er tatt i grøft 10-15meter nordvest for brønn 12 (Figur 4) og består av dreinsvann fra området vest for Hangar A. Konsentrasjonene av PFOS i vannet viser at det er brukt brannskum i området, men det finnes ikke opplysninger om at området er brukt til brannøving. Analyser av jord fra dette området i januar og februar 2016, viser at det finnes mindre områder med relativt høye PFAS-konsentrasjoner. Erfaringer fra andre flyplasser er at områder i begge ender av flyplassene er brukt som «utrykningssteder» i beredskapsarbeidet og skum kan ha vært brukt i denne sammenhengen.

5.1.4 OPPSUMMERING RYG1

Sammensetningen til PFAS i vannprøver fra området indikerer at det er to kilder eller kildeområder til disse forbindelsene i Kapteinsbekken. I forbindelse med Forsvarsbyggs kartlegging av AIM-tomta vest for Hangar A er det i februar 2016 rapportert om funn av PFAS-forbindelser ved et par lokaliteter på dette området. Funnene vil bli vurdert nærmere.

Vannføringen ved Kapteinsbekken 2 er moderat (årsmiddel anslått til 6 l/sek) dvs det er trolig mulig å rense en del av dette vannet ved installering av et PFAS-vannrenseanlegg. Bedre kartlegging av dreinssystemet i området, både med hensyn på hvor dette er og vannkvaliteten i dette, er nødvendig før en slik installering kan gjøres. Per i dag er det ikke funnet vannkilder som har en konsentrasjon av PFAS-forbindelser som gjør vannrensing aktuelt.

Tabell 5: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i vannprøver fra Nedbørfelt Kapteinsbekken. Alle prøver er tatt i 2015. Enhet: ng/l. Provepunkt Kapteinsbekken 1 er plassert langt ned mot Vansjø.

	10.9	10.12	15.7	10.9	10.12	10.12	10.9	25.6	10.9	10.12	25.6	25.6	20.8	30.10	17.11	10.12
	RYG1 Brønn 1		RYG1 brønn 12			RYG1 Hangar A Grøft	RYG1 Sump tønner A	Kaptbkn 3			Kaptbkn 2	Kaptbkn 1				
6:2 FTS	37,6	< 25,0	737	27,2	84	< 7,50	43,4	19,7	< 15,0	< 25,0	< 15,0	72	< 15,0	14	35,5	< 25,0
8:2FTS	< 20,0	< 33,3	14	< 10,0	< 20,0	< 10,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 33,3	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 10,0	< 33,3	< 33,3
PFBS	< 15,0	< 25,0	16,1	< 7,5	< 15,0	33	< 15,0	37,2	61,4	40,1	21,7	36,5	27,8	17,1	< 25,0	< 25,0
PFBA	309	296	146	30,5	40,7	20,6	100	16,2	13,8	< 16,7	15,1	47,1	10,4	8,6	< 16,7	< 16,7
PFDS	< 15,0	< 25,0	< 7,5	< 7,5	< 15,0	< 7,50	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 25,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 7,5	< 25,0	< 25,0
PFDeA	< 10,0	< 16,7	16,9	< 5,0	< 10,0	< 5,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 5,0	< 16,7	< 16,7
PFDoA	< 10,0	< 16,7	< 5,0	< 5,0	80,2	< 5,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 5,0	< 16,7	< 16,7
PFHxS	76	72,6	81,3	32,6	47,1	208	< 15,0	255	265	209	150	163	139	90,8	77,8	74,2
PFHxA	596	742	283	66,7	88,4	54,3	207	69	66,2	60,6	51	62	47,4	32,2	26,1	27,8
PFHpS	< 15,0	< 25,0	< 7,5	< 7,5	< 15,0	24,1	< 15,0	23,1	33,8	< 25,0	< 15,0	< 15,0	21,6	10	< 25,0	< 25,0
PFHpA	531	352	193	104	55,7	16,1	197	20	39,2	23,3	16	13,6	25,8	12,3	< 16,7	< 16,7
PFNA	< 10,0	< 16,7	11,6	< 5,0	< 10,0	< 5,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 5,0	< 16,7	< 16,7
PFOSA	< 10,0	< 16,7	< 5,0	< 5,0	< 10,0	8,04	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 5,0	< 16,7	< 16,7
PFPeA	1410	1890	604	227	218	31,3	612	66,2	124	57,3	60,1	33,6	82,6	46,2	43,5	54,7
PFTA	< 10,0	< 16,7	< 5,0	< 5,0	123	< 5,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 5,0	< 16,7	< 16,7
PFTTrA	< 10,0	< 16,7	< 5,0	< 5,0	92	< 5,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	9,3	< 16,7	< 16,7
PFUnA	< 10,0	< 16,7	< 5,0	< 5,0	21,7	< 5,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 5,0	< 16,7	< 16,7
PFOS	33	47	76,7	59,9	77,2	399	22,2	590	453	287	291	347	340	179	125	138
PFOA	48,2	46,9	29,6	8,9	15,2	29,7	< 10,0	32,9	35,6	33,1	19	27,9	18,6	12,7	18,6	17,9
Sum PFAS	3050	3450	2210	556	943	824	1180	1130	1090	710	624	803	712	432	327	312

5.2 LAGEROMRÅDE TØNNER (RYG 2)

5.2.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDET

Etter forbudet mot bruk av brannskum med PFOS i 2007, ble PFOS-holdig brannskum sendt til destruksjon i april 2008. I påvente av henting fra flystasjonen, ble tønnene med skumkonsentrat mellomlagret på et område vest på flyplassen, like ved «Indre Ringvei» (Figur 5).

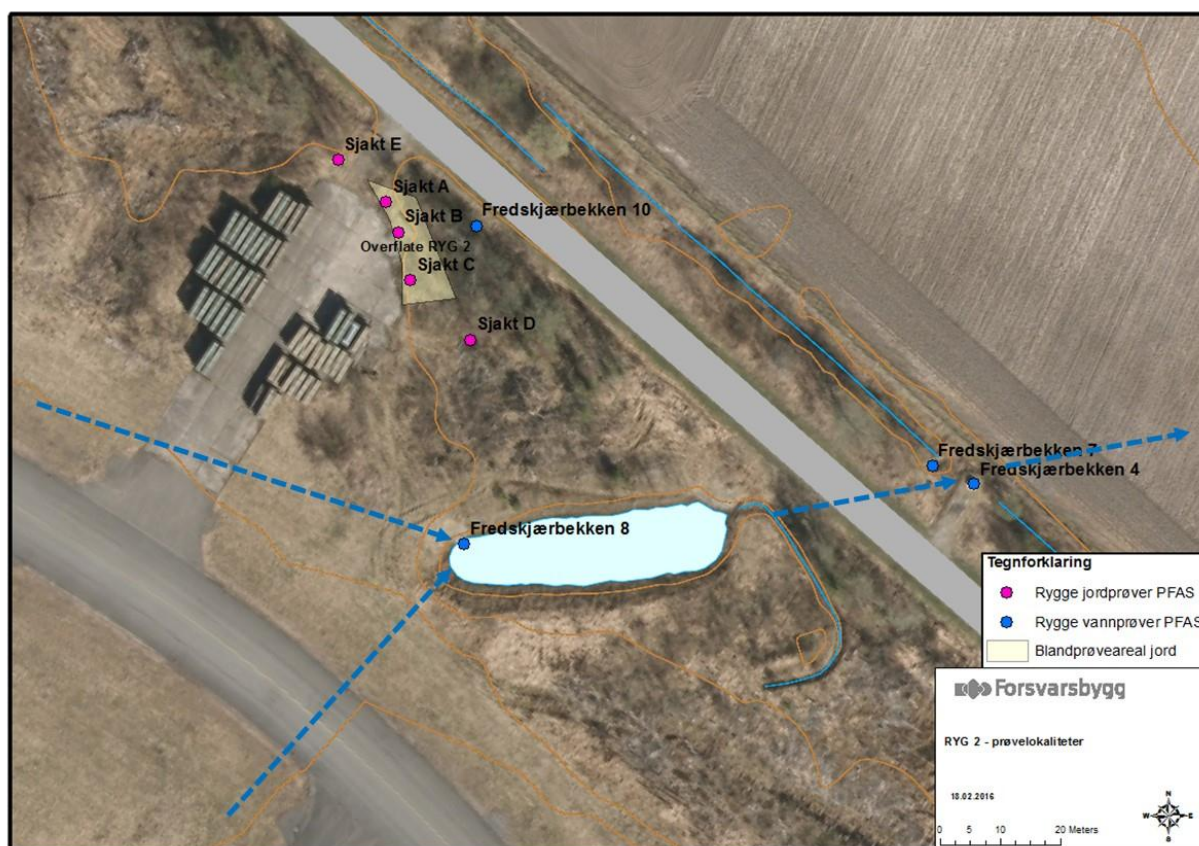
I forbindelse med denne operasjonen ble det sluppet ut en del skumkonsentrat som følge av lekkasjer i en eller flere tønner. Omfanget er usikkert.

Lokaliteten ligger innenfor nedbørfeltet til Fredskjærbekken og via drensledninger og grøfter transporteres dette til Fredskjærbekken (Figur 6).

Opplysningene om dette uhellet ble kjent i juni 2015 og feltarbeid med sjakting og prøvetaking av jord og grunnvann ble gjennomført 22.oktober 2015.



Figur 5: Lagring av tønner med skumkonsentrat ved RYG 2 i påvente av destruksjon.



Figur 6: oversikt over jord- og vannprøver tatt ved RYG2. Enkelte dreinsledninger i området er tegnet inn og viser strømningsretningen for vann mot Fredskjærbekken.

5.2.2 PFAS I JORD

Det ble gravd 5 sjakter på området 22.oktober 2015 (Figur 6). Sjaktene ble gravd i området som mest sannsynlige var forurensset, basert på plasseringen av tønnene (Figur 5) og helningen på lagerområdet. Ved graving av sjaktene B og C ble det funnet gammel jordbruksdrenering (dybde 50-60cm) som det strømmet vann ut av. Vannet luktet av kjemikalier [MT1] og «skummet» når det rant ned i sjaktbunnen. Det ble tatt prøver av vannet.

Det ble ikke tatt prøver dypere enn 1m i noen av sjaktene.

Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i sjakt A, B og C var relativt høye og bekrefter at det har vært et utslipp av PFAS-forbindelser på stedet. Konsentrasjonene i sjakt D og E var betydelig lavere og viser at spredningen i jord har vært begrenset. I sjakt A ble de høyeste konsentrasjonene funnet i overflaten (0-30cm), mens i sjakt B og C var konsentrasjonene høyest i sjiktet 30-90cm. Det forurensede området er ikke fullstendig avgrenset ved sjakttingen som ble gjennomført, men sjakttingen gir likevel et grunnlag for en estimering av PFAS-mengdene som ligger på området.

PFOS var den dominerende PFAS-forbindelsen i alle jordprøver, bortsett fra i prøve RYG2 C 30-90cm, hvor 8:2FTS var dominerende (Tabell 6). 6:2FTS ble ikke kvantifisert i noen av jordprøvene fra området.

5.2.3 PFAS I VANN

Vannprøver Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i vann fra sjakt B og C, samt vann fra grøft Fredskjær 10, hadde en helt annen sammensetning enn jordprøvene på området. I vannprøvene fra sjaktene ble de fleste

PFAS-forbindelser (som inngår i analysene) påvist, med 6:2FTS, 8:2FTS og PFOS som de dominerende forbindelsene. Det var også betydelige forskjeller mellom sjakt B og C. Vann fra sjakt B inneholdt de høyest konsentrasjoner av PFOS, mens i sjakt C dominerte 6:2FTS. I sjakt B var konsentrasjonene av sulfonater (PFBS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFDS) høyere enn karboksylatene (PFBS, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA), mens det i sjakt C var omvendt (Tabell 7). Forskjellene kan skyldes at karboksylsyrene har høyere løselighet enn sulfonatene og transporteres raskere i jord og vann.

Vannprøvene fra Fredskjær 7 dvs. fra grøft på nordsiden av Ringveien, har høyere konsentrasjoner av PFCA enn vann i innløpet til beredskapsdammen (Fredskjær 8). Dette viser at spredningen fra utslippet siger igjennom veilegemet og ut i grøft. Vannføringen i grøfta er liten sammenlignet med vann som renner igjennom overvåkingskummen «Fredskjær 4». Relativt lave konsentrasjoner av PFCA i Fredskjær 8, Fredskjær 4 og Fredskjær 5-II viser at spredningen fra tønneutslippet er relativt beskjedent. PFOS-konsentrasjonene i Fredskjær 8, Fredskjær 4 og Fredskjær 5-II kommer fra drens-systemet som ender i beredskapsdammen ved Fredskjær 8. Dette drens-systemet fanger opp vann fra den nordlige delen av flyplassen.

5.2.4 OPPSUMMERING RYG 2

Fordelingen mellom innholdet av PFOS i jord og vann gir en indikasjon på fordelingskoeffisienten (K_d -verdien) for PFOS i jorda. Gjøres slike betraktninger for sjakt B og C, fås K_d -verdier på hhv 4 og 16 for PFOS. Tatt i betraktning at massene inneholdt en del finstoff (siltige masser), er dette lave verdier. Dette viser PFOS-forbindelsene i vannet ikke er adsorbert til jord, men finnes løst i en «friere» vannfase for eksempel i drensledninger.

Funnene viser at det fortsatt finnes rester av skumkonsentrat i jord ved tønnelageret 9 år etter utslippet. Funn av drensledninger som inneholdt vann med relativt høye konsentrasjoner av PFAS, viser at området fortsatt kan være en kilde til PFAS i Fredskjærbekken. Drensledninger og grøfter på stedet må imidlertid ha ført til rask spredning av utslippet, slik at det meste er ført til Fredskjærkilen i Vansjø. Mengdene PFOS som ligger igjen i jorda på området er estimert til 24 gram.

Området som er forurensset er begrenset og forurensingene relativt konsentrert, slik at masseutskifting på området er mulig.

Tabell 6: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jordprøver tatt ved RYG 2. Prøvetaking 22.oktober 2015. Enhet: µg/ kg tv. Figur 6 viser plasseringen av sjakt A-E.

	RYG2 A 0-30 cm	RYG2 A 30-110 cm	RYG2 A 110cm	RYG2 B 0-30cm	RYG2 B 30-50cm	RYG2 C 30cm	RYG2 C 30-90cm	RYG2 C 90cm	RYG2 C Dren	RYG2 Overfl. 0-10cm	RYG2 D 0-30cm	RYG2 D 30-40cm	RYG2 D 100cm	RYG2 E 0-30cm	RYG2 E 30-100cm	RYG2 E 100 cm
6:2 FTS	< 3,64	< 3,70	< 3,59	4,89	3,61	20,4	< 3,57	6,45	87,7	12,3	< 3,45	< 3,12	< 3,25	< 3,41	< 3,50	15,9
8:2 FTS	< 4,86	< 4,94	< 4,78	12,5	65	33,3	461	< 4,96	15,2	36	< 4,60	< 4,15	< 4,33	< 4,55	< 4,67	< 4,97
PFOS	201	38	14,1	96,5	293	23,9	27,7	9,46	14,8	24,4	4,33	< 2,08	< 2,17	7,06	2,79	2,78
Sum PFAS	201	38	14,1	121	364	84,1	532	15,9	120	72,8	4,33	ND	ND	7,06	2,79	18,7

Tabell 7: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i vannprøver tatt ved RYG2 («tonnelager») og i drengrofter og drengsrør nedover mot Fredskjærbekken. Enhet: ng/ l.

	22.10.	22.10.	22.10.	22.9.	10.12	25.6.	22.9.	25.6.	22.9.	25.6.	22.9.	25.6.	30.10.
	RYG2 Sjakt B	RYG2 Sjakt C	RYG2 Sjakt E	RYG2 Fredskjær 10		RYG2 Fredskjær 7		RYG2 Fredskjær 8		RYG2 Fredskjær 4		RYG2 Fredskjær 5-II	
6:2FTS	14900	71800	< 75,0	1770	1610	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	20,6	< 15,0
8:2FTS	10900	3880	< 100	23,8	< 33,3	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0
PFBS	106	< 75,0	< 75,0	38,2	< 25,0	< 15,0	31	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0
PFBA	104	229	< 50,0	282	153	12,5	40,4	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFDS	740	< 75,0	< 75,0	< 15,0	< 25,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0
PFDeA	224	141	< 50,0	11	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFHxS	1990	618	238	321	135	67,7	108	55,1	52,8	58,3	56,4	85,1	54,2
PFHxA	581	871	< 50,0	647	391	31,5	81,4	10,3	< 10,0	11,1	10	24,4	< 10,0
PFHpS	1620	< 75,0	< 75,0	45,2	< 25,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0
PFHpA	451	663	< 50,0	341	166	13,8	42	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	11,7	< 10,0
PFNA	116	140	< 50,0	74	57,2	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFOSA	682	< 50,0	< 50,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFPeA	642	1590	50,6	1620	1020	59,9	246	20	14,6	19,5	22	39,3	13,6
PFUnA	51,4	< 50,0	< 50,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFOS	55100	2380	766	1580	458	52,1	62,6	213	292	226	261	268	180
PFOA	712	1510	< 50,0	142	114	11,3	18,2	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Sum PFAS	88900	83800	1050	6890	4100	249	630	298	360	315	350	449	248

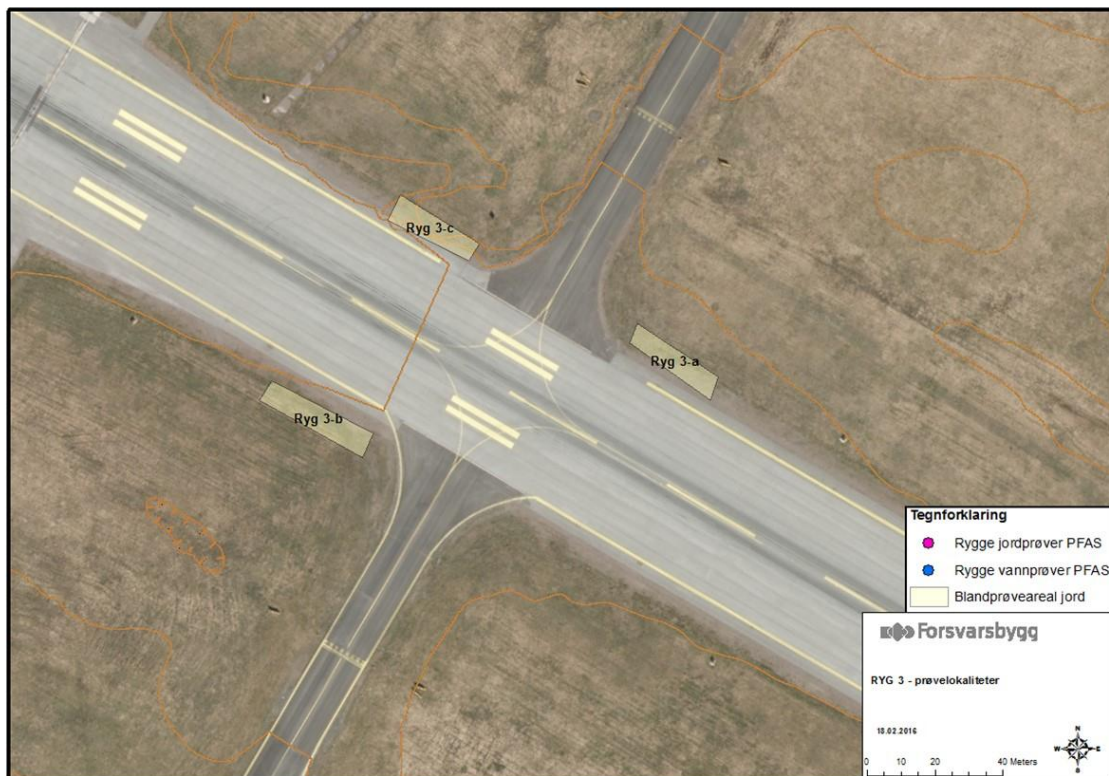
5.3 FLYBRANN 1984 (RYG 3)

5.3.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDE OG AKTIVITET

I forbindelse med en flybrann (F16) i 1984 ble et område på rullebanen skumlagt. Ifølge personell som var med på slukkingen ble flere tanker med skum brukt da brannen stadig blusset opp etter slukning. Stedet hvor brannen fant sted ble påvist og det ble tatt jordprøver fra 0-10 cm og 30 cm i området 9. september 2015 (Figur 7). Overflateprøvene (0-10 cm) ble tatt som samleprøver de nærmeste 3 meterne fra dagens asfaltkant.

Området er relativt flat og langs landings- og taksebanene var det grasbakke. Jorda var sandig og gir gode spredningsforhold for PFAS-forbindelser i grunnen. Langs kantene av rullebanen var det på den tiden åpne drengkanaler. Disse var nå tettet (trolig i forbindelse med utvidelse av rullebanen), men systemet må raskt ha ledet brannskum og vann til Vansjø via dreng- og overvannsnettet.

Lokalisering av RYG 3 er vist på Figur 3 (se over).



Figur 7: Område ved RYG 3 (flybrann 1984-85). Overflateprøver (0-10cm) og ved dybde 30cm ble tatt ved RYG 3 A og C, kun overflateprøver ved RYG 3 B

5.3.2 JORDPRØVER

Det ble ikke påvist PFAS-forbindelser i noen av jordprøvene som ble tatt fra området (Tabell 8). Dette kan bety at prøvene ble tatt på feil sted eller at skummet for det meste havnet på rullebanen og rant ned i overvanns- og drengsystemet på flyplassen. En annen forklaring kan være at PFAS-forbindelsene er vasket ned til dypere lag enn 30cm. Spredningen fra brann-området skjer via dreng- og overvannssystemet til Fredskjærbekken, enten via beredskapsdam i nord eller via beredskapsdam ved brannstasjon.

5.3.3 OPPSUMMERING RYG3

Analyseresultatene fra jordprøver ved antatt brann-område viser at området ikke inneholder PFAS-forbindelser som gjør tiltak nødvendig.

Tabell 8: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord fra område ved antatt F16-flybrann (1984/85). Enhet: $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv.

	RYG3 A 0-10 cm	RYG3 A 30 cm	RYG3 C 0-10cm	RYG3 C 30 cm	RYG3 B 0-10 cm
6:2 FTS	< 3,5	< 3,3	< 3,4	< 3,3	< 3,3
8:2FTS	< 4,6	< 4,5	< 4,5	< 4,4	< 4,4
PFBS	< 3,5	< 3,3	< 3,4	< 3,3	< 3,3
PFBA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFDS	< 3,5	< 3,3	< 3,4	< 3,3	< 3,3
PFDeA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFDaA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFHxS	< 3,5	< 3,3	< 3,4	< 3,3	< 3,3
PFHxA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFHpS	< 3,5	< 3,3	< 3,4	< 3,3	< 3,3
PFHpA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFNA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFOSA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFPeA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFTA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFTTrA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFUnA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFOS	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
PFOA	< 2,3	< 2,2	< 2,3	< 2,2	< 2,2
Sum PFAS	ND	ND	ND	ND	ND

5.4 BRANNSTASJONENE VED RYGGE FLYSTASJON (RYG4)

5.4.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDET OG AKTIVITET

Området består av en nedlagt stasjon og en ny stasjon som er brukes i dag.

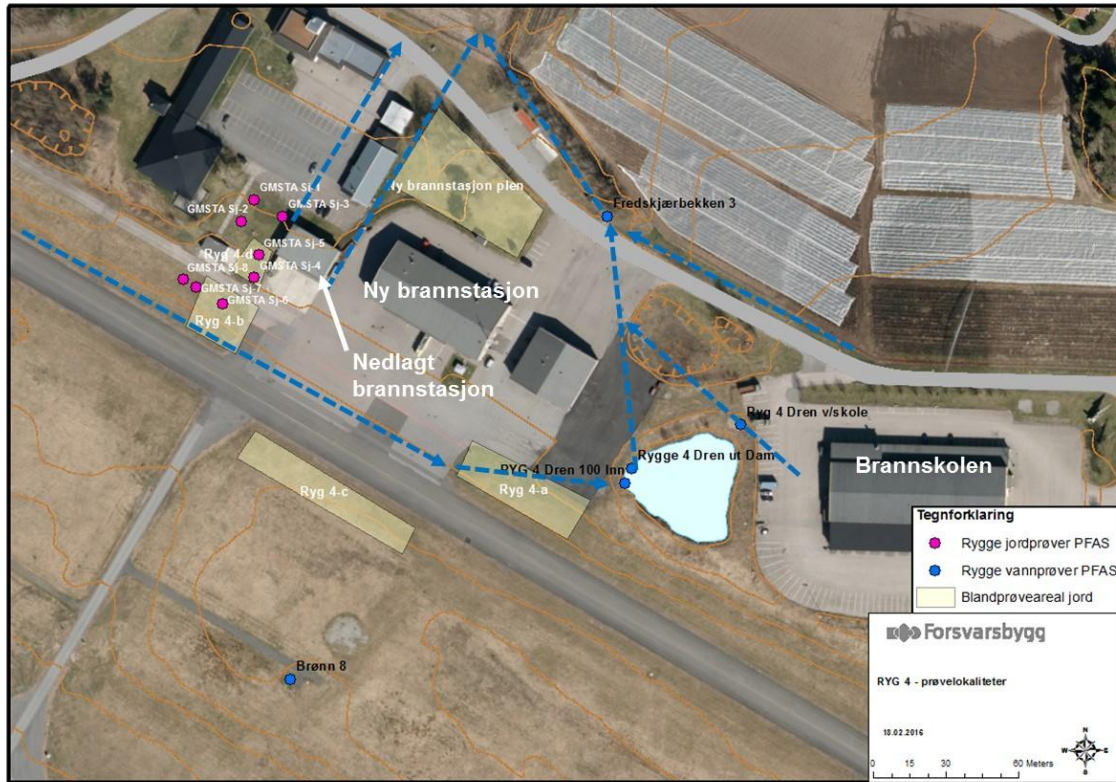
Områdene utenfor stasjonene består av tette flater og områder med plen (Figur 8). Plenområdet vest for den gamle brannstasjonen er brukt spesielt til testing av skumutstyr på brannbiler. Også andre plenområder rundt brannstasjonen kan være eksponert for brannskum. Foran brannstasjonene spyles brannbilene ute på asfaltert/betongbelagt plass. Avrenningen fra disse flatene går til spillvannsystemet og direkte til Fredskjærbekken.

5.4.2 JORDPRØVER

Det ble tatt jordprøver i to omganger på området.

9.september ble det tatt overflateprøver (0-10 cm) og prøver fra 30 cm på plenområdene sør og vest for ny og gammel brannstasjon (arealene RYG 4a, b, c, d). Hensikten var å få et overblikk over forurensningssituasjonen på området som et grunnlag for mer omfattende prøvetaking i dybden.

Basert på analyseresultatene av jordprøvene tatt 9.september, ble det 19.november 2015 gravd 8 sjakter på området, de fleste ned til grunnvannsnivå (*Tabell 9*). Under det organiske topplaget (0-30cm, plen), bestod massene på området stort sett av sand.



Figur 8: Oversikt over området ved nedlagt og ny brannstasjon og jord og vannprøver tatt i dette området.

Tabell 9: Beskrivelse av sjakter gravd ved gammel brannstasjon 19.november 2015.

Sjakt nr	Beskrivelse	Prøver	Grunnvann
1	Plen vest for brannstasjon. Kabeltrase, gammel drenering, gammel strømkabel leder nordvestover	0-30cm, 30-70cm, 70-100cm	Nei
2	Sandige masser, gammel strømkabel v/150cm	0-30cm, 30-100cm, 100-190cm	160cm
3	Kjeller i revet forlegning. Bygningsmasse (metallskrap, ledninger, betong, murstein) brukt til å fylle kjeller.	30-100cm	Nei
4	Sandige masser, gammelt trevirke v/140cm	0-30cm, 30-120cm, 120-140cm	120cm
5	Sandige masser, organisk sjikt v/130-150cm, gamle drenerør v/160-170cm	0-30cm, 30-120cm, 120-160cm	150cm
6	Sandige masser, ingen spor etter drensledninger	0-30cm, 30-130cm, 130-190cm	180cm
7	Sandige masser, ingen spor etter drensledninger	0-30cm, 30-120cm, 120-160cm	170cm
8	Sandige masser, ingen spor etter drensledninger	0-30cm, 30-120cm, 120-160cm	170cm

Analyseresultatene fra prøvetakingen 9.september (Tabell 10) viser at det først og fremst er områdene nærmest den gamle brannstasjonen som forurenses med PFAS-forbindelser (område B og D). Det er en klar tendens til at konsentrasjonene er høyere ved 30cm enn i overflaten og viser at PFAS-forbindelsene relativt raskt vaskes nedover i jordprofilen.

Resultatene fra sjaktingen 19.november (Tabell 11) viser en at det finnes PFAS-forbindelser i hele jordprofilen ned til grunnvannet. PFOS utgjør mer enn 90% av PFAS-forbindelsene. Konsentrasjonene var høyest i de øverste 1-1,5 meterne og lavere ned mot grunnvannet (med unntak av sjakt 5). Jord ved sjakt 4 og 5 dvs. i de områdene som sannsynligvis er mest eksponert i forbindelse med øving, hadde de høyeste konsentrasjonene (gjennomsnittlig konsentrasjon i prøvene fra sjaktene 4 og 5 var 349 µg/kg). Massene ved sjakt 6-8 hadde et lavere gjennomsnittlig innhold (117 µg/kg), mens det gjennomsnittlige innholdet i sjakt 1-3 var 96 µg/kg.

Tabell 10: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord tatt ved gammel og ny brannstasjon på Rygge Flystasjon 9.september 2015. Enhet: µg/kg tv.

	RYG4 a 0-10cm	RYG4 a 30cm	RYG4 b 0-10cm	RYG4 b 30cm	RYG4 c 0-10cm	RYG4 c 30cm	RYG4 d 0-10cm	RYG4 d 30cm
6:2 FTS	< 3,3	< 3,5	17,9	4,5	< 3,6	< 3,7	29,1	9
8:2FTS	< 4,3	< 4,6	< 5,0	< 4,2	< 4,8	< 4,9	20,3	< 4,5
PFHxA	< 2,2	< 2,3	2,6	< 2,1	< 2,4	< 2,4	2,6	2,6
PFOSA	< 2,2	< 2,3	2,7	< 2,1	< 2,4	< 2,4	8,9	11,2
PFPeA	< 2,2	< 2,3	3,3	< 2,1	< 2,4	< 2,4	5,1	4,3
PFOS	9	11,9	52,4	200	2,9	6	102	594
Sum PFAS	9	11,9	78,9	205	2,9	6	175	629

5.4.3 VANNPRØVER

Prøvepunkt Fredskjærbekken 3 (kulvert) er et overvåkingspunkt rett nord for brannstasjonene hvor flere drens- og overvannsledninger samles (Figur 8). Alt eller deler av spillvannet fra brannstasjonen (fra spyle- og vaskeområdet like sør for stasjonene) havner også her. Det meste av vannet kommer fra områdene sør for brannstasjonene.

Drens- og overvann fra flyplassområdet renner i kulvert inn i beredskapsdam øst for brannstasjonen ved prøvepunkt RYG4 Dren100 Inn (Figur 8). Vann renner videre ut fra dammen ved prøvepunkt RYG4 Dren100 Ut og videre i kulvert mot Fredskjær 3. I Fredskjær 3 (stor kum i kulvert) kommer vann inn bl.a. fra drensledning som renner under brannskolen (RYG4 Dren v/brannskole), samt vann fra drensledning langs Ringveien. Mest sannsynlig kommer også spillvann fra deler av området sør for brannstasjonen inn ved Fredskjær 3. Fra Fredskjær 3 renner vannet nordvestover i kulvert til Fredskjærbekken 5-I (prøvepunkt ved Flyplassveien).

Fra prøvepunkt RYG4 Dren100 Inn til Fredskjær 3 øker konsentrasjonen av PFAS-forbindelser med en faktor 3, mens den fra Fredskjær 3 til Fredskjærbekken 5-II øker en faktor 2 (Tabell 12). Mengden drensvann øker også på den samme strekningen. Drenering og overvann fra området mellom RYG4 Dren100 Inn og Fredskjærbekken 5-II er mao en viktig kilde til PFAS-forbindelser i Fredskjærbekken.

Tabell 11: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord prøvetatt ved gammel brannstasjon 19.november 2015. Enhet: µg/ kg tv.

	Sj-1 0-30cm	Sj-1 30- 70cm	Sj-1 70- 100cm	Sj-2 0- 30cm	Sj-2 30- 100cm	Sj-2 100- 190cm	Sj-3 30- 100cm	Sj-4 0- 30cm	Sj-4 30- 120cm	Sj-4 120- 140cm	Sj-5 0- 30cm	Sj-5 30- 120cm	Sj-5 120- 160cm
6:2 FTS	< 3,14	< 3,13	< 3,35	< 3,20	< 3,43	< 3,60	< 3,74	8,66	4,02	5,94	< 3,62	< 3,31	10,8
8:2FTS	< 4,18	< 4,17	< 4,47	< 4,27	< 4,57	< 4,80	< 4,98	< 4,04	< 4,67	< 4,78	< 4,82	< 4,41	< 3,92
PFHxA	< 2,09	< 2,09	< 2,24	< 2,14	< 2,28	< 2,40	< 2,49	< 2,02	< 2,33	< 2,39	< 2,41	< 2,21	< 1,96
PFOSA	< 2,09	< 2,09	< 2,24	6,48	< 2,28	< 2,40	2,74	25,7	3,33	< 2,39	2,83	< 2,21	< 1,96
PFPeA	< 2,09	< 2,09	< 2,24	< 2,14	< 2,28	< 2,40	< 2,49	2,34	< 2,33	< 2,39	5,62	< 2,21	< 1,96
PFOS	69,9	41,6	10,6	135	175	29,1	213	383	80,1	96	400	165	970
Sum PFAS	69,9	41,6	10,6	141	175	29,1	215	433	87,5	102	413	165	981

Tabell 11: forts

	Sj-6 0- 30cm	Sj-6 30- 130cm	Sj-6 130- 190cm	Sj-7 0- 30cm	Sj-7 30- 120cm	Sj-7 120- 170cm	Sj-8 0- 30cm	Sj-8 30- 120cm	Sj-8 120- 170cm	NY STA PLEN 0- 10cm
6:2 FTS	9,48	11,2	3,67	7,29	< 3,45	< 3,57	< 3,25	< 3,65	< 3,55	< 3,34
8:2FTS	< 4,00	< 4,17	< 4,54	< 4,52	< 4,60	< 4,76	< 4,33	< 4,86	< 4,73	< 4,45
PFHxA	< 2,00	< 2,08	< 2,27	< 2,26	< 2,30	< 2,38	< 2,16	< 2,43	< 2,37	< 2,22
PFOSA	< 2,00	< 2,08	2,85	3,24	< 2,30	< 2,38	< 2,16	< 2,43	< 2,37	4,23
PFPeA	< 2,00	< 2,08	< 2,27	2,73	< 2,30	< 2,38	2,47	< 2,43	< 2,37	< 2,22
PFOS	146	104	51,9	228	222	10,4	87,7	190	10,6	31,2
Sum PFAS	156	115	58,4	245	222	10,4	90,1	190	10,6	35,4

Drenskart for området viser at flere drens- og overvannsledninger fører fra brannstasjon-området og inn i hovedkulvert nedstrøms Fredskjær 3 (*Figur 8*, dvs. mellom Fredskjær 3 og 5-II). I hvilken grad dette drens-systemet leder PFAS-forurensset vann inn i hovedkulvert (Fredskjærbekken) er ikke kjent, annet enn avrenningsprøven som ble tatt 19.november ved den gamle brannstasjonen. Avrenningen inneholdt 2030 ng/l Sum PFAS, med PFOS (807ng/l), 6:2FTS og 8:2FTS som de dominerende komponentene (Tabell 12). Dette viser at det lekker PFAS-forbindelser fra de asfalterte flatene på området. Det asfalterte området mellom brannstasjonene og taksebanen er 7000m². Med et årlig nedbør på ca. 800mm (eklima.no) og en PFOS-konsentrasjon på 800 ng/l, gir dette ca. 4,5 gram utlekking per år. Sammenlignet med den mengden som renner av via Fredskjærbekken (ca. 300 gram per år), er dette en liten kilde.

Foreløpig er det kun drensledningen som kommer fra retning Brannskolen (RYG4 Dren v/skole) som er prøvetatt. Dette er en av flere drensledninger som (ifølge drenskart) fører inn i hovedkulvert Fredskjærbekken. Konsentrasjonen av PFAS-forbindelser (810 ng/l) og PFOS (160 ng/l) er betydelig høyere enn i hovedkulvert RYG4 Dren 100 Ut (hhv. 150 ng/l og 60-70 ng/l, Tabell 12) og viser at denne drensledningen bidrar til å øke konsentrasjonsnivået i hovedkulverten (Fredskjær 3). Ifølge kart over drens- og overvannsledninger for flyplassen, starter denne drensledningen like nord for Hangar F og går under Brannskolen.

Tabell 12: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i vann tatt i nedbørfelt Fredskjærbekken v/ Brannstasjon (se Figur 8). Enhet: ng/l.

	9.9	30.10	30.10	10.12	10.12	19.11	21.1	11.2	25.2	25.6	10.12	25.6	30.10
	RYG 4 Dren 100 Inn		RYG 4 Dren ut Dam		RYG 4 Dren v/skole	RYG4 Dren v/GMSTA	Fredskjærbekken 3					Fredskjærbekken 5-I	
6:2 FTS	< 7,5	< 7,5	< 15,0	< 15,0	16,6	614	62,3	< 15,0	< 25,0	18,8	< 25,0	82,8	40,1
8:2FTS	< 10,0	< 10,0	< 20,0	< 20,0	< 10,0	428				< 20,0	< 33,3	< 20,0	< 20,0
PFBS	< 7,5	< 7,5	< 15,0	< 15,0	47	< 15,0	65,3	< 15,0	< 25,0	< 15,0	< 25,0	22	20
PFBA	7,6	< 5,0	< 10,0	< 10,0	25	< 10,0				14,2	< 16,7	16,9	16,6
PFDS	< 7,5	< 7,5	< 15,0	< 15,0	< 7,50	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 25,0	< 15,0	< 25,0	< 15,0	< 15,0
PFDeA	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 5,00	17,9	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0
PFD _o A	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 5,00	12,7	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0
PFH _x S	25	23,4	34,8	26,7	349	18,6	456	48,8	71,7	123	54,4	177	138
PFH _x A	21,9	13,6	16,2	< 10,0	82	26,1	179	22,2	28	41	21,2	63,7	46,2
PFHpS	< 7,5	< 7,5	< 15,0	< 15,0	20,7	< 15,0				< 15,0	< 25,0	15,6	< 15,0
PFHpA	19,7	8,5	< 10,0	< 10,0	25,9	< 10,0	62,5	13,4	< 16,7	16,9	< 16,7	31,1	22,6
PFNA	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 5,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0
PFOSA	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 5,00	87,8	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0
PFPeA	40,9	23,1	33,5	17,7	62,6	< 10,0				52,7	44,4	100	82,7
PFTA	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 5,00	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0
PFT _r A	< 5,0	10,5	< 10,0	< 10,0	< 5,00	< 10,0				< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0
PFUnA	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 5,00	19,3	< 10,0	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 16,7	< 10,0	< 10,0
PFOS	100	110	77,6	64	159	807	1100	143	174	279	133	574	460
PFOA	7,8	7	11,4	11,3	22	< 10,0	78,8	11,8	19,3	17,1	< 16,7	21,5	25,2
Sum PFAS	223	196	174	120	810	2030	2000	239	293	563	253	1110	851

5.4.4 OPPSUMMERING RYG4

Aktiviteten ved gammel og ny brannstasjon har ført til PFAS-forurensning i jord og på faste flater på området. Grasområder vest og nordvest for den gamle brannstasjonen inneholder anslagsvis 900 gram PFOS (mer enn 90% av PFAS-forbindelsene i jord er PFOS). PFOS-forurensningen i jorda er ikke spesielt konsentrert og den høyeste konsentrasjonen ble funnet nærmest brannstasjonen i bunnen av sjakt 5 (970 µg/kg). Antas en fordelingskoeffisient på 50 L/kg (sandige masser), fås en teoretisk jordvæskeskonsentrasjon på 19400 ng/l i disse massene. Også avrenning fra faste flater utenfor brannstasjonene inneholder PFAS-forbindelser, samt drensledning fra øst (under Brannskolen). Analyseresultatene/undersøkelsene viser så langt at det er flere kilder og prosesser på området som bidrar til PFAS-forurensningen av Fredskjærbekken.

Etablering av flere grunnvannsbrønner på området, både sør og nord for brannstasjonene, vil vise i hvilken grad grunnvannet (som strømmer fra sør mot nord) kan forurense Fredskjærbekken. Prøvetaking av flere drensledninger mellom brannstasjonene og Fredskjærbekken bør vurderes.

Det er et omfattende nett av drens- og overvannsledninger, gammel jordbruksdrenering, kabelgrøfter, gamle strømkabler etc på området, noe som gjør spredningen «effektiv» og vanskelig å kontrollere. Store arealer med tette flater som også lekker PFAS-forbindelser, gjør det krevende å gjennomføre vannrensing. Drensvannet som renner inn ved RYG4 Dren 100 Inn (Figur 8) er lite konsentrert og vannmengden er for stor til kost-effektiv rensing.

5.5 SKUMANLEGG I FLYVASKEHALL (RYG 5)

5.5.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDET OG AKTIVITET

I forbindelse med et lynnedslag ble skumanlegget i Flyvaskehallen utløst og områder utenfor bygningen ble eksponert for skum. Det er ikke kjent hvor store mengder skum som ble sluppet ut.

Området nord for bygningen er grasplen (prøve B), mens det mot vest er krattskog nærmest bygningen (prøve D), før et større skogholt (gran, bjørk) nedover mot Fredskjærbekken 6.

5.5.2 JORDPRØVER

Det ble tatt overflateprøve (0-10cm) og en prøve fra 30cm på hvert av disse områdene.

6:2FTS og PFOS ble påvist i jordprøvene fra 30cm, men analysene viste at det kun var lave konsentrasjoner av PFAS-forbindelser på området (*Tabell 13*).

5.5.3 VANNPRØVER

I en grøft sørvest for bygningen kommer tre drensledninger ut i dagen (Figur 9). Vann fra disse tre ledningene ble prøvetatt 9.september 2015. Vann i grøfta renner ut i sørenden av beredskapsdammen ved hovedporten på Rygge (Fredskjær 6). Vann fra beredskapsdammen (Fredskjær 2) renner i kulvert mot nordvest og ut i Fredskjærbekken sør for Fredskjærbekken 9.

Drensledning A og B er 40cm sement-kulverter, mens drensledning C er et 10 plastrør. Vannmengden fra kulvert A var ved prøvetakingen betydelig større enn i kulvert B, som igjen var noe større enn i drensledning C. Forholdet mellom vannføringen i disse drensledningene var anslagsvis 5:2:1.

Tabell 13: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord tatt ved Flyvaskerhall 10.september 2015. Enhet: µg/ kg tv.

	RYG 5 B 0-10cm	RYG 5 B 30cm	RYG 5 D 0-10cm	RYG 5 D 30cm
6:2 FTS	< 3,5	3,9	< 3,4	5,9
8:2FTS	< 4,7	< 4,2	< 4,5	< 4,4
PFBS	< 3,5	< 3,1	< 3,4	< 3,3
PFBA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFDS	< 3,5	< 3,1	< 3,4	< 3,3
PFDeA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFDoA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFHxS	< 3,5	< 3,1	< 3,4	< 3,3
PFHxA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFHpS	< 3,5	< 3,1	< 3,4	< 3,3
PFHpA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFNA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFOSA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFPeA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFTA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFTTrA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFUnA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
PFOS	< 2,3	3	< 2,2	< 2,2
PFOA	< 2,3	< 2,1	< 2,2	< 2,2
Sum PFAS	ND	6,9	ND	5,9



Figur 9: Oversikt over vann og jordprøver tatt ved RYG5 og RYG7.

Analyseresultatene viste at sammensetningen av PFAS-forbindelser i vann fra dreneringene B og C var noenlunde lik, med PFPeA, PFHxA, PFHpA og PFOS som de viktigste komponentene. Totalkonsentrasjonen av PFAS i drenering A var noe lavere enn i B og C, men PFOS konsentrasjonen noe høyere (Tabell 14). Forskjeller i vannføringen fører til at total mengde PFOS som transporteres via drenering A er betydelig (5-10x) høyere enn i de andre dreneringene.

Prøven RYG 15 Dren er tatt i drenering ved taksebanen 150m sør for Hangar D/E. Drensvann herfra renner til den samme grøfta som Dreneringene A-C (Figur 9). Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i drensvannet ved «RYG15 Dren» er lavt sammenlignet med dreneringene A-C og viser at drensvann fra taksebane og rullebanen i dette området ikke er vesentlige kilder til PFAS, selv om det finnes spor av PFAS-forbindelser også her.

Sammensetningen av vann ved Fredskjær 6 og Fredskjær 2 (hhv. innløp og utløp beredskapsdam ved hovedport) er lik drensvann fra drenering A-C (Tabell 14). Selv om prøvene er tatt på ulike tidspunkter, er dette en god indikasjon på at området rundt Hangar D/E og Flyvaskhallen er hovedkilden til PFAS-forbindelser inn i beredskapsdammen. Fra beredskapsdammen renner vannet i kulvert til Fredskjærbekken.

På sørsiden av Hangar D/E (RYG 20) ble et asfaltert område skumlagt i forbindelse med en oljelekkasje engang i perioden 2001-2006. Omfanget av skumbruken er ikke kjent, men eventuelle PFAS-forbindelser vil renne ned i dreneringsystemet på området (Drenering A) og ut i grøft.

Tabell 14: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i dremsledninger som renner inn i grøftesystem øst for Hangar D/E (se Figur 9).
Enhet: ng/l.

	09.09.2015	09.09.2015	09.09.2015	09.09.2015	25.06.2015	25.06.2015
	RYG5 Hangar D/E A	RYG5 Hangar D/E B	RYG5 Hangar D/E C	RYG 15 Dren	Fredskjær- bekken 6	Fredskjær- bekken 2
6:2 FTS	26,8	< 7,5	58,6	< 15,0	28,2	24,3
8:2FTS	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0
PFBS	< 7,5	< 7,5	< 7,5	< 15,0	< 15,0	< 15,0
PFBA	31,4	46,7	46,3	< 10,0	25,3	24
PFDS	< 7,5	< 7,5	< 7,5	< 15,0	< 15,0	< 15,0
PFDeA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFDaA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFHxS	16,5	35,2	26,4	< 15,0	42,8	50,4
PFHxA	84,8	226	188	< 10,0	70,2	68,5
PFHpS	< 7,5	< 7,5	< 7,5	< 15,0	< 15,0	< 15,0
PFHpA	94,5	63,2	92,8	< 10,0	42,4	35,5
PFNA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFOSA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFPeA	220	441	424	25,4	174	148
PFTA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFTaA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFUnA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFOS	142	95	50,7	28,4	262	150
PFOA	12	7,6	9	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Sum PFAS	628	915	896	53,8	645	501

5.5.4 OPPSUMMERING RYG5

Konsentrasjonsnivåene i dremsledning A-C er så vidt høye at de høyst trolig kommer fra områder hvor skum er brukt eller sluppet ut ved uhell. Selv om det ikke ble påvist PFAS-forbindelser i jord i områdene nærmest Flyvaskhallen, kan nivåene i Dremsledning C tyde på at det likevel finnes en kilde nær bygningen.

5.6 ØVINGSOMRÅDE VEST FOR DAGENS BRANNØVINGSFELT (RYG6)

5.6.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDE OG AKTIVITET

Dette grasdekte området ligger nordvest for brannøvingsfeltet. I et «lavsøkk» på området er det fuktig og en drensledning renner inn i lagunen som ligger nordvest og nord for brannøvingsfeltet. Opplysninger fra ansatte på Flystasjonen tilsier at brannskum har blitt spredt på dette området i forbindelse med utrykning fra brannstasjonen til brannøvingsfeltet.

5.6.2 JORDPRØVER

To overflateprøver (PA3, A og B, 0-10cm) ble tatt på området for å undersøke om denne aktiviteten har ført til PFAS-forurensning i jord på området. Prøve PA3-A ble tatt i en strekning på ca. 30meter langs taksebanen, 0-2m fra banen. Prøve PA3-B ble tatt på et 20*30meter areal, ca. 20meter fra rullebanen, i nordøstlig retning fra taksebanen (Figur 15).

Det ble ikke påvist PFAS-forbindelser i jordprøvene (Tabell 15), noe som er overraskende tatt i betraktning de høye konsentrasjonene som finnes i drensledningen fra dette området (se kap. 6). Nå er det ikke kjent nøyaktig hvilke områder som drenerer inn i ledningen, men det er sikkert at den passerer igjennom store deler av det prøvetatte området. En mulighet er at PFAS-forurensningene ligger i dypere lag av jorda og derfor ikke fanges opp i jordprøvene som ble tatt. Prøver fra dypere jordlag vil gi informasjon om dette (prøvetaking vår 2016)

Tabell 15: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord nordvest for dagens brannøvingsfelt. Enhet: µg/ kg tv.

	PA3 – A (0-10cm)	PA3 – B (0-10cm)
6:2 FTS	< 3,3	< 2,9
8:2FTS	< 4,4	< 3,9
PFBS	< 3,3	< 2,9
PFBA	< 2,2	< 2,0
PFDS	< 3,3	< 2,9
PFDeA	< 2,2	< 2,0
PFDaA	< 2,2	< 2,0
PFHxS	< 3,3	< 2,9
PFHxA	< 2,2	< 2,0
PFHpS	< 3,3	< 2,9
PFHpA	< 2,2	< 2,0
PFNA	< 2,2	< 2,0
PFOSA	< 2,2	< 2,0
PFPeA	< 2,2	< 2,0
PFTA	< 2,2	< 2,0
PFTTrA	< 2,2	< 2,0
PFUnA	< 2,3	< 2,0
PFOS	< 3,2	< 2,0
PFOA	< 2,2	< 2,0
Sum PFAS	ND	ND

5.7 LAGEROMRÅDE VED VEI NORD FOR BRANNØVINGSFELT (RYG 7)

5.7.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDE OG AKTIVITET

På et område like sør for port 10 skal det ha blitt lagret tønner med skumkonsentrat. Det er ikke kjent at det har vært lekkasje fra tønnene under lagring eller forflytning, heller ikke hvor lenge lagringen pågikk.

5.7.2 JORDPRØVER

To jordprøver (0-10cm og ved 30cm) ble tatt på området for å verifisere at området er fritt for PFAS-forbindelser (Figur 9).

PFAS-forbindelser ble ikke påvist i noen av prøvene og det er på denne bakgrunnen ikke nødvendig å gjennomføre tiltak på området (Tabell 16).

Tabell 16: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jordprøver tatt ved tidligere lagerområde for tønner med brannskum.

	RYG7 a (0-10cm)	RYG7 a (30 cm)
6:2 FTS	< 3,7	< 3,4
8:2FTS	< 5,0	< 4,5
PFBS	< 3,7	< 3,4
PFBA	< 2,5	< 2,3
PFDS	< 3,7	< 3,4
PFDeA	< 2,5	< 2,3
PFDaA	< 2,5	< 2,3
PFHxS	< 3,7	< 3,4
PFHxA	< 2,5	< 2,3
PFHpS	< 3,7	< 3,4
PFHpA	< 2,5	< 2,3
PFNA	< 2,5	< 2,3
PFOSA	< 2,5	< 2,3
PFPeA	< 2,5	< 2,3
PFTA	< 2,5	< 2,3
PFTrA	< 2,5	< 2,3
PFUnA	< 2,5	< 2,3
µg/kg tv	3,6	2,5
µg/kg tv	6,1	4,7
PFOS	3,6	2,5
PFOA	< 2,5	< 2,3
Sum PFAS	3,6	2,5

5.8 KANTINEBRANN 2010 (RYG8)

5.8.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDE OG AKTIVITET

Det var brann i kantina på Rygge Flystasjon i 2010 og det ble sannsynligvis brukt brannskum i slukningen av brannen. Området har tynt jorddekke mot vest, mens området nærmest kantina mot øst er plen. Det er skog i området rundt kantina. PFAS-forbindelser på dette området vil raskt vaskes ut og ned i grunnvann eller til overflatevann.

5.8.2 JORDPRØVE

En jordprøve (0-10cm) ble tatt like ved brannområdet, vest for kantina (Kantine, Figur 10). Det ble påvist PFAS-forbindelser i jord på det prøvetatte området, men kun i lave konsentrasjoner (Tabell 17).



Figur 10: Jordprøve (Kantine, 0-10cm) og vannprøve (Fredskjær 11) tatt ved Kantine på Rygge Flystasjon. Vannstrømningen ut fra området mot Fredskjørkilen er vist.

5.8.3 VANNPRØVER

En vannprøve ble tatt i dam øst for bygget. Det ble påvist PFAS-forbindelser (Sum PFAS 257 ng/l) i vann tatt fra dammen øst for kantina, med PFOS som den viktigste komponenten. PFCA-forbindelser (C4-C7) + PFHxS utgjorde de resterende PFAS-forbindelsene. Funnene indikerer at skum har vært benyttet på området, men det er i den sammenheng noe overraskende at 6:2FTS ikke ble påvist i vannprøven. 6:2FTS ble imidlertid påvist i jord (14 µg/kg ts), sammen med PFPeA og PFHxA (Tabell 17).

Tabell 17: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord og vann ved kantine Rygge Flystasjon. Prøver tatt 22.september 2015.

	RYG8 Fredskjær 11 (vann)		RYG8 kantine (jord)	
6:2 FTS	ng/l	< 15,0	µg/kg ts	14
8:2FTS	ng/l	< 20,0	µg/kg ts	< 4,6
PFBS	ng/l	< 15,0	µg/kg ts	< 3,5
PFBA	ng/l	24	µg/kg ts	< 2,3
PFDS	ng/l	< 15,0	µg/kg ts	< 3,5
PFDeA	ng/l	< 10,0	µg/kg ts	< 2,3
PFDoA	ng/l	< 10,0	µg/kg ts	< 2,3
PFHxS	ng/l	42,8	µg/kg ts	< 3,5
PFHxA	ng/l	31,4	µg/kg ts	3,6
PFHpS	ng/l	< 15,0	µg/kg ts	< 3,5
PFHpA	ng/l	19,4	µg/kg ts	< 2,3
PFNA	ng/l	< 10,0	µg/kg ts	< 2,3
PFOSA	ng/l	< 10,0	µg/kg ts	< 2,3
PFPeA	ng/l	57,2	µg/kg ts	3,7
PFTA	ng/l	< 10,0	µg/kg ts	< 2,3
PFTrA	ng/l	< 10,0	µg/kg ts	< 2,3
PFUnA	ng/l	< 10,0	µg/kg ts	< 2,3
PFOS	ng/l	81,8	µg/kg ts	< 2,3
PFOA	ng/l	< 10,0	µg/kg ts	< 2,3
Sum PFAS	ng/l	257	µg/kg ts	21,3

5.8.4 OPPSUMMERING RYG8

Vann fra dammen ved kantina renner videre til et myrområde i nord og derfra ned til Fredskjærbekken/Fredskjærkilen (Figur 10). Vannføringen i bekken ut fra området er liten, slik at de totale mengdene PFAS-forbindelser som lekker ut fra dette området i liten grad bidrar til forurensning av Vansjø.

Funnene av PFAS-forbindelser i området ved kantina gir ikke grunn til å vurdere tiltak i dette området.

5.9 TESTCELLE FLYMOTORER ØST (RYG10)

5.9.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDE OG AKTIVITET

Det skal ha skjedd et utslipp av brannskum fra Testcelle Vest i forbindelse med utløsning av skumanlegget i bygningen. Det er ikke klart når utslippet skjedde, med engang på 1990-tallet er sannsynlig. Området utenfor bygningen i sørvest består av faste flater (asfalt og betong) og et drenssystem leder vann herfra til en grøft i sør. Skum som spres på dette området vil raskt vaskes bort, enten via drenssystemet eller ved nedbørvrenning fra de faste flatene.

5.9.2 JORDPRØVER

Det ble tatt en jordprøve (RYG 10 A, 0-10cm, Figur 11) utenfor området med faste flater. Prøven ble tatt så nær de faste flatene som mulig. Jordprøven inneholdt ikke PFAS-forbindelser over deteksjonsgrensen (Tabell 18).



Figur 11: Jordprøve RYG10 A ble tatt i skogkanten like vest for Testcelle Vest.

Tabell 18: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jordprøve ved RYG10 Testcelle for flymotorer Øst. Proven ble tatt 9.september 2015. Enhet: µg/kg tv.

	09.09.2015
	RYG10 A 0-10cm
6:2 FTS	< 3,5
8:2FTS	< 4,7
PFBS	< 3,5
PFBA	< 2,3
PFDS	< 3,5
PFDeA	< 2,3
PFDoA	< 2,3
PFHxS	< 3,5
PFHxA	< 2,3
PFHpS	< 3,5
PFHpA	< 2,3
PFNA	< 2,3
PFOSA	< 2,3
PFPeA	< 2,3
PFTA	< 2,3
PFTTrA	< 2,3
PFUnA	< 2,3
PFOS	< 2,3
PFOA	< 2,3
Sum PFAS	ND

5.9.3 OPPSUMMERING RYG10

Det ansees som lite relevant å kartlegge dette området videre.

5.10 NEDLAGT BRANNØVINGSFELT (RYG 11)

5.10.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDET OG AKTIVITET

Det nedlagte brannøvingfeltet ble brukt til brannøvelser i perioden 1975 – 2000. Brannskummet som ble brukt på øvingfeltet inneholdt PFAS-forbindelser med PFOS som den viktigste komponenten (bl.a. Silvani AFFF).

Øvingfeltet bestod av en 3m³ bakketank for fuel (ukjent type, trolig jetfuel), brannkar av betong med øvingstan-ker og lukket avløp fra dette til en oppsamlingstank i bakken på 20m³. Oljeutskiller ble installert på området i 1986. Ca. 0,5m under bunnen av brannkaret skal det ha vært en plastmembran med ytterkant 1-3m utenfor karet. Væske som ble fanget opp av membranen ble drenert til grunnen (Bruskeland og Olsen 1996). Beskrivelsene av driften ved feltet tilsier at mye fuel og brannskum havnet i terrenget.

Etter nedleggelse av brannøvingfeltet ble det i 2002 gjennomført saneringstiltak som omfattet fjerning av mas-ser forurensset med jetfuel og i noen grad halogenerte brannslukningsmidler (Warland 2002). Det ble fjernet ca. 194 tonn med masser som hadde konsentrasjoner av THC høyere enn 1100 mg/kg TS. Konsentrasjonene av

PFAS-forbindelser i massene som ble fjernet er ikke kjent, men det er sannsynlig at konsentrasjonsnivåene var høye. I forbindelse med tiltaket ble det gitt tillatelse til å la masser med konsentrasjoner lavere enn 1100 mg/kg ligge igjen på området.

I forbindelse med en screeningsundersøkelse av PFAS-forbindelser ved brannøvingsfelt i Norge ble det i 2008 påvist høye konsentrasjoner av disse stoffene i grøfter og andre områder ved det nedlagte brannøvingsfeltet på Rygge (Amundsen m.fl. 2009). Etter pålegg fra Miljødirektoratet (den gang Statens forurensningstilsyn) ble masser ned til ca. 0,5 meter fjernet fra de mest forurensete områdene. Basert på et akseptkriterium på 0,5 mg PFOS/kg jord ble nærmere 150 tonn forurensete masser fjernet fra området og levert til MOVAR.

I 2010 var det mindre fokus på spredningen av PFAS-forbindelser og da brannøvingsfeltet lå på et område uten rennende vann, ble det ikke tatt vannprøver i forbindelse med kartlegging og tiltak. Fokus på spredning var mao liten, selv om antatt spredningsretning allerede da var mot Grimstadbekken og Vansjø.

5.10.2 BAKGRUNN FOR YTTERLIGERE UNDERSØKELSER VED NEDLAGT BRANNØVINGSFELT RYGGE

Analysen av stikkprøve tatt i Grimstadbekken 30. november 2012, ga en klar indikasjon om at det fortsatt fantes PFAS-kilder i Grimstadbekkens nedslagsfelt. Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i Grimstadbekken var betydelig lavere (faktor 10) enn det som ble påvist i Svartbekken på samme tidspunkt og videre kildesporing ble ikke foretatt.

Årsaken til den lave konsentrasjonen av PFAS i Grimstadbekken på dette tidspunktet (30. november) var som det ble observert senere, at drensvann i kalde perioder hvor det foregår avising, ikke slippes til Grimstadbukta, men går til oppsamlingsbassenger og deretter til kommunalt nett. Senere prøvetakinger viser at konsentrasjonene i Grimstadbekken er på samme nivå (eller høyere) sammenlignet med de øvrige bekkene i perioder hvor drensvann slippes til Vansjø.

5.10.3 JORDPRØVER

Det ble tatt overflateprøver (0-10 cm) fra området 20. oktober 2015 (Figur 12). Analysene viste at området lengst mot vei og et tidligere beskrevet damområde (Bruskeland og Olsen 1996) inneholdt relativt høye konsentrasjoner av PFOS (Tabell 19). De høye konsentrasjonene av PFAS-forbindelser viser at dette området ikke ble berørt av saneringen i 2002. I overflatejord i dette området ble det også påvist PFHxS, PFHpS, PFDS og PFOSA. Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i de andre områdene var betydelig lavere. For områdene RYG11 A og D viser de lave konsentrasjonene at saneringen fra 2002 har fjernet en betydelig del av forurensningene i området.

Analysene av overflatejord (Tabell 19) viste at oppryddingene fra 2002 og 2010 ikke hadde fjernet all jord med konsentrert PFAS-forurensning. 17. november 2015 ble det gravd 14 sjakter på området for å avgrense PFAS-forurensningene i området ytterligere. Det ble gravd ned til grunnvannsnivå i alle sjakter og tatt 2-3 prøver i hver sjakt.

Nærmere 100 prosent av PFAS-forbindelsene i jord på området var PFOS (Tabell 20). De høyeste konsentrasjonene ble funnet i jord fra sjakt 1 og 2 dvs. i det samme område hvor det ble funnet høye konsentrasjoner i overflateprøvene fra 20. oktober (Tabell 19). Alle jordprøvene inneholdt PFOS, bortsett fra prøven tatt i sjakt 13 (mot brønn 2). Konsentrasjonen av PFOS i sjakt 14 på den andre siden av veien, ned mot avisingsplattformen, var også relativt høye. Dette er kanskje noe overraskende da dette var en del av området som ble sanert i 2010.

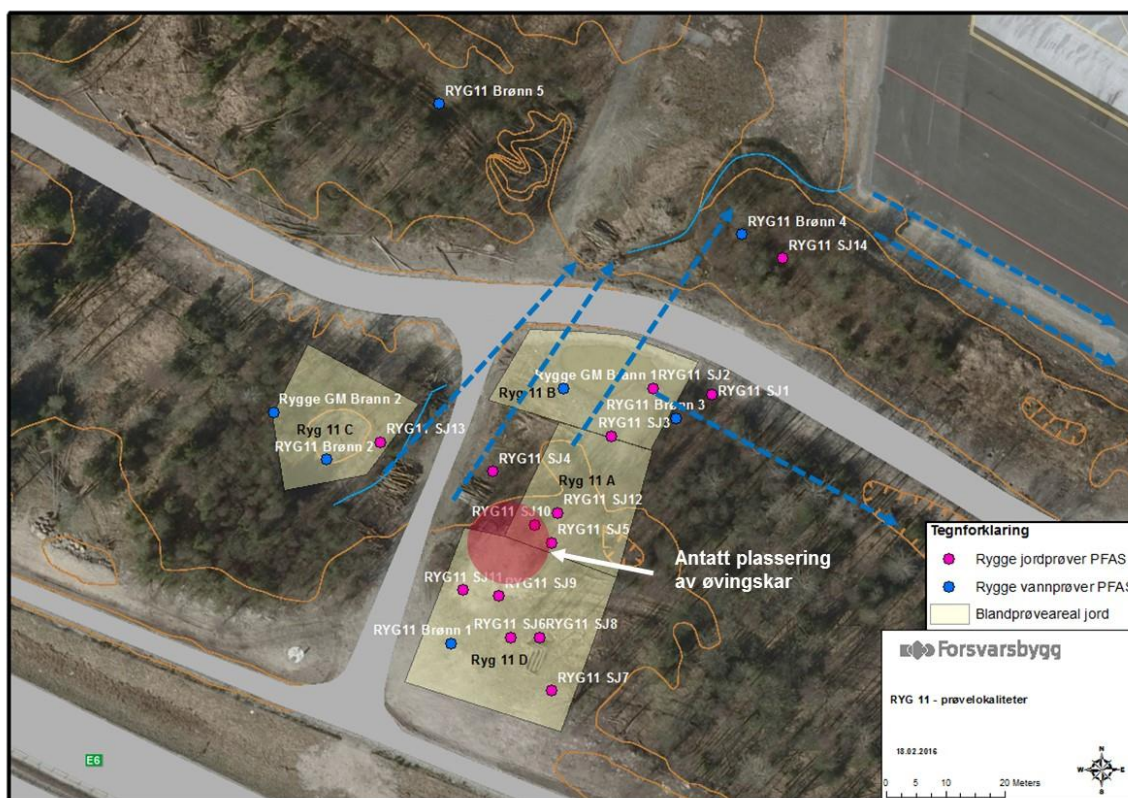
Funnene av PFOS i jord viser at området trolig er en betydelig kilde til PFOS/PFAS-forbindelser som lekker til Grimstadbukta fra Grimstadbekken.

Tabell 19: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i overflateprøver av jord tatt 20.oktober 2015 fra nedlagt brannøvingsfelt. Plasseringen av prøveflatene er vist i Figur 12.

	20.10.2015	20.10.2015	20.10.2015	20.10.2015
Prøverefere- ranse	GM-BRA A 0-10	GM BRA B 0-10	GM BRA C 0-10	GM BRA D 0-10
6:2 FTS	< 3,0	< 3,5	< 3,7	< 3,5
8:2FTS	< 4,1	< 4,6	< 4,9	< 4,7
PFBS	< 3,0	< 3,5	< 3,7	< 3,5
PFBA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFDS	< 3,0	17,6	< 3,7	< 3,5
PFDeA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFDoA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFHxS	< 3,0	22,9	< 3,7	< 3,5
PFHxA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFHpS	< 3,0	5,3	< 3,7	< 3,5
PFHpA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFNA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFOSA	2,2	71,2	< 2,5	< 2,3
PFPeA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFTA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFTTrA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFUnA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
PFOS	41,6	1210	7,4	11,3
PFOA	< 2,0	< 2,3	< 2,5	< 2,3
Sum PFAS	43,7	1330	7,4	11,3

Tabell 20: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i sjakter gravd ved nedlagt brannøvingsfelt (RYG11). Kun PFAS-forbindelser som er påvist i en eller flere prøver er tatt med i tabellen.

	6:2 FTS	PFHxS	PFHxA	PFHpS	PFOSA	PFPeA	PFOA	PFOS	Sum PFAS
SJ1 0-30cm	< 3,32	36,2	3,52	6,67	40,8	< 2,21	3,52	2380	2480
SJ1 60-70cm	< 3,09	15,4	2,07	5,34	< 2,06	< 2,06	3,08	2270	2300
SJ1 110cm	< 2,95	3,55	< 1,97	< 2,95	< 1,97	< 1,97	< 1,97	166	169
SJ2 0-15cm	< 3,35	33,3	3,99	4	12,7	2,66	3,48	1310	1370
SJ2 15-60cm	4,12	19,5	2,55	6,68	< 2,43	< 2,43	< 2,43	2350	2380
SJ2 <60cm	< 2,99	< 2,99	< 1,99	< 2,99	< 1,99	< 1,99	< 1,99	100	100
SJ3 0-15cm	< 3,16	6,58	< 2,11	< 3,16	8,07	< 2,11	< 2,11	82	96,7
SJ3 15-80cm	< 3,10	< 3,10	< 2,07	< 3,10	< 2,07	< 2,07	< 2,07	358	358
SJ3 <80cm	< 3,82	< 3,82	< 2,55	< 3,82	< 2,55	< 2,55	< 2,55	4,9	4,9
SJ4 0-15cm	4,81	< 3,25	< 2,17	< 3,25	< 2,17	< 2,17	< 2,17	11,1	15,9
SJ4 15-60cm	< 3,15	< 3,15	< 2,10	< 3,15	< 2,10	< 2,10	< 2,10	18,7	18,7
SJ4 60-120cm	< 3,22	< 3,22	< 2,15	< 3,22	< 2,15	< 2,15	< 2,15	18,2	18,2
SJ5 0-15cm	< 3,14	< 3,14	< 2,10	< 3,14	< 2,10	< 2,10	< 2,10	17,3	17,3
SJ5 15-120cm	< 3,16	< 3,16	< 2,10	< 3,16	< 2,10	< 2,10	< 2,10	67,4	67,4
SJ5 <120cm	4,11	< 3,35	< 2,23	< 3,35	< 2,23	< 2,23	< 2,23	16,7	20,8
SJ6 15-100cm	< 3,64	< 3,64	< 2,42	< 3,64	< 2,42	< 2,42	< 2,42	147	147
SJ6 100-180cm	< 3,20	< 3,20	< 2,13	< 3,20	< 2,13	< 2,13	< 2,13	7,18	7,18
SJ7 20-100cm	< 3,68	< 3,68	< 2,46	< 3,68	< 2,46	< 2,46	< 2,46	42,3	42,3
SJ7 100-150cm	< 3,41	7,56	< 2,28	< 3,41	2,87	< 2,28	< 2,28	77,3	87,7
SJ8 20-70cm	< 3,37	< 3,37	< 2,25	< 3,37	< 2,25	< 2,25	< 2,25	153	153
SJ8 70-100cm	< 3,12	< 3,12	< 2,08	< 3,12	< 2,08	< 2,08	< 2,08	194	194
SJ8 110-140cm	< 3,65	< 3,65	< 2,43	< 3,65	< 2,43	< 2,43	< 2,43	153	153
SJ9 30-60cm	< 3,50	< 3,50	< 2,33	< 3,50	< 2,33	< 2,33	< 2,33	23,8	23,8
SJ9 60-120cm	< 3,55	6,06	< 2,36	< 3,55	< 2,36	< 2,36	< 2,36	72,4	78,4
SJ9 120-170cm	< 3,75	< 3,75	< 2,50	< 3,75	< 2,50	< 2,50	< 2,50	206	206
SJ10 30-85cm	< 3,30	< 3,30	< 2,20	< 3,30	< 2,20	< 2,20	< 2,20	9,34	9,34
SJ10 0-30cm	< 3,38	< 3,38	< 2,26	< 3,38	2,79	< 2,26	< 2,26	195	198
SJ11 30-80cm	< 3,20	< 3,20	< 2,14	< 3,20	< 2,14	< 2,14	< 2,14	468	468
SJ11 80-140cm	< 3,21	< 3,21	< 2,14	< 3,21	< 2,14	< 2,14	< 2,14	158	158
SJ12 0-30cm	< 3,35	< 3,35	< 2,23	< 3,35	< 2,23	< 2,23	< 2,23	46,1	46,1
SJ12 30-90cm	< 3,66	4,86	< 2,44	< 3,66	< 2,44	< 2,44	< 2,44	21,7	26,6
SJ12 90-120cm	< 3,67	< 3,67	< 2,44	< 3,67	< 2,44	< 2,44	< 2,44	7,71	7,71
SJ13 30-100cm	< 3,75	< 3,75	< 2,50	< 3,75	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	ND
SJ14 30-70cm	< 3,06	5,52	< 2,04	< 3,06	< 2,04	< 2,04	< 2,04	751	756
SJ14 70-90cm	< 3,59	< 3,59	< 2,39	< 3,59	< 2,39	< 2,39	< 2,39	94,1	94,1
Gjennomsnitt	4	14	3	6	13	3	3	353	361



Figur 12: Jord- og vannprøver, samt strømningsretning for grunnvann og drens vann, ved gammelt brannøvingfelt (RYG11).

5.10.4 VANNPRØVER

Tre vannprøver ble tatt på området 22. september 2015. Rygge GM Brann 1 ble tatt i grunn dam rett vest for Sjekt 1 (stillestående vann), Rygge GM Brann 2 i en større dam som ligger vest for brønn 2 (stillestående vann), mens Rygge GM Brann 3 ble tatt i drengroft (vannføring <0,05l/sek) ca. 100m øst for det nedlagte brannøvingfeltet (Figur 12).

Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i Rygge GM Brann 1 var høye (Tabell 21) og bekrefter funnene i jordprøvene om at dette området er relativt sterkt forurensset. Dammen mot vest Rygge GM Brann 2 inneholdt lavere konsentrasjoner, men også dette vannet var påvirket av spesielt PFOS og PFHxS. Funnene av PFAS-forbindelser i drengroft 100m øst for øvingfeltet (Figur 13) viser at det foregår en spredning fra feltet også i denne retningen.

Tabell 21: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i vannprøver tatt ved nedlagt brannovingsfelt 22.september 2015. Lokaliseringen av prøvene er vist i Figur 12. Enhet: ng/l.

	22.09.2015	22.09.2015	22.09.2015
	Rygge GM Brann 1	Rygge GM Brann 2	Rygge GM Brann 3
6:2 FTS	182	< 15,0	< 15,0
8:2FTS	29,6	< 20,0	< 20,0
PFBS	993	< 15,0	83,6
PFBA	151	< 10,0	< 10,0
PFDS	77	< 15,0	< 15,0
PFDeA	12,6	< 10,0	< 10,0
PFDoA	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFHxS	6240	53	433
PFHxA	900	11,2	53,2
PFHpS	2820	< 15,0	27,6
PFHpA	183	< 10,0	13,8
PFNA	38,2	< 10,0	< 10,0
PFOSA	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFPeA	411	< 10,0	25
PFTA	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFTTrA	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFUnA	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFOS	51800	143	1140
PFOA	571	< 10,0	21
Sum PFAS	64400	207	1790

Vannprøver fra grøft like vest for brønn 4 (Sig v/Br4) viser at det siger PFAS-forurensset vann gjennom veileget evt i drenerør gjennom veien og videre ned mot avisingsplattformen. Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i dette vannet var 128 µg/l. Potensialet for spredning av PFAS-forbindelser ned mot avisingsplattformen er stort.

Tabell 22: PFAS-konsentrasjoner i grunnvann fra Sjøkt 10, grøft/sig vest for brønn 4 og vannsig ved Sjøkt 4 (RYG 11). Enhet: ng/l.

	17.11.2015	17.11.2015	17.11.2015
	SJ10 Gr.vann	Sig v/Br4	Grøft v/SJ4
6:2 FTS	75,5	331	< 25,0
8:2FTS	< 33,3	61,1	< 33,3
PFBS	246	2320	211
PFBA	55,2	388	39,9
PFDS	< 25,0	29,3	< 25,0
PFDeA	< 16,7	19,9	< 16,7
PFDoA	< 19,7	< 16,7	< 16,7
PFHxS	3470	14000	1770
PFHxA	276	2400	220
PFHpS	622	3940	86,8
PFHpA	71,5	464	142
PFNA	< 16,7	56,4	57,7
PFOSA	< 16,7	113	< 16,7
PFPeA	114	830	124
PFTA	54,8	< 16,7	< 16,7
PFTrA	< 16,7	< 16,7	< 16,7
PFUnA	< 16,7	17,7	< 16,7
PFOA	404	1280	316
PFOS	12700	102000	3750
Sum PFAS	18100	128000	6720

Grunnvannsbrønner (5 stk) ble installert ved nedlagt brønnøvingsfelt 16.november 2015 av brønnboringsfirmaet Brødrene Myhre AS. Brønnene ble installert med foringsrørborings m/Odex-krone. Det ble boret ned til 3-4 meter (Tabell 23) og brønnen ble installert ved å sette 2 filterrør (PEH, 1m lengder) i bunnen og deretter 1-2 stigerør (PEH, 1m lengder) til toppen. PEH-filterrøret ble pakket med sand til ca. 30cm over filteret (

Tabell 23). Foringsrør (stål, 168,3mm diam) står igjen over sandmassene og stikker 0,5m over terreng (for beskyttelse av PEH-røret). Det ble tettet med bentonitt i topp brønnene, mellom foringsrør og filterrør. Lokk over foringsrøret sikrer at nedbør ikke kommer ned i brønnen.

Grunnvannsbrønnene ble tømt samme dag og dagen etter installeringen. Trykkpumper av typen «Gigant» m/pumpeledning, ble installert i hver brønn for å unngå krysskontaminering.

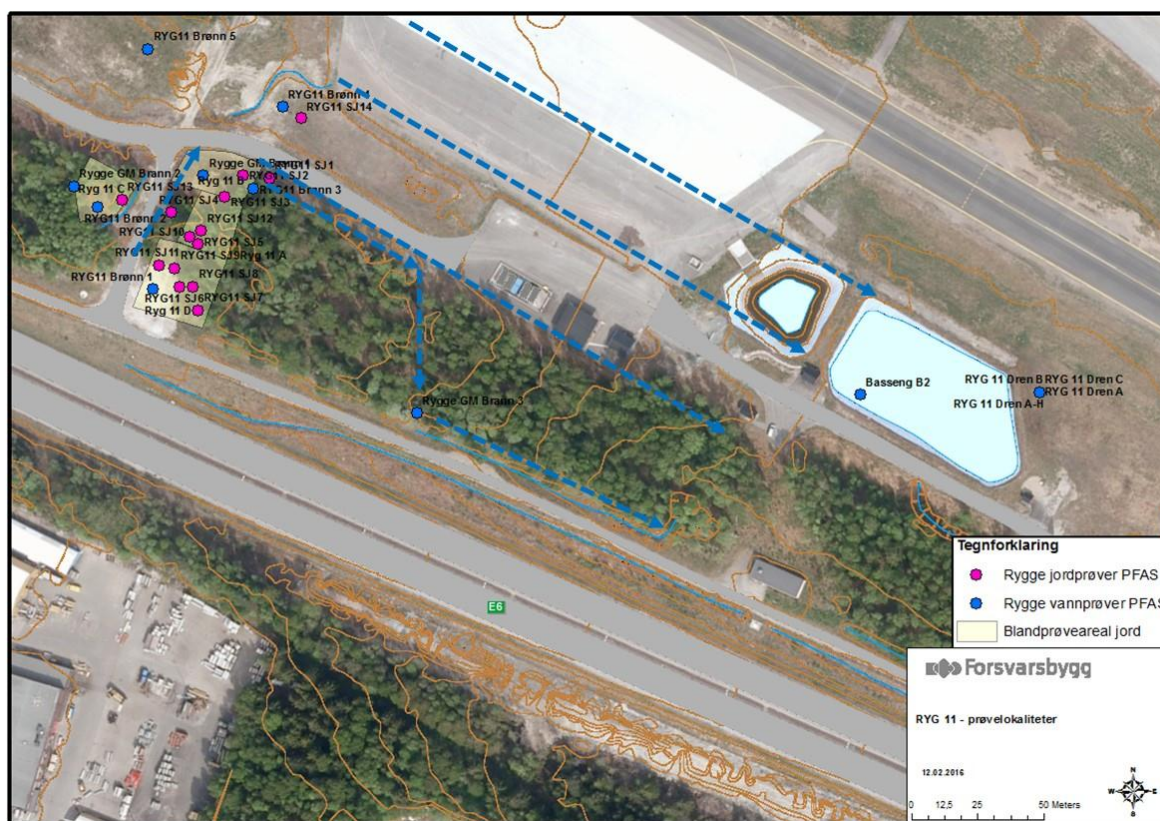
Grunnvannsprøver ble tatt 2 og 5 uker etter brønninstallering (10. og 30.desember 2015, Tabell 24). Pumpa i brønnen ble koblet til et 12V batteri, brønnen ble tømt og prøve ble tatt etter ca. 1 time. Vann-nivå i brønnen ble målt for tømning og før prøvetaking ved hjelp av lyd klokke påmontert målebånd. Vannet i brønnene var stort sett klart, bortsett fra i brønn 1 hvor vannet var blakket (både ved prøvetaking 10. og 30.desember).

Tabell 23: Beskrivelse av grunnvannsbrønner installert ved nedlagt brannøvingsfelt på Rygge 16.november 2015.

Brønn nr	Koordinater (33V)		Dybde (m)	Beskrivelse	Grunnvannstand (cm)*		Kommentar
	Nord	Øst			10.12.2015	30.12.2015	
1	6582933	601889	4	1-3m: løsmasser; 3-4m: leire	87-90	120-120	Blakket vann
2	6582964	601864	3		130-186	122-197	
3	6582974	601923	3		70-71	77-76	
4	6583006	601931	4		53-120	67-150	
5	6583023	601878	4		50-215	47-210	

*Målingene angir høyde fra topp PEH-brønn til grunnvannstand før tømning - før prøvetaking.

Det generelle forurensningsbildet ved det nedlagte brannøvingsfeltet synes klart: PFAS-konsentrasjonene i grunnvann ved den tidligere plattformen (Brønn 1) og nordover fra denne (Brønn 3 og 4) viser at det foregår en spredning nordover fra dette området (Tabell 24). Det er imidlertid overraskende at konsentrasjonene i brønn 4 er så vidt mye høyere enn for eksempel i brønn 3. En vannprøve fra grøft rett vest for brønn 4 inneholdt også som vist svært høye konsentrasjoner av PFAS-forbindelser (Tabell 22) og viser at spredningen av disse forbindelser med grunnvann skjer nordover fra det nedlagte brannøvingsfeltet. Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i grunnvann vestover (Brønn 2 og 5) fra det nedlagte brannøvingsfeltet er langt lavere (Tabell 24).



Figur 13: Prøvelokaliteter jord og vann ved nedlagt brannovingsfelt Rygge Fbystasjon og spredningsveier fra ovingsfeltet mot Grimstadbekken og Vansjø.

Tabell 24: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i grunnvann ved nedlagt brannovingsfelt på Rygge. Prover tatt 10. og 30. desember 2015. Enhet: ng/l.

	GM Bra Brønn 1		GM Bra Brønn 2		GM Bra Brønn 3		GM Bra Brønn 4		GM Bra Brønn 5	
	10.12	30.12	10.12	30.12	10.12	30.12	10.12	30.12	10.12	30.12
6:2FTS	43,6	41,7	< 15,0	< 7,50	293	355	1350	1250	< 15,0	< 7,50
8:2FTS	< 33,3	< 20,0	< 20,0	< 10,0	< 20,0	16,4	< 20,0	32,4	< 20,0	< 10,0
PFBS	225	214	125	90,8	569	635	14800	14800	74,2	57,1
PFBA	64,4	60,9	69,5	61	241	270	1650	1430	42,5	49,3
PFHxS	4070	3800	85,4	66,7	5350	6340	47400	42100	224	156
PFHxA	384	402	328	276	1060	1100	10500	9180	174	153
PFHpS	1780	1860	< 15,0	< 7,50	1000	1300	9630	13000	< 15,0	< 7,50
PFHpA	92	96,7	37	28,2	282	287	1320	1030	20,9	16,9
PFNA	39,2	37,3	< 10,0	< 5,00	43,4	44,2	68	75,5	< 10,0	< 5,00
PFPeA	172	137	117	59,2	529	461	3070	2580	53,6	38,2
PFOS	33900	27000	21,1	14,9	52900	50200	43300	62900	39,2	13,9
PFOA	845	810	21	8,24	649	618	4700	3930	25	19,4
SumPFAS	41700	34400	804	605	63000	61600	138000	152000	653	504

PFAS-forbindelser spres som vist mot Vansjø via grunnvann og drensledninger. Den 30.oktober og 10.desember ble det tatt vannprøver fra drensledninger øst for B2 (Figur 13). Fire drensledninger fører inn i drenskum øst for B2: to rør (20cm) kommer fra vest (A) dvs. fra avisingsområdet/nedlagt brannøvingsfelt, en ledning (40cm) kommer fra nord (B, fra baneområdet) og en ledning (20cm) kommer fra øst (C, innflyvingsområde øst). Vannføringen i drensrørene var størst i rør B og minst i rør A. Ved prøvetakingen 30.oktober kom det kun vann fra ett av rørene fra vest (retning nedlagt brannøvingsfelt).

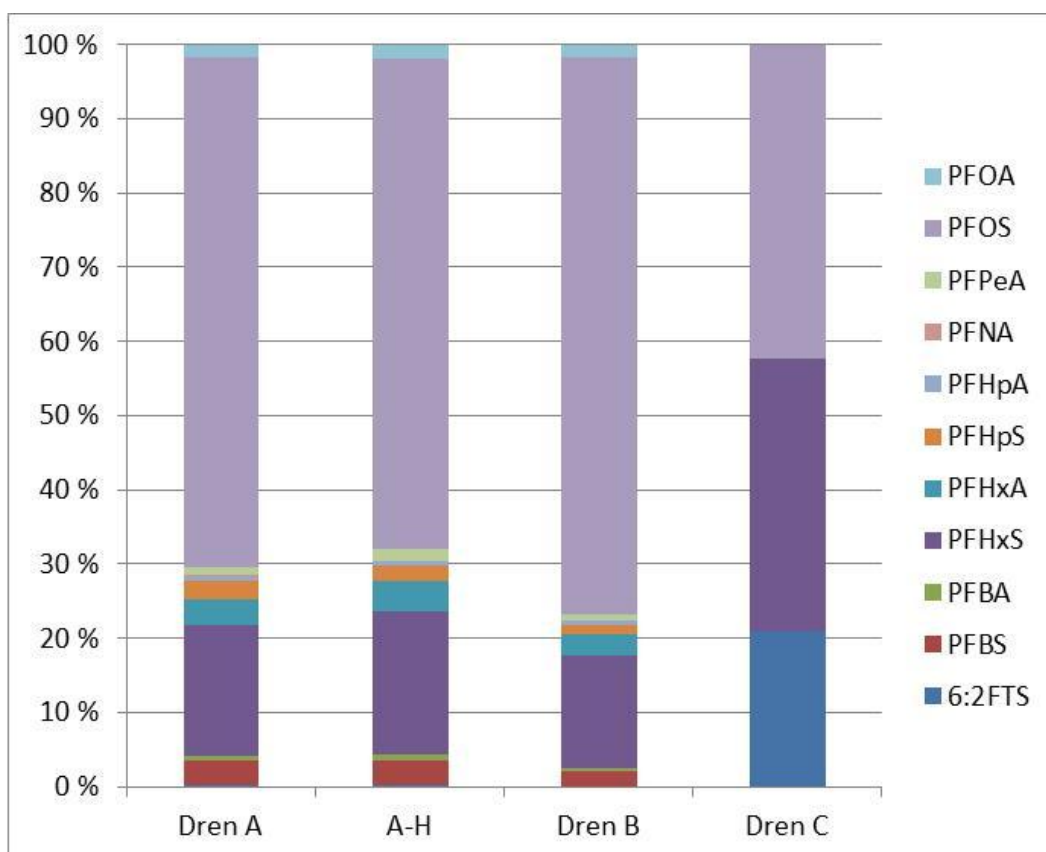
Tabell 25: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i drensvann fra drenskum øst for B2. Prøver tatt 30.oktober og 10.desember 2015. Enhet: ng/l.

	30.10.2015			10.12.2015			
	Dren A	Dren B	Dren C	Dren A	Dren A-H	Dren B	Dren C
6:2FTS	18,1	< 15,0	< 15,0	85,4	72,3	< 15,0	26,1
PFBS	71,8	194	< 15,0	823	691	49,8	< 25,0
PFBA	17,8	36,8	< 10,0	152	148	13,1	< 16,7
PFHxS	620	949	27,8	4630	4150	369	45,5
PFHxA	108	218	< 10,0	905	872	71,2	< 16,7
PFHpS	75	68,8	< 15,0	653	437	27,8	< 25,0
PFHpA	24,4	45,2	< 10,0	153	141	17	< 16,7
PFNA	< 10,0	< 10,0	< 10,0	21,6	< 16,7	< 10,0	< 16,7
PFPeA	50,8	83,2	15,5	304	349	19,8	< 16,7
PFOA	2650	1810	20,8	17900	14100	1830	52,7
SumPFAS	3700	3490	64,1	26100	21400	2440	124
Vannføring (l/sek)	<0,01	0,5	0,1	0,3	0,2	2	0,5

Vannføringen i drensledningene ved prøvetakingene er kun basert på øyemål og tiden som ble brukt til å fylle flaskene (1liter). Det finnes heller ikke full oversikt over drenssystemene som ender i prøvepunkt A-C i kummen, men det er sannsynlig at vann i ledning A er påvirket av utslipp fra det gamle brannøvingsfeltet, ledning B trolig av tidlig brannøvingsaktivitet (dvs før 1970), mens ledning C i liten grad er påvirket av tidligere øvingsaktivitet.

PPOS var den dominerende PFAS-forbindelsen i avrenningen fra området, men også PFHxS ble påvist i relativt høye konsentrasjoner (som i grunnvann fra nedlagt brannøvingsfelt). Konsentrasjonene i drensrør B og C var relativt like ved de to tidspunktene, mens konsentrasjonene i Dren A var mye høyere 10.desember sammenlignet med 30.oktober (Tabell 25).

Den prosentvise sammensetningen av PFAS forbindelser i vann fra drensledning A og B er relativt like, mens drenering fra området mot øst (Dren C) har en annen sammensetning (Figur 14).



Figur 14: Prosentvis sammensetning av PFAS forbindelser i drensvann fra drenerør i drenskum øst for oppsamlingsbasseng B2.

5.10.5 OPPSUMMERING RYG 11

Jord på det nedlagte brannøvingsfeltet er stedvis sterkt forurensset med PFAS-forbindelser. PFOS utgjør nærmere 100% av forbindelsene som er kvantifisert i jord på området.

Grunnvannsnivået i området er 0,5-1m og grunnvannet inneholder til dels høye konsentrasjoner PFAS-forbindelser. Det forurensede grunnvannet spres nordøstover fra området via glykol pumpeledning som ligger i vei nordvest for området, via grunnvann som siger mot nord og deretter østover via drenerledninger. Drensvann fra området ledes i avisingssesongen til kommunalt nett, ellers i året til Grimstadbukta.

5.11 JORDBRUKSOMRÅDER OG DRIKKEVANN NORD FOR RYGGE FLYSTASJON (RYG 12)

5.11.1 JORDPRØVER

Bruk av brannskum til øvingsaktivitet fører til spredning via luft. Prøver av jord rundt dagens brannøvingsfelt (kap. 6) viser dette, samt mange andre undersøkelser gjennomført ved brannøvingsfelt (for eksempel Amundsen m.fl. 2008). For å få et innblikk i om brannøvingsaktiviteten og generell bruk av skum inne på det militære området har medført et forhøyet bakgrunnsnivå i jord bl.a. på dyrket mark utenfor området, ble det tatt to overflateprøver (0-10cm) på dyrket mark nord for flystasjonen. Området ved Fredskjær Østre ble tatt nære Fredskjærbecken nord for Flyplassveien, mens Utne Østre lå like utenfor gjerdet, øst for overvåkingpunkt Fredskjær 4.

Det ble ikke påvist PFAS-forbindelser i konsentrasjoner over påvisningsgrensene i jordprøvene (Tabell 26) og indikerer at det ikke er påviselige konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i dyrket jord nær Rygge Flystasjon.

Tabell 26: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i overflatejord (0-10cm) ved gårdene Fredskjær Østre og Utne Østre. Enhet: $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv.

	22.09.2015	22.09.2015
Prøvereferanse	Fredskjær Østre	Utne Østre
6:2 FTS	< 2,9	< 3,3
8:2 FTS	< 3,9	< 4,5
PFBS	< 2,9	< 3,3
PFBA	< 1,9	< 2,2
PFDS	< 2,9	< 3,3
PFDeA	< 1,9	< 2,2
PFDaA	< 1,9	< 2,2
PFHxS	< 2,9	< 3,3
PFHxA	< 1,9	< 2,2
PFHpS	< 2,9	< 3,3
PFHpA	< 1,9	< 2,2
PFNA	< 1,9	< 2,2
PFOSA	< 1,9	< 2,2
PFPeA	< 1,9	< 2,2
PFTA	< 1,9	< 2,2
PFTTrA	< 1,9	< 2,2
PFUnA	< 1,9	< 2,2
PFOS	< 1,9	< 2,2
PFOA	< 1,9	< 2,2
Sum PFAS	ND	ND

5.11.2 DRIKKEVANN

Området nord for Rygge Flystasjon består av dyrket mark som er fordelt på flere gårder: Søgård Østre og Vestre, Utne Østre, Søndre og Nordre og Fredskjær Østre og Vestre. Blant disse gårdene har Fredskjær Østre og Vestre egne grunnvannsbrønner for drikkevann, noe som også gjelder for eiendommene Sandli og Fredskjærhagen. 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 (Tabell 27).

Tabell 27: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i drikkevannsbrønner fra fire gårder og busstasjoner nord for Rygge Flystasjon. Enhet: ng/l.

	22.09.2015	22.09.2015	22.09.2015	22.10.2015
Enhet	Fredskjær Østre	Sandli	Fredskjærhagen	Fredskjær Vestre
6:2 FTS	< 7,5	< 7,5	< 7,5	< 7,5
8:2FTS	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
PFBS	< 7,5	< 7,5	< 7,5	< 7,5
PFBA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFDS	< 7,5	< 7,5	< 7,5	< 7,5
PFDeA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFDoA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFHxS	< 7,5	< 7,5	< 7,5	< 7,5
PFHxA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFHpS	< 7,5	< 7,5	< 7,5	< 7,5
PFHpA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFNA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFOSA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFPeA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFTA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFTTrA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFUnA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFOS	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
PFOA	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Sum PFAS	ND	ND	ND	ND

5.11.3 BEKKEVANN TIL VANNING AV DYRKET MARK

I Fredskjærbekken, like nedenfor prøvepunkt Fredskjærbekken 5-I, II, ligger et rørsystem for uttak av vann fra bekken. Rørene er i dag ikke koblet til noe vanningsystem og ifølge dagens eier av gården Fredskjær Østre er anlegget aldri brukt til vanning. Basert på analyseresultater av jord og drikkevann (grunnvann) i området, er det grunn til å anta at en eventuell bruk av bekkevann til vanning av jord i området ikke har ført til påviselig forurensning av PFAS-forbindelser.

5.11.4 OPPSUMMERING DYRKET MARK OG DRİKKEVANN

Selv om prøvematerialet er lite, har Forsvarsbygg konkludert med at dyrket mark og grunnvann brukt til drikkevann i området ikke er påvirket av bruk av brannskum på Rygge Flystasjon. Forsvarsbygg har derfor ikke funnet grunn til å undersøke dette videre ved å ta flere overflateprøver i området eller flere prøver av grunnvann ved de fire eiendommene.

5.12 ØVINGSOMRÅDE VED TAKSEBANE SØRØST (RYG 15)

Det ble ikke påvist PFAS-forbindelser i jord tatt ved dette området (RYG 15 30cm, *Tabell 28*). Vannprøven (RYG15 Dren) tatt i dremskummen på stedet inneholdt spor inneholdt PFPeA og PFOS, men i relativt lave konsentrasjoner.

Resultatene indikerer at dette området bidrar lite til PFAS-forurensning av dremsystemet ved flyplassen. Lokaliteten følges derfor ikke opp videre med ytterligere prøvetaking.

Tabell 28: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord tatt ved øvingsområde ved taksebane.

	09.09.2015	09.09.2015
	Ryg 15 30cm	RYG 15 Dren
6:2 FTS	< 3,2	< 15,0
8:2FTS	< 4,3	< 20,0
PFBS	< 3,2	< 15,0
PFBA	< 2,2	< 10,0
PFDS	< 3,2	< 15,0
PFDeA	< 2,2	< 10,0
PFDoA	< 2,2	< 10,0
PFHxS	< 3,2	< 15,0
PFHxA	< 2,2	< 10,0
PFHpS	< 3,2	< 15,0
PFHpA	< 2,2	< 10,0
PFNA	< 2,2	< 10,0
PFOSA	< 2,2	< 10,0
PFPeA	< 2,2	25,4
PFTA	< 2,2	< 10,0
PFTTrA	< 2,2	< 10,0
PFUnA	< 2,2	< 10,0
PFOS	< 2,2	28,4
PFOA	< 2,2	< 10,0
Sum PFAS	ND	53,8

5.13 UTSLIPP SKUM VED HANGAR 14 (RYG16)

15.13.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDET OG AKTIVITET

I forbindelse med en oljelekkasje ved Hangar 14 (*Figur 15*) ble et område ved oljetanken skumlagt. Oljetanken er plassert ved det sørøstre hjørnet av Hangar 14 og skum har rent over vei/taksebane og ut på grasområdet sør for denne.

15.13.2 JORDPRØVER

Det ble tatt 4 jordprøver på området 9.september 2015: ved utslippsstedet like utenfor hangaren ble det tatt en overflateprøve (C, 0-10cm) og en prøve fra dypere lag (C, 30cm). På andre siden av taksebanen ble tilsvarende prøver tatt (A, 0-10cm og 30cm) (Figur 15).

Jord nærmest Hangar 16 (C) inneholdt ca. 30 µg PFOS/kg tv, mens jordprøvene på andre siden av taksebanen inneholdt 4 (0-10cm) og 8 (30cm) µg/kg tv. Konsentrasjonene av PFOS i jorda viser at det har vært et utslipp på stedet og at noe skum er transportert over taksebanen. Massene like utenfor Hangar 16 inneholdt en del stein og som ellers på Rygge var spredningsforholdene nedover i jordprofilen på begge prøvepunktene gode (sandige masser). Rester av det som ligger igjen på området strømmer mot Svartbekken.

Tabell 29: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jordprøver ved Hangar 14, Rygge Flystasjon. Enhet: µg/kg tv.

	RYG16 A 0-10cm	RYG16 A 30cm	RYG16 C 0-10cm	RYG16 C 30 cm
6:2 FTS	< 3,4	< 3,6	< 3,4	< 3,4
8:2FTS	< 4,5	< 4,9	< 4,6	< 4,6
PFBS	< 3,4	< 3,6	< 3,4	< 3,4
PFBA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFDS	< 3,4	< 3,6	< 3,4	< 3,4
PFDeA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFDaA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFHxS	< 3,4	< 3,6	< 3,4	< 3,4
PFHxA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFHpS	< 3,4	< 3,6	< 3,4	< 3,4
PFHpA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFNA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFOSA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	3,9
PFPeA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFTA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFTTrA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFUnA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
PFOS	4,3	8	29,3	31,9
PFOA	< 2,3	< 2,4	< 2,3	< 2,3
Sum PFAS	4,3	8	29,3	35,9



Figur 15: Oversikt over området ved Hangar 14 (RYG 16) (Ryg 16 a, c) og området ved RYG6 (PA3 a og B).

15.13.3 OPPSUMMERING RYG16

Utslipet ved Hangar 16 har ført til PFAS-forurensning av jord i området, også trolig noe utlekking til Svartbekken. Konsentrasjonene i jord er så vidt lave sett i forhold til de konsentrasjonene som finnes ved andre punktkilder på flystasjonen (brannøvingsfeltene, brannstasjonen, utslipp ved tønnelager), at bidraget fra utslippet til den totale PFAS-transporten til Vansjø ansees som liten eller ubetydelig. Videre kartlegging på området prioriteres derfor ikke.

15.14 FREDSKJÆR MASSEDEPONI (RYG17)

15.14.1 BESKRIVELSE AV OMRÅDET OG AKTIVITET

Nordvest for gården Fredskjær Vestre er det etablert et massedeponi for rene masser. Deponiet har vært i bruk siden 1990-tallet og administreres av entreprenør Lyshaugen AS. Området er en del av gården Fredskjær Vestre (grunneier). Deponiet er godkjent av Fylkesmannen i Østfold som et deponi for rene masser.

Deponiet er stort og dekker et areal på ca. 17 daa og sigevann fra deponiet går til en dam i nord, mot Kapteinsbekken. Dammen har en gulbrun farge, mest sannsynlig som følge av jernutfellinger. Vannet i dammen pumpes urensset til Kapteinsbekken.

15.14.2 VANNPRØVER

Det ble tatt en prøve 17.november 2015 av vann som pumpes ut fra dammen i bunnen av deponiet og til Kapteinsbekken.

Sigevannet inneholdt 246 ng PFAS/l, hvorav ca. 50% av dette var PFOS. De resterende komponentene var 6:2FTS, PFHxS og PFPeA (Tabell 30).

Pumpehastigheten var ikke stor, anslagsvis 0,5liter/sek, slik at den totale mengden PFAS-forbindelser som pumpes til bekken er liten. En stikkprøve er imidlertid for lite til å si noe om den årlige transporten fra deponiet.

Tabell 30: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i sigevann fra Fredskjær massedeponi. Prøve tatt 17.november 2015. Enhet: ng/l.

	RYG17 Massedeponi Fredskjær
6:2 FTS	49,2
8:2FTS	< 33,3
PFBS	< 25,0
PFBA	< 16,7
PFDS	< 25,0
PFDeA	< 16,7
PFDaA	< 16,7
PFHxS	47,8
PFHxA	< 16,7
PFHpS	< 25,0
PFHpA	< 16,7
PFNA	< 16,7
PFOSA	< 16,7
PFPeA	32,1
PFTA	< 16,7
PFTrA	< 16,7
PFUnA	< 16,7
PFOA	< 16,7
PFOS	117
Sum PFAS	246

15.14.3 OPPSUMMERING MASSEDEPONI FREDSKJÆRBEKKEN RYG17

Det er kjent at store mengder jord ble flyttet fra Flyplassområdet til massedeponiet i forbindelse med utbyggingen av Rygge sivile lufthavn (RSL). Masser fra et større område nordvest for det gamle brannøvingfeltet (RYG11) ble blant annet transportert hit og det er sannsynlig at disse massene i dag bidrar til PFAS-utlekkingen fra deponiet. Massene i deponiet har stedvis en mektighet på nærmere 15 meter, slik at prøvetaking av massene har liten hensikt. Masser som hittil er fjernet fra sterkt forurensete områder (RYG11 Nedlagt brannøvingfelt), er transportert til godkjent mottak (i 2010). Massene på Fredskjær massedeponi som kommer fra Rygge Flystasjon, er derfor mindre forurenset enn masser fra kjente punktkilder på Flystasjonen. Forurensingen skyldes trolig generell beredskaps- og øvingsaktivitet på flyplassområdet gjennom 60 år og som har forurenset masser som er flyttet til deponiet.

Selv om det ikke er kjent hvor store deler av massene på deponiet som kommer fra områder påvirket av brannskum og heller ikke hvor disse massene er plassert på deponiet, bekrefter funnene av PFAS-forbindelser i sigevannet at deponering, uten noen form for behandling eller tildekking, fører til mobilisering og utlekking av disse forbindelsene.

Kvaliteten på sigevannet fra deponiet må følges opp gjennom flere runder med prøvetaking i 2016 og bedre kontroll på/måling av mengdene sigevann som pumpes til Kapteinsbekken.

5.15 ØVING PÅ SØRØSTLIGE DELER AV OMRÅDET (RYG18)

Ifølge opplysninger fra veteraner på brannstasjonen ble som vent et område i sør (dvs. sørøst) brukt til brannøving før 1975 da det nå nedlagte øvingsfeltet ble etablert (RYG11). I rapporter laget i forbindelse med kartlegging og sanering av dette feltet er det nevnt at tidlig øving på området foregikk ved «H5». Så langt har det ikke lyktes å finne ut hvor dette er. Hangar H ligger i den østre delen av området, koordinat H5 ligger også i øst, helt ned mot Grimstadbukta.

Det har ikke vært kapasitet i prosjektet til å jobbe videre med disse opplysningene. Personer som har opplysninger om tidlig aktivitet skal imidlertid fortsatt være i systemet, slik at det trolig er mulig å bestemme nærmere hvor denne øvingsaktiviteten har funnet sted. 40 år er imidlertid lang tid og bare en presis påvisning av hvor øvingsområdet har vært kan gi en tiltaksbasert kartlegging av området. Opplysninger kan tyde på at øvingsområdet ligger under dagens flystripe.

5.16 SKUMLEGGING AV RULLEBANEN I FORBINDELSE MED NØDLANDINGER (RYG19)

Ved minst to anledninger de siste 30 årene er deler av flystripa skumlagt i forbindelse med nødlandinger på Rygge Flystasjon. Store mengder skum er mao brukt over et stort område. I hvilken grad denne skumbruken forurenser bekkene og spillvannsystemet ved flyplassen i dag er vanskelig å si på bakgrunn av de prøvene som er tatt. Basert på PFAS-funn i avrenning fra tette flater bl.a. ved brannstasjonen, kan det antas at en så omfattende bruk av skum som en slik skumlegging er, fortsatt bidrar til et forhøyet bakgrunnsnivå i drens- og overvann på området.

5.17 SKUMLEGGING AV OLJEUTSLIPP HANGAR D/E (RYG20)

Et oljeutslipp på et område ved Hangar D/E ble engang i perioden 2001-2006 skumlagt. Omfanget av oljeforurensningen og bruk av skum er ikke kjent. Avrenningen fra området går til kulvertsystem ved RYG 5.

5.18 TILFELDIG ØVING PÅ FLYPLASSOMRÅDET, FORHØYET BAKGRUNNSNIVÅ (RYG21)

Tilfeldige observasjoner gjort på flyplassområdet siden 2012, da fokuset på PFOS/PFAS ble intensivert, viser at skumrester med disse stoffene vil finnes mange steder på området. Beredskapsarbeidet omfatter daglige utrykninger til ulike deler av flyplassområdet, også til områder som ikke er nevnt spesielt her. Beredskapsarbeid gjennom flere tiår har ført til et «bakgrunnsnivå» i avrenningen fra området som ligger i området 50-100 ng PFOS/l eller 100-200 ng PFAS/l.

5.19 BRUK AV BRANNSKUM VED FLYOPPSTILLING VEST (AIM-TOMTA) (RYG 22)

I forbindelse med kartlegging av forurensninger i jord ved AIM-tomta, nordvest på Rygge Flystasjon, ble det påvist PFAS-forbindelser i 2-3 prøver. PFAS-konsentrasjonene i prøvene er ikke kjent, men funn av PFAS i dette området stemmer godt med funn av PFAS-forbindelser i grøft like ved brønn 12.

Resultatene fra undersøkelsen (foreløpig rapport februar 2016) vil bli fulgt opp i det videre arbeidet.

6. DAGENS BRANNØVINGSFELT (RYG 9)

6.1 INNLEDNING

Kartleggingen av PFAS-forbindelser i jord, grunnvann og drensvann startet i 2012 og har pågått mer eller mindre kontinuerlig siden da. I 2012 ble det fokusert mye på prøvetaking av jord for å fastslå utbredelsen av PFAS-forurensninger ved og rundt øvingsfeltet. Også prøver av grunnvann, drensvann og vann fra Svartbekken ble tatt. Analyseresultatene viste at området var sterkt forurensset med PFAS-forbindelser og at det foregikk en kontinuerlig transport av forbindelsene til Svartbekken og ut i Vansjø.

Et renseanlegg, basert på naturlig rensing i et luftet fordrøyningsbasseng, og deretter ulike filtervarianter (deriblandt granulert aktivt karbon, GAC), ble prosjektert og bygget høsten 2012. Anlegget ble startet i januar 2013.

Mye av arbeidet som ble gjennomført til og med 2013 og som har vært knyttet til PFAS-forbindelser ved Rygge Flystasjon og brannøvingsfeltet spesielt, er rapportert tidligere (Amundsen og Engelstad 2013; Amundsen og Frøyland 2014; Bjølseth 2012).

Nedenfor gis en oppsummering av arbeidet som er gjort for å kartlegge forurensninger i jord og vann og for å kvantifisere forurensningstransporten fra området.

6.2 JORDPRØVER FRA OMRÅDET RUNDT ØVINGSFELTET

Det er som nevnt tatt prøver fra sjakter ned til 2-3m, overflateprøver (0-10cm) og prøver ved 30cm dybde på området. Alle prøvepunkter samlet viser at området rundt selve øvingsplattformen er best kartlagt (Figur 16), mens de øvrige områdene har lavere tetthet av prøver.

Overflateprøver og prøver fra 30cm tatt nord og sør for brannøvingsfeltet høsten 2015 viser at PFOS er høyere enn 6:2FTS i alle prøver og utgjør 50-100% av PFAS-forbindelsene i jordprøvene (Tabell 31). Det er også en klar tendens til at konsentrasjonsnivåene er høyere i overflateprøvene (0-10cm) enn ved 30cm. Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser avtar med økende avstand til brannøvingsfeltet. Dette kan skyldes at transporten av forbindelsene med luft blir mindre med økende avstand fra øvingsplattformen.

Resultatene viser at det finnes PFAS-forbindelser i jord opptil 100 meter fra øvingsfeltet. Utlekking til grunnvann og drenssystemene i området foregår således over et stort område (diffus spredning).

Analyseresultatene fra sjaktene er ikke vist her, men disse er brukt for å kvantifisere PFAS-forurensningene ved øvingsfeltet (Bjølseth 2012).

Tabell 31: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i jord tatt ved brannøvningsfeltet i 2015. Prøvepunkter er vist i Figur 16.

Dato		Prøvenavn	6:2 FTS	8:2FTS	PFHxS	PFHxA	PFHpA	PFNA	PFOSA	PFPeA	PFUnA	PFOS	PFOA	Sum PFAS
20.10.	Sør for brannøvningsfelt	Øving A 0-10	92,6	62,6	< 3,7	4,3	< 2,5	4,6	26,3	4,1	3,1	360	< 2,5	562
20.10.		Øving A 30cm	128	< 4,4	< 3,3	4,4	< 2,2	2,9	< 2,2	3,6	< 2,2	221	2,8	363
20.10.		Øving B 0-10	< 3,5	< 4,6	< 3,5	< 2,3	< 2,3	< 2,3	10,5	2,9	< 2,3	67,2	< 2,3	80,7
20.10.		Øving B 30cm	< 3,1	< 4,1	< 3,1	< 2,1	< 2,1	< 2,1	< 2,1	< 2,1	< 2,1	< 2,1	< 2,1	ND
20.10.		Øving C 0-10cm	< 3,5	< 4,6	< 3,5	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	ND
20.10.		Øving C 30cm	< 3,4	< 4,6	< 3,4	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	ND
20.10.		Øving D 0-10cm	5,3	< 4,1	< 3,1	2,9	< 2,1	< 2,1	2,6	3,9	< 2,1	72,1	< 2,1	86,7
20.10.		Øving D 30cm	< 3,7	< 5,0	< 3,7	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	ND
20.10.	Nord for brannøvningsfelt	PA3 0-10	3,5	< 4,6	< 3,5	< 2,3	< 2,3	< 2,3	3,6	< 2,3	< 2,3	27,6	< 2,3	34,7
2.10.		Jord A 0-10	7,2	< 4,8	< 3,6	2,4	< 2,4	< 2,4	< 2,4	4,2	< 2,4	17,7	< 2,4	31,5
5.10.		Jord A 30 cm	< 3,1	< 4,2	< 3,1	2,8	< 2,1	< 2,1	< 2,1	2,6	< 2,1	< 2,1	< 2,1	5,3
2.10.		Jord B 0-10cm	6,8	< 4,5	< 3,4	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	2,8	< 2,3	25,9	< 2,3	35,4
30.10.		Jord B 30 cm	< 2,92	< 3,90	< 2,92	2,22	< 1,95	< 1,95	< 1,95	2,61	< 1,95	4,48	4,48	9,3
2.10.		Jord C 0-10cm	61,7	7,4	4,1	9,7	< 2,4	< 2,4	6,5	16,9	< 2,4	235	2,5	344
5.10.		Jord C 30 cm	< 3,4	< 4,5	6,7	9	4,9	< 2,2	< 2,2	10	< 2,2	117	4,2	152
2.10.		Jord D 0-10cm	10,1	< 4,2	< 3,2	4,9	2,4	< 2,1	< 2,1	10,7	< 2,1	22,7	< 2,1	50,8
5.10.		Jord D 30 cm	11,9	< 4,3	< 3,2	< 2,1	< 2,1	< 2,1	< 2,1	2,1	< 2,1	184	< 2,1	198

6.3 SPREDNING AV PFAS-FORBINDELSER FRA BRANNØVINGSFELTET

Undersøkelser vedrørende spredning av PFAS-forbindelser til Vansjø fra Rygge Flystasjon har i perioden 2012-2015 fokusert på området rundt brannøvingsfeltet (Figur 17) og spredning til Svartbekk. Nærmere kartlegging og prøvetaking av avrenning i området viser at det er minst tre transportveier av grunnvann ut fra dette området:

Grunnvann fra steinfylling under brannøvingsfeltet (I, Figur 17). Dette renner ut gjennom via to drensledninger som begge leder til renseanlegget ved brannøvingsfeltet.

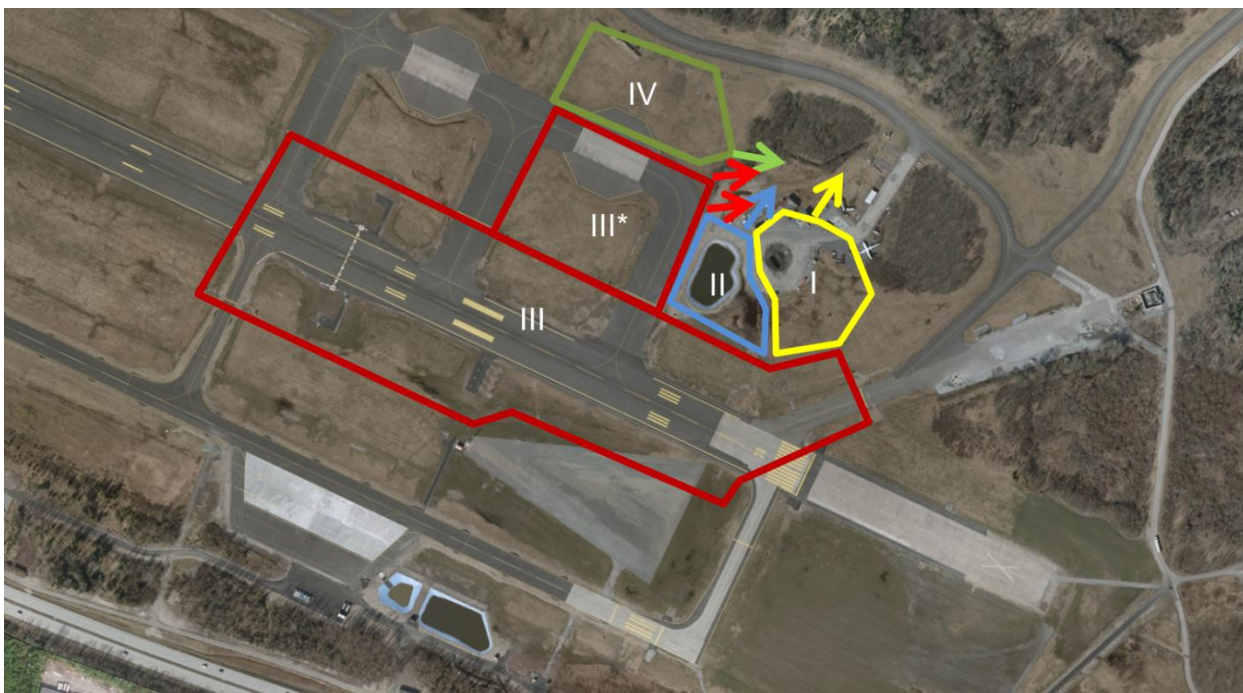
Grunnvann fra området rundt Basseng 3 (II, Figur 17) ledes til kulvertsystemet som utgjør starten på Svartbekken.

1. Grunnvann fra området sør og sørvest for brannøvingsfeltet drenerer til kulvertsystemet som utgjør starten på Svartbekken (III, Figur 17). Området består av taksebaner og arealer rundt disse og trolig drenerer noe av sumpområdet sør og sørvest for brannøvingsfeltet denne veien. Det er mulig den nordlige delen av drensområde III (egen rød rute, III*) har eget drenssystem som ledes direkte til lagune og har utløp like ved drensområde IV.
2. Grunnvann/drensvann fra området nordvest for brannøvingsfeltet (IV, Figur 17). Vann herfra ledes inn i lagune like nord for renseanlegget og til Svartbekk.

Området rundt takse- og rullebaner utgjør det største drensområdet for start Svartbekken, mens avrenningen fra brannøvingsfeltet utgjør ca. 13% av totalavrenningen i området.

Tabell 32: Arealer og årlig midlere avrenning for drensområder rundt brannøvingsfeltet på Rygge Flystasjon. I beregningene er årlig midlere avrenning lik 16 l/sek/km² benyttet (<http://atlas.nve.no/SilverlightViewer/?Viewer=NVEAtlas>).

		Areal	Avrenning
Drensområde	Figur 17	m2	l/sek
Brannøvingsfelt	I	16000	0,3
Fordrøyningsbasseng 3	II	9000	0,2
Områder ved takse- og rullebaner	III	68000	1,1
	III*	27000	0,4
Nordvest for brannfelt	IV	18000	0,3



Figur 17: Drensområder som utgjør starten på Svartbekken. Det er kun grunnvann fra drensområde I som i dag ledes igjennom renseanlegget.

Nedenfor gis en gjennomgang av analyseresultater og beregninger av transporten av PFAS-forbindelser via de ulike drensveiene.

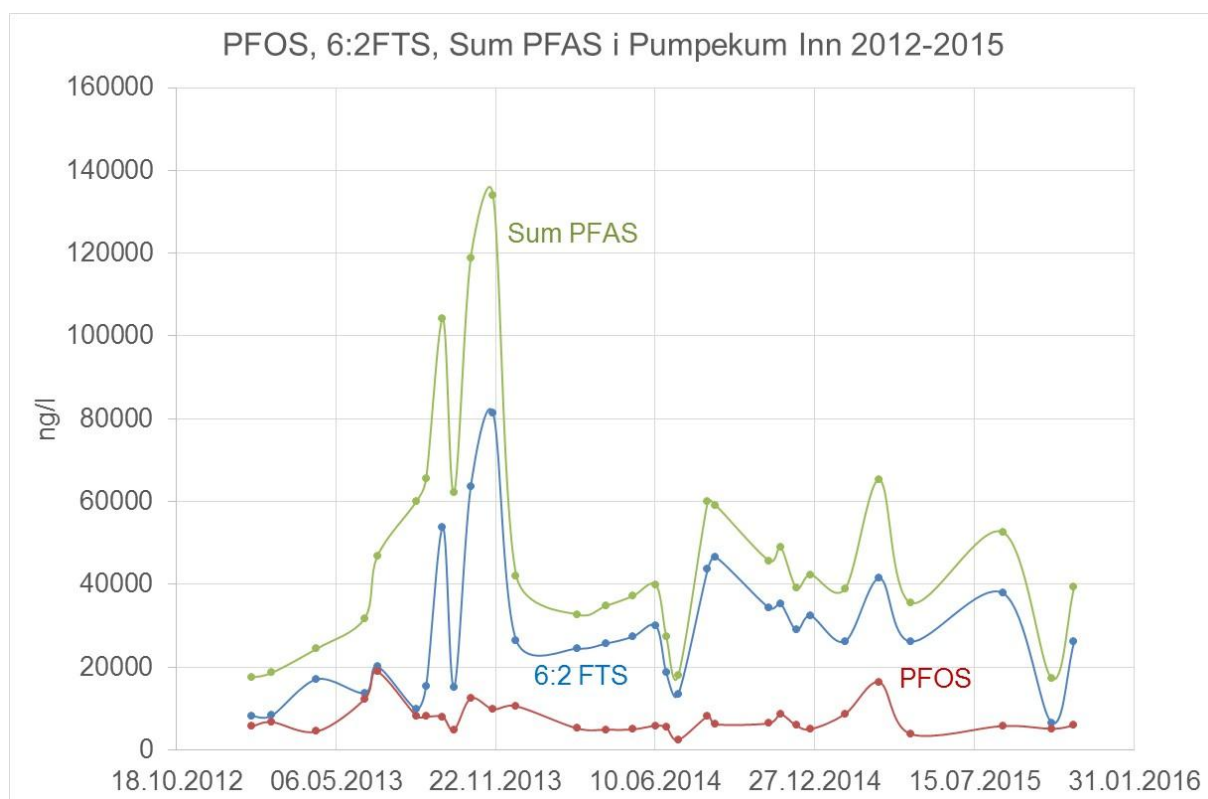
6.3.1 GRUNNVANN FRA BRANNØVINGSFELTET (DRENSOMRÅDE I)

Grunnvannet fra brannøvingsfeltet renner ved selvfall inn i pumpekum 1 (Pumpekum Inn). Herfra er det tatt regelmessige prøver i forbindelse med dokumentasjonen av renseeffekten for renseanlegget. Gjennomsnittlig vannføring inn i pumpekummen er ca. 0,5l/sek.

Konsentrasjonene av sum PFAS-forbindelser og PFOS har i perioden januar 2013-desember 2015 avtatt noe, mens trenden er motsatt for 6:2FTS (Figur 18).

Vann fra Pumpekum Inn pumpes til rensebassenget hvor det luftes og pumpes videre til kullfilteret. Vannprøver tas samtidig i Pumpekum Inn og ut fra kullfilteret (GAC Ut) – differansen mellom disse definerer renseeffekten for anlegget (Figur 19). Nytt kullfilter gir en høy rensegrad (100%), men renseeffekten avtar relativt raskt. Spesielt var dette tilfelle før luftere ble montert i rensebassenget sommeren 2013. Lufterne førte til en høyere rensegrad både fordi luftingen fjernet noe Fe, Mn, TOC, oljeforbindelser, formiat og glykol (biologisk nedbrytning) og fordi PFAS-forbindelser ble adsorbert i slammet som ble generert. Luftingen, samt oljelenser (med siltgardin) og to steinsjateer til tross, renseanlegget har ikke fjernet mer enn 50-60% av PFOS fra grunnvannet.

Da vannprøvene inn og ut av renseanlegget ikke er tatt med regelmessige mellomrom og vannføringen ved prøvetidspunktene ikke er målt nøyaktig, er det ikke mulig å beregne et nøyaktig gjennomsnitt for renseeffekten ved anlegget. Middelverdien av beregnet renseeffekt for hvert enkelt tidspunkt er dermed det beste estimatet for hvordan renseanlegget har fungert (Tabell 33).



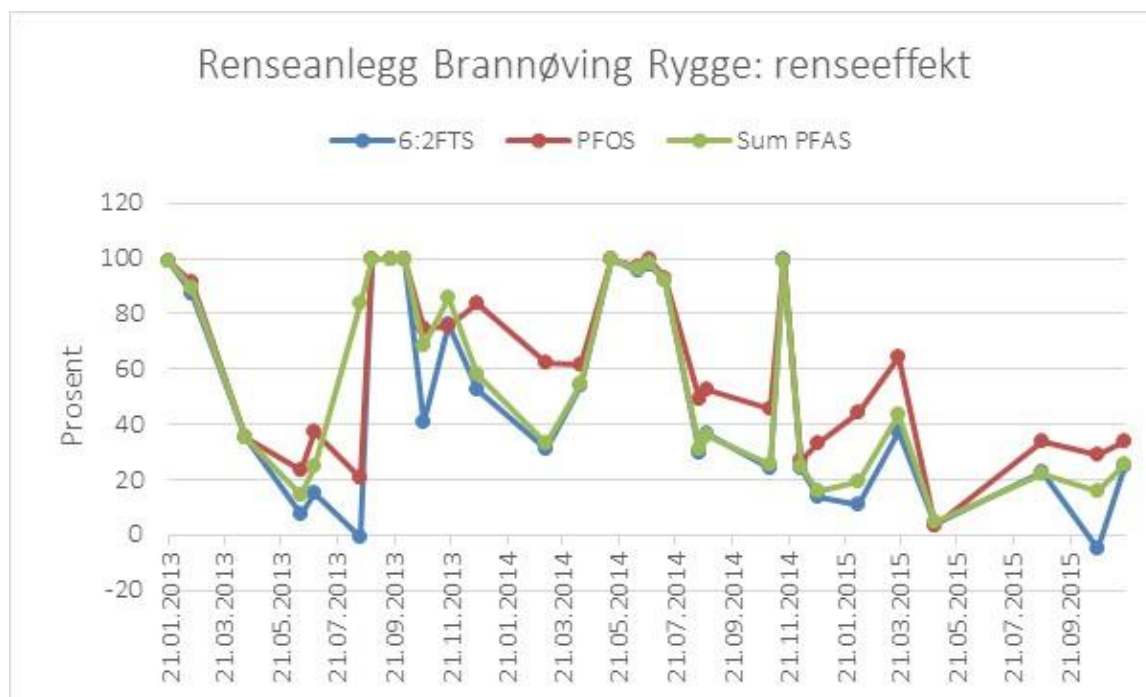
Figur 18: Konsentrasjoner av PFOS, 6:2FTS og Sum PFAS i grunnvann som renner inn i renseanlegg ved brannøvingsfeltet på Rygge (prøvepunkt Pumpekum Inn).

Renseeffekten for PFOS, 6:2FTS, sumPFAS og PFOA var 50-60%, mens den for PFBS og PFHx/HPA var noe lavere (ca. 30-40%). Med unntak av PFDA (C10) er det en tendens til at renseeffekten avtar med kortere kjedelengde.

Det er tydelig at det skjer prosesser i rensebassenget som har betydning for renseeffekten ved anlegget. Luftingen er imidlertid ikke nok for å opprettholde en høy rensegrad for PFAS-forbindelser. Mer effektiv fjerning av Fe, Mn og TOC er nødvendig fordi GAC-filteret relativt raskt mettes og sorpsjonen av PFAS-forbindelser reduseres eller opphører. GAC-filteret har ikke på noe tidspunkt gått tett.

Tabell 33: Gjennomsnittlig renseeffekt basert på differansen mellom konsentrasjoner i Pumpekum Inn (urenset grunnvann) og etter rensing (ut fra kullfilteret, GAC Ut).

Parameter	Renseeffekt % (2013-2015)
6:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	50
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	33
Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	50
Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	62
Perfluorheksansyre (PFHxA)	36
Perfluorheptansyre (PFHpA)	38
Perfluoroktansyre (PFOA)	54
Perfluornonansyre (PFNA)	49
Perfluordekansyre (PFDA)	35
Sum PFAS	57
Total organisk karbon	15
Jern (Fe)	39
Mangan (Mn)	21
Formiat	27
Propylenglykol	5



Figur 19: Renseeffekt (%; y-akse) for renseanlegg ved brannøvingfelt på Rygge i perioden januar 2013-november 2015 for PFOS, 6:2FTS og sumPFAS.

6.3.2 OMRÅDER SOM DRENERER TIL BASSENG 3 (DRENSOMRÅDE II) OG DRENSOMRÅDE III

Fordrøyningsbasseng 3 (B3) som ligger like ved brannøvingsplattformen (Figur 16), har egen drenering som føres til Svartbekken (areal ca. 9daa, vannføring 0,2 l/sek). Dreneringen rundt bassenget samler trolig opp avrenning (øvingsvann og brannskum) som ikke fanges opp av øvingsplattformen og membran.

Sammensetningen av drensvannet er tydelig påvirket av PFAS-forbindelser, med 6:2 FTS som den dominerende forbindelsen (50-70%). Påvirkningen fra dagens brannøvings synes derfor klar. PFOS utgjør 20-25% av PFAS-forbindelsene i dette drensvannet (Tabell 34). Dette er en større andel PFOS enn det som har vært i brannskummet siden 2007, slik at betydelige mengder PFOS eller «PFOS-forløpere» finnes i løsmassene på brannøvingsfeltet. En annen forklaring på at innholdet av PFOS i avrenningen er så vidt høyt kan være at det finnes en betydelig mengde PFOS-forløpere i skummet som ble brukt fram til høsten 2014.

Tabell 34: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser, TOC, Fe, Mn, formiat og propylenglykol i drensvann fra sørlige deler av flyplassområdet på Rygge Flystasjon.

	Enhet	18.12.2013	04.03.2014	31.10.2014	14.11.2014
6:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	ng/l	11000	11300	6670	4230
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l	78,5	49,3	< 25,0	< 7,5
Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	ng/l	706	540	74	83,1
Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	ng/l	3600	4060	2150	2000
Perfluorheksansyre (PFHxA)	ng/l	976	646	2070	1680
Perfluorheptansyre (PFHpA)	ng/l	310	201	564	492
Perfluoroktansyre (PFOA)	ng/l	225	206	74	70,5
Perfluornonansyre (PFNA)	ng/l	38,6	44,3	18,7	18,2
Total PFAS	ng/l	16900	17000	11600	8580
Total organisk karbon (TOC)	mg/l	210	i.a.	i.a.	i.a.
Jern (Fe)	µg/l	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Mangan (Mn)	µg/l	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Formiat	mg/l	39,3	i.a.	i.a.	i.a.
Propylenglykol	mg/l	210	i.a.	i.a.	i.a.

6.3.3 OMRÅDER NORDVEST FOR BRANNØVINGSFELT (DRENERINGSOMRÅDE IV)

Vannprøver tatt i utløpet fra drensledning som renner inn i lagunen nord for brannøvingsfeltet inneholdt relativt høye konsentrasjoner av PFAS-forbindelser (

Tabell 35). Konsentrasjonene av 6:2FTS er høyere (2-8 ganger) enn for PFOS og viser at det har blitt spredt skum på området også etter 2007. Området består stort sett av grøntarealer. Årsaken til funnene er trolig at vann- og skumkanonene testes under utrykning fra brannstasjonen til brannøvingsfeltet og da dette området ligger nær brannøvingsplattformen har dette gjennom årene mottatt en del skum.

Det er ikke kjent nøyaktig hvilket område ledningen drenerer. Basert på drenskart fra området kan det se ut som drensvann fra taksebaneområdet ledes inn i samme lagune, men ikke via drensledningen som er prøvetatt.

Konsentrasjonene av TOC, Fe og Mn er på samme nivå som i grunnvannet fra brannøvingsfeltet. Renseløsninger for dette vannet vil trolig måtte inkludere et eget trinn for fjerning av disse komponentene fra vannet. Avisingskjemikalier ble ikke påvist i dette drensvannet.

Tabell 35: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser, TOC, Fe, Mn, formiat og propylenglykol i drene vann fra område nord for brannøvingfeltet på Rygge (dvs. RYG6).

	Enhet	04.03.14	25.08.14	31.10.14	03.02.15	18.03.15	26.04.15
6:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	ng/l	1500	8450	9960	8700	11200	6740
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l	< 25,0	39	104	28,8	87,1	< 15,0
Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	ng/l	67,7	326	464	271	412	86,2
Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	ng/l	603	1950	2910	2540	6960	5310
Perfluorheksansyre (PFHxA)	ng/l	422	1310	1640	1060	1280	1260
Perfluorheptansyre (PFHpA)	ng/l	121	419	424	344	432	547
Perfluoroktansyre (PFOA)	ng/l	35,3	158	212	156	203	89,8
Perfluoronansyre (PFNA)	ng/l	< 16,7	30,4	38	30,6	31,7	38,6
Total PFAS	ng/l	2750	12800	15700	13100	20600	14500
Total organisk karbon (TOC)	mg/l				14	16	10
Jern (Fe)	µg/l				5100	5400	1700
Mangan (Mn)	µg/l				120	110	49
Formiat	mg/l				<0,5	<0,5	<0,5
Propylenglykol	mg/l				<0,2	<0,2	<0,2

6.3.4 PRØVER FRA OLJEUTSKILLER TIL PA3

Det ble ikke tatt prøver av slam/olje fra oljeutskilleren i 2014, men regelmessige prøver av vann fra oljeutskiller og som ledes til kommunalt nett (PA3). Prøvene tas i PA3 før vannet blandes med annet vann. Analyseresultatene herfra viser at 6:2FTS utgjør ca. 80% av PFAS-forbindelsene og at PFOS utgjør 2,5%.

Mengden vann som ledes fra oljeutskilleren til kommunalt nett er ikke kjent. Vannmengden vil avhenge av sum av nedbørintensitet og mengde nedbør, øvingsfrekvens og mengde vann som brukes for å slukke ulike typer brann (øvingsscenario). Hvor mye av slukke vannet som havner innenfor støpt plattform og membran har også betydning for vannmengden som ledes til oljeutskilleren. Utformingen av øvingsplattformen og sprekraften på dagens slukningsutstyr gjør at mye vann (evt skum) havner utenfor oppsamlingssystemet.

Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i vannet fra oljeutskilleren synes å ha vært høyere i 2013 enn i 2014 og 2015, men det er ingen klar trend her. Årsakene til at det fortsatt finnes PFOS i systemet er en kombinasjon av at det var spor av PFOS (ref avsnitt 3.1) i brannskummet som ble brukt på området helt fram til høsten 2014 og at det finnes rester av PFOS i betongdekke på øvingsplattformen, i jord rundt plattformen, i oljeutskiller, samt i ledninger og kummer.

I og med at mengden vann som ledes fra oljeutskilleren til kommunalt nett ikke er kjent, er årlig mengde PFAS-forbindelser som spres herfra ikke beregnet.

Tabell 36: Konsentrasjoner (ng/l) av PFAS-forbindelser i vann fra oljeutskilleren ved brannøvingsfeltet på Rygge som pumpes til kommunalt nett (prøver fra pumpestasjon PA3).

Brannøvingsfelt	6:2FTS	PFHxS	PFOS	PFHxA	PFHpA	PFOA	SumPFAS
22.01.2013	11500	346	8450	814	351	280	23400
03.07.2013	63000	2990	13300	13100	4400	2400	100000
13.08.2013	200000	5800	12000	37800	1100	4900	274000
17.09.2013	662000	5500	31600	60600	10300	4600	784000
06.11.2013	93200	1390	10600	5510	1360	1060	114000
19.11.2013	160000	1410	10900	8660	1600	1190	188000
03.12.2013	47800	1100	5850	3380	630	478	60100
21.10.2014	57000	711	6170	3150	982	577	68700
16.12.2014	41800	774	5920	2880	1020	699	53300
14.01.2015	32800	638	3390	612	226	318	38000
10.02.2015	39100	440	5500	1570	484	382	47400
11.03.2015	117000	3230	15300	7510	2220	1920	148000
08.04.2015	77000	2860	9490	6510	3000	1850	110000
05.08.2015	6970	932	4520	3650	1960	780	19200
08.09.2015	31100	750	8090	2450	1150	566	44400
08.10.2015	1130	75	372	159	76,6	26	1900
20.10.2015	6140	1820	5840	7190	4240	1270	27100
15.12.2015	39600	890	7690	2790	1510	722	53500
Gjennomsnitt (ng/l)	93730	1759	9166	9352	2034	1334	119722
2013	176786	2648	13243	18552	2820	2130	220500
2014	49400	743	6045	3015	1001	638	61000
2015	38982	1293	6688	3605	1652	870	54389

6.3.5 VANNPRØVER I PA3 – PUMPING TIL KOMMUNALT NETT

Det tas prøver i pumpekum PA3 regelmessig i overvåkingsprogrammet for Rygge flystasjon. Vannprøvene representerer vannet som pumpes til kommunalt nett, etter at vann fra oljeutskilleren er sluppet på vannledningen.

Konsentrasjonene av 6:2FTS i dette vannet variere mye (faktor 100) og betydelig mer enn de andre forbindelsene. Årsaken til dette er ikke kjent. Dersom påslippet fra oljeutskilleren ved brannøvingsfeltet er den viktigste kilden til det som ledes til kommunalt nett, og fortynning i ledningsnettet den viktigste årsaken til lavere konsentrasjoner, skulle også andre PFAS-forbindelser variere tilsvarende som 6:2FTS.

Mengden vann som ble pumpet fra PA3 til kommunalt nett i 2014 var 9379m³. Multipliseres denne vannmengden med konsentrasjonene i vannet (Tabell 37), slippes det 25 gram PFOS fra PA-3 til kommunalt nett årlig. Vannet fra PA-3 pumpes videre til P4 og deretter til MOVARs renseanlegg.

Tabell 37: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i vann som pumpes til kommunalt nett (prøver fra pumpestasjon PA3).

Kommunalt nett	6:2FTS	PGHxS	PFOS	PFHxA	PFHpA	PFOA	SumPFAS
07.01.2014	146	256	1130	54,4	24,2	28,2	1670
21.01.2014	34600	781	9330	3760	1160	619	50500
11.02.2014	59,4	426	1850	99,8	21,2	45,4	2550
25.02.2014	54	381	1910	84,3	19,7	44,7	2540
11.03.2014	< 25,0	330	1460	74	22,3	37,3	1970
25.03.2014	142	238	989	57,6	< 16,7	25,8	1480
08.04.2014	287	302	1160	95,9	20,9	30,5	1930
23.04.2014	131	148	593	41,3	< 16,7	19,3	932
21.10.2014	84	344	1680	67,1	18,1	32	2270
04.11.2014	56000	870	8180	3070	1320	661	70400
03.12.2014	549	298	1390	79,3	20,3	29	2400
07.01.2015	< 15,0	458	2310	87,8	19,3	47,2	2970
24.02.2015	9490	830	3210	554	131	156	14500
Gjennomsnitt (ng/l)	9231	436	2707	625	252	137	12009
2014	9205	398	2697	680	292	143	12604
Total mengde (gram/år)	87	4	25	6	2	1	113
2014	86	4	25	6	3	1	118

6.4 ÅRLIG SPREDNING AV PFAS FRA BRANNØVINGSFELTET (RYG 9)

Som vist spres PFAS-forbindelser fra brannøvingsfeltet via flere veier:

1. Drensvann og overvann pumpes fra pumpestasjon PA3 til kommunalt nett. Vann fra oljeutskilleren ved brannøvingsfeltet utgjør en del av PFAS-forbindelsene i dette vannet, men det finnes også andre betydelige kilder. I 2014 ble 9379m³ vann pumpet til kommunalt nett.
2. Slam fra oljeutskilleren ble tømt to ganger i 2014 og til sammen 4,5 m³ ble destruert.
3. Grunnvann som slippes ut fra renseanlegget (GAC Ut) føres via kulvert og ut i Svartbekken.
4. Drensvann og overvann fra områder med takse- og rullebaner sør og sørvest for brannøvingsfeltet, sammen med drenering rundt oppsamlingsbasseng B3, ledes til kulvertsystem som danner starten på Svartbekken.
5. Området nordvest for brannøvingsfeltet drenerer ut i Lagune nord for feltet.

Beregningene viser at utslippene av PFAS-forbindelser fra renseanlegget (I-Brannøving (GAC Ut) utgjør en mindre del av de totale utslippene til Svartbekken (anslagsvis 10-20%) (Tabell 38). Drenering fra takse- og rullebaner og drenering ved oppsamlingsbasseng (Figur 17, II og III), utgjør ifølge beregningene de viktigste kildeområdene til PFAS-forbindelser i Svartbekk. Også området nordvest for brannøvingsfeltet (Figur 17, IV) bidrar med PFAS-forbindelser til Svartbekk omtrent på samme nivå som utslippet fra brannøvingsfeltet (Tabell 38).

Beregningene som er gjort for Summen av 3, 4 og 5 (se over) er sammenlignbart med de mengdene som er beregnet for Svartbekk ved Mongstadammen (basert på prøvetaking og analyser ved dette overvåkingspunktet). Dette gir en indikasjon på at prøvetaking og analyser som er gjort i dreneledninger rundt og ved brannøvingsfeltet og beregninger basert på disse, gir et riktig bilde av de prosessene som bidrar til forurensning av Svartbekken.

Mengden PFAS-forbindelser som slippes på kommunalt nett (via PA3) er sammenlignbart med utslippet fra renseanlegget.

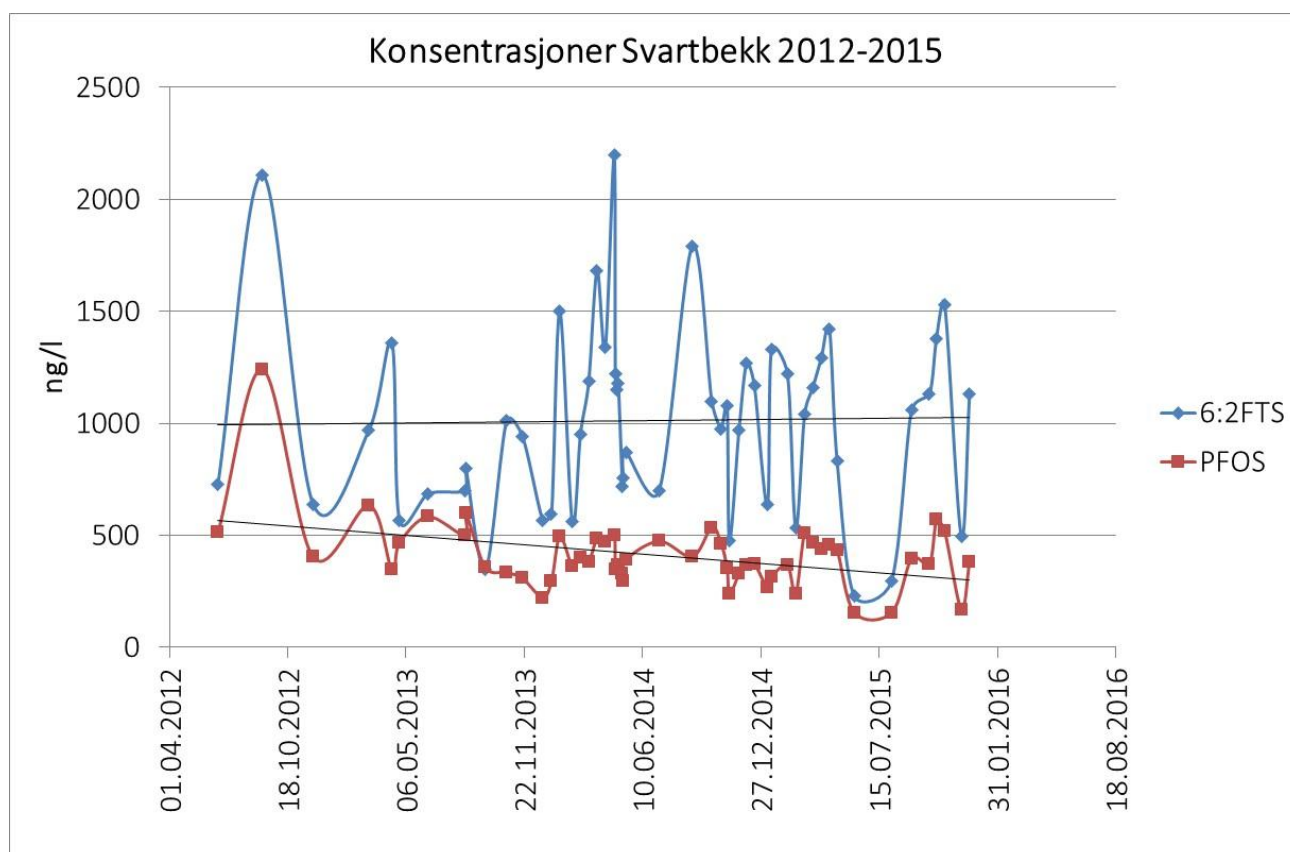
Tabell 38: Mengder (gram) PFAS som spres fra brannøvingsfeltet via ulike spredningsveier. Beregningene er basert på prøvetaking og analyser utført i 2012-2015.

	Konsentrasjon (ng/l) (2012-15)			Vannmengde	Enhet	Gram/år (2014)		
	PFOS	6:2FTS	Sum PFAS			PFOS	6:2FTS	Sum PFAS
Kommunalt nett (PA3)	2700	9230	12600	9379	m3	25	87	118
Slam fra oljeutskiller	229000	314000	592000	4,5	m3	1,0	1,4	2,7
Brannøvingsfelt (GAC Ut) (I)	1890	13980	18300	0,3	l/sek	18	132	173
Lilla, grønt område til B3 (II, III, III*)	2950	8300	13520	1,5	l/sek	140	393	640
Nordvest for brannfelt (Lagune) (IV)	3380	7760	13240	0,3	l/sek	32	73	125
Sum til Svartbekk						189	598	938
Svartbekk v/Mongstadammen	365	983	1685	13,9	l/sek	160	431	739

6.5 PFAS-FORBINDELSER I SVARTBEKK

Det er i perioden 2012-2015 tatt 50 vannprøver fra Svartbekken (ved overvåkingspunkt Mongstadammen) som ble analysert med hensyn på PFAS-forbindelser. De fleste av disse er tatt i forbindelse med vannovervåkingsprogrammet for Moss Lufthavn Rygge (Lindblad og Sjøgren 2015, Forsvarsbygg MO Viken).

Analyseresultatene for disse prøvene viser at konsentrasjonene av PFOS i Svartbekken har avtatt i 4-års perioden (Figur 20), mens konsentrasjonene av 6:2FTS har endret seg lite over tid. Selv om variasjonene av 6:2FTS varierer mer enn for PFOS over kortere tidsrom, er det en viss samvariasjon mellom disse komponentene i Svartbekken. Store svingninger i konsentrasjonene av 6:2FTS i Svartbekken skyldes mest sannsynlig at det er dagens bruk av brannskum som er hovedkilden og utslippet vil variere med mengde skum som brukes (øvingsaktivitet). Klimatiske faktorer har selvfølgelig også betydning for konsentrasjonsnivået av PFAS-forbindelser i Svartbekken.



Figur 20: Konsentrasjoner av PFOS og 6:2FTS i Svartbekken (Mongstadammen) i perioden juni 2012-desember 2015.

Kilden til dagens utslipp av PFAS-forbindelser til Svartbekken er en miks av gammelt og nytt brannskum, men basert på konsentrasjoner i jord skulle PFOS konsentrasjonene i avrenningen vært høyere enn 6:2FTS i avrenningen. En forklaring på at dette ikke er tilfelle, er at 6:2FTS bindes dårligere til jord (lavere retensjon, lavere Kd-verdi) eller at 6:2FTS lekker mer direkte til vann.

6.6 SKIFTE AV KULLFILTER OG DEPONERING AV AVFALL 2014 OG 2015

Kullfilteret ved renseanlegget har blitt skiftet 7 ganger i årene 2013-2015. Tømmingen av betongkummene med granulert aktivt karbon (GAC) er gjort med slamsugebil og brukt filtermasse blir lagret i storesekker (1m³) før forbrenning (Norsk Gjenvinning leverer kullet forbrenning).

Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser i filtrere som er analysert i forbindelse med deponering har vært lave og inneholdt relativt små mengder PFAS (2,6-21 mg/kg, Tabell 39).

Rensebassenget ble tømt, spylt og slamsugd 22.april 2014 og oktober 2015 (Norsk Gjenvinning). Innløpspumpe ble stoppet og vann i bassenget ble pumpet til pumpekum PK3 og videre til PA3 (kommunalt nett). Etter tømming ble bassenget spylt og slam sugd opp med slamsuger. Slammet ble tømt fra slamsuger til containere og etter sedimentasjon i containerne ble vannfasen pumpet tilbake i rensebassenget, mens slamfasen ble levert til forbrenning.

Tabell 39: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser (som er kvantifisert) i brukte kullfilter ved renseanlegg ved brannøvingsfelt Rygge.

Forbindelse/analyse	Enhet	11.jun.13	27.aug.13	11.11.2013	25.08.14
PFOS	µg/kg tv	2740	3920	76	1250
PFOA	µg/kg tv	354	392	44,1	167
6:2 FTS	µg/kg tv	1020	13800	1450	2160
PFBS	µg/kg tv	21,1	38,6	< 13,3	20,8
PFBA	µg/kg tv	30,4	59,8	77,1	82,2
PFPeA	µg/kg tv	364	635	381	741
PFHxS	µg/kg tv	345	566	34,9	245
PFHxA	µg/kg tv	777	1190	452	1180
PFHpS	µg/kg tv	54,9	87,9	< 13,3	25,7
PFHpA	µg/kg tv	303	433	94,9	342
PFNA	µg/kg tv	40,1	43,9	< 8,8	18,5
PFDA	µg/kg tv	9,4	<11,7	< 8,8	4,1
PFOSA	µg/kg tv	19,2	24,4	< 8,8	2,3
Sum PFAS	µg/kg tv	6090	21100	2610	6240
pH				7,5	
THC (C10-C40)	mg/kg tv			269	
Glødetap	% TS		16	15	
TOC	% TS			82,5	
TS	%	81	65	55	59

6.7 DRENERINGSVEIER FOR VANN FRA RYGGE FLYSTASJON

Avrenning fra Rygge Flystasjon til Vansjø skjer via 4 bekker: Kapteinsbekken, Fredskjærbekken, Svartbekken og Grimstadbekken (Figur 22). Nedbørfeltet for Fredskjærbekken 9 er størst (2,3 km²), mens de andre nedbørfeltene (ved de respektive prøvepunktene) utgjør omtrent det samme arealet. Vannføringen for bekkene er forskjellig, med Fredskjærbekken som den største og Grimstadbekken som den minste (Tabell 40).

Beregnet årlig midlere vannføring i bekkene gjelder for det punktet hvor bekken renner ut fra selve flyplassområdet, og ikke nødvendigvis der bekken forlater grensen for Rygge Flystasjon eller der bekken renner ut i Vansjø. Spesielt for Svartbekken vil vannføringen i bekken, der denne renner ut i Vansjø, være høyere enn den er ved Mongstaddammen.

Nedbørfeltet til Kapteinsbekken 1 er ca. 1km² noe som gir en midlere årlig vannføring på 16l/sek. Brukes dette sammen med gjennomsnittlige konsentrasjoner av PFAS ved Kapteinsbekken 1, kan et grovt estimat for mengden PFAS som transporteres til Vansjø via Kapteinsbekken lages (Tabell 40).



Figur 21: Bekker ved Rygge Flystasjon som transporterer PFAS-forbindelser til Vansjø.

Det er kun i Svartbekken det er tatt regelmessige vannprøver for bestemmelse av PFAS-forbindelser de siste årene (2013-2015). Fra de andre bekken er vannanalyser for bestemmelse av PFAS langt mer sporadisk.

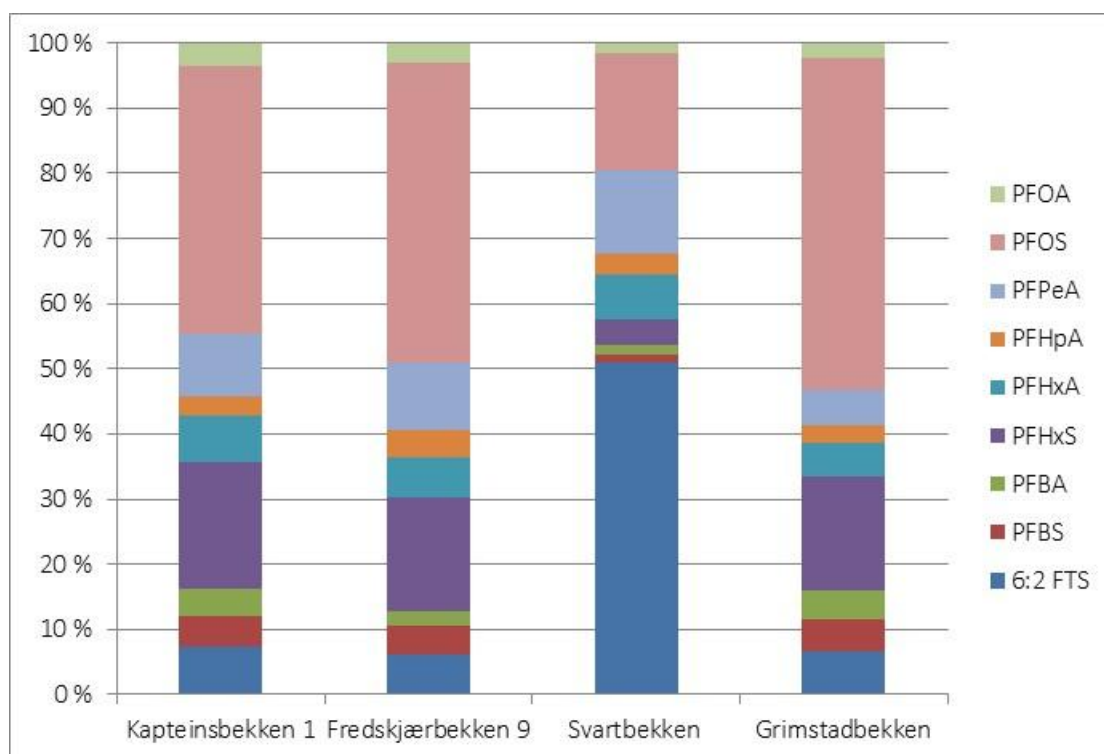
For å få et bilde på hvordan PFAS-konsentrasjonene varierer også i Kapteinsbekken, Fredskjærbekken og Grimstadbekken, ble det sommer og høst 2015 tatt samtidige prøver av alle fire bekkene. Dette ble gjort for best mulig å kunne sammenligne transporten av PFAS-forbindelser via bekkene til Vansjø.

Analyseresultatene av prøvene som ble tatt 25.juni, 20.august, 30.oktober, 17.november og 10.desember viser at Svartbekken skiller seg ut når det gjelder sammensetning av PFAS-forbindelser på grunn av innholdet av 6:2FTS- bortsett fra dette er sammensetningen i bekkene overraskende like (Figur 22).

Tabell 40: Årlig midlere avrenning i bekkene som renner ut fra Rygge Flystasjon (l/sek), konsentrasjon i bekkene (middel for prøvene tatt sommer-høst 2015) og mengde PFAS-forbindelser som renner ut i Vansjø per år. Kun de PFAS-forbindelser som er kvantifisert i alle bekkene er tatt med i beregningene.

	Kapteins- bekken 1	Fredskjær- bekken 9	Svartbekk v/Mongstad- dammen	Grimstadbekken nedenfor beredskapsdam
	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
6:2 FTS	41	34	1051	26
PFBS	27	<25	<25	19
PFBA	22	13	32	<17
PFHxS	109	98	78	67
PFHxA	39	34	141	20
PFHpA	17	23	71	10
PFPeA	52	58	259	21
PFOS	229	259	374	196
PFOA	19	16	30	9
Sum PFAS	517	495	2030	316
Areal nedbørfelt (km ²)	1	2,3	0,85	0,5
Årlig midlere vannføring (l/sek)	17,6	37	13,9	7,7
	gram/år	gram/år	gram/år	gram/år
6:2 FTS	22	40	461	6
PFBS	15	29	11	5
PFBA	12	15	14	4
PFHxS	60	114	34	16
PFHxA	22	40	62	5
PFHpA	10	27	31	2
PFPeA	29	68	114	5
PFOS	127	302	164	48
PFOA	11	19	13	2
Sum PFAS	287	577	890	77

Sammensetningen av PFAS-forbindelser i vann som transporteres ut fra kildeområdene har betydning for valg av tiltaksløsninger (spesielt sorbenter) i filterløsninger. Miljødirektoratet ber problemeiere legge vekt på at det finnes andre PFAS-forbindelser enn PFOS, selv om det i dag kun er utarbeidet EQS-verdier for PFOS.



Figur 22: Prosentvis sammensetning av PFAS-forbindelser i bekkeprover ved Rygge flystasjon.

På årsbasis utgjør glykolholdig overvann fra avisings/oppsamlingsbassengene i området 50 % av det totale avløpsvolum. I avisingsperioden kan denne andelen ligge i området 80 % (Tabell 41). I 2015 ble det totalt tilført 134 143 m³ avløpsvann til kommunalt nett. Av dette var 73 503 m³ glykolholdig vann fra avisingsbassengene (PA-3) Volumet fra brannfeltet inngår i totalmengden, men ikke i volumet fra avisingsbassengene.

Tabell 41: Vannmengder som pumpes til kommunalt nett fra Rygge flystasjon.

Måned	m3 / måned	m3/time	liter/sek	Kommentarer
Januar	23374	32,5	9,0	Inkluderer glykolholdig overvann
Februar	12497	17,4	4,8	Inkluderer glykolholdig overvann
Mars	17196	23,9	6,6	Inkluderer glykolholdig overvann
April	10388	14,4	4,0	Inkluderer glykolholdig overvann
Mai	5295	7,4	2,0	
Juni	4100	5,7	1,6	
Juli	3800	5,3	1,5	
August	4746	6,6	1,8	
September	8672	12,0	3,3	
Oktober	3142	4,4	1,2	
November	15558	21,6	6,0	Inkludert 11481 m3 glykolholdig overvann.
Desember	22643	31,4	8,7	Inkludert 18087 m3 glykolholdig overvann
Sum 2015	131411	15,2	4,2	

Avrenning fra avisingsplattformen ledes til B1 og pumpes i små volumer direkte til stasjon P3, dvs ikke via basseng B3. Oppsamlet vann fra B2 og B4 pumpes til B3. Bassengene B2, B4 (på sørsiden rullebanen) og B3 (ved nytt brannøvingfelt) tilføres vann fra takse, rullebaner og grøntområder.

Tabell 42: Konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i pumpekum P4 og oppsamlingsbassenger B2 og B3 ved Rygge flystasjon. Prøver tatt 10.desember 2015.Enhet: ng/l. Beregnet mengde (gram) PFAS-forbindelser som ble transportert til kommunalt nett i 2015.

Prøverreferanse	Rygge P4 (ng/l)	Basseng B2 (ng/l)	Basseng B3 (ng/l)	Mengde til kommunalt nett via P4 (gram i 2015)
6:2 FTS	1990	9,26	< 7,50	202
8:2FTS	98,8	< 10,0	< 10,0	10
PFBS	27,1	55,8	35,1	3
PFBA	< 16,7	21,2	6,39	<2
PFHxS	381	422	287	39
PFHxA	182	87,4	55,5	19
PFHpS	60,7	46,2	24	6
PFHpA	39,9	23,8	15,1	4
PFPeA	136	28,9	18,6	14
PFTA	< 16,7	5,74	< 5,00	<2
PFTTrA	< 16,7	5,76	< 5,00	<2
PFOA	85,4	49,1	31,8	9
PFOS	3270	2250	1310	332
Sum PFAS	6270	3000	1780	637

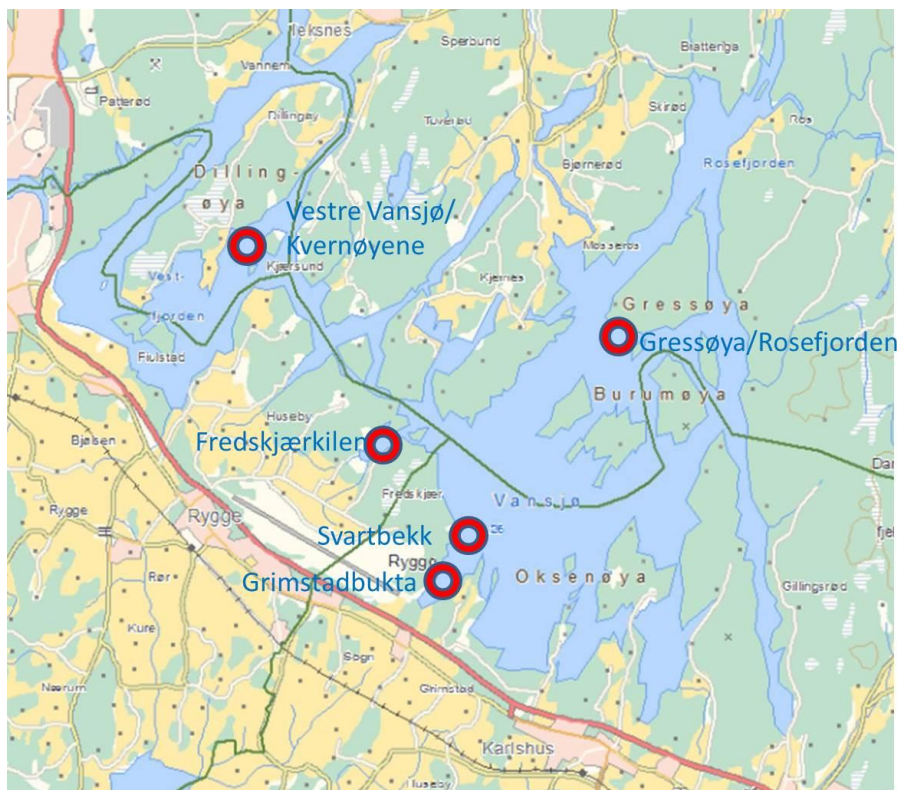
Den relativt høye konsentrasjonen av 6:2FTS i pumpestasjon P4 10.desember viste at vannet var påvirket av øvingsaktiviteten ved brannøvingfeltet (pumping fra PA-3). Vann i B2 og B3 er som nevnt avrenning fra rullebane, taksebane og grøntområder som samles opp i bassengene i den årstiden hvor det benyttes avisingskemikalier. Konsentrasjonene av 6:2 FTS i dette vannet er lave og viser at de ikke er påvirket av aktiviteten ved dagens brannøvingfelt. Konsentrasjonene av PFOS og PFHxS er imidlertid relativt høye og viser at vannet i bassengene er påvirket av brannskum. De høye verdiene kan skyldes at nedbrytningen av PFOS/PFAS-forløpere øker når avisingskemikalier er tilstede i jord og vann. Generelt kan tilførsel av avisingskemikalier til grøntarealer og jord ved flyplassområdet føre til økt nedbrytning av PFOS/PFOA-forløpere og gi høyere konsentrasjoner av PFOS og PFOA i avisingsseasonen.

En kvantifisering av PFAS-forbindelser som slippes til kommunalt nett via pumpestasjon P4 blir naturlig nok usikker i og med at det kun foreligger analyseresultater fra en prøve. Denne prøven er samtidig representativ bare for de månedene hvor det pumpes glykolholdig overvann til kommunalt nett (november-april). I 2015 ble det pumpet ca. 101 000 m³ overvann til kommunalt nett i denne perioden. Brukes analyseresultatene fra prøven tatt 10.desember (Tabell 42) og 101 000 m³, sees det at det kan være en betydelig mengde PFAS-forbindelser som transporteres til kommunalt nett. Det finnes foreløpig ikke flere analyser av vann P4, B2 og B3, men det planlegges å gjennomføre flere runder med prøvetaking vinter-vår-sommer 2016.

7 PFAS I FISK OG MILJØMÅL FOR VANSJØ

7.1 RESULTATER FRA FISKEUNDERSØKELSE 2013

I september og oktober 2013 ble det fisket med garn ved 5 lokaliteter i Vansjø (Figur 23). Til sammen 112 fisk av artene gjedde, gjørs og abbor (de viktigste matfiskene i Vansjø) ble fanget. Fisken ble sløyd og hele fileter av hver enkelt fisk ble vakuumpakket og frosset. Etter optining ble det laget 41 samleprøver av gjedde, gjørs og abbor fra de fem lokalitetene. Samleprøvene ble gruppert etter størrelse (liten, middels, stor og ekstra stor).



Figur 23: Områder hvor det ble fisket i Vansjø september og oktober 2013.

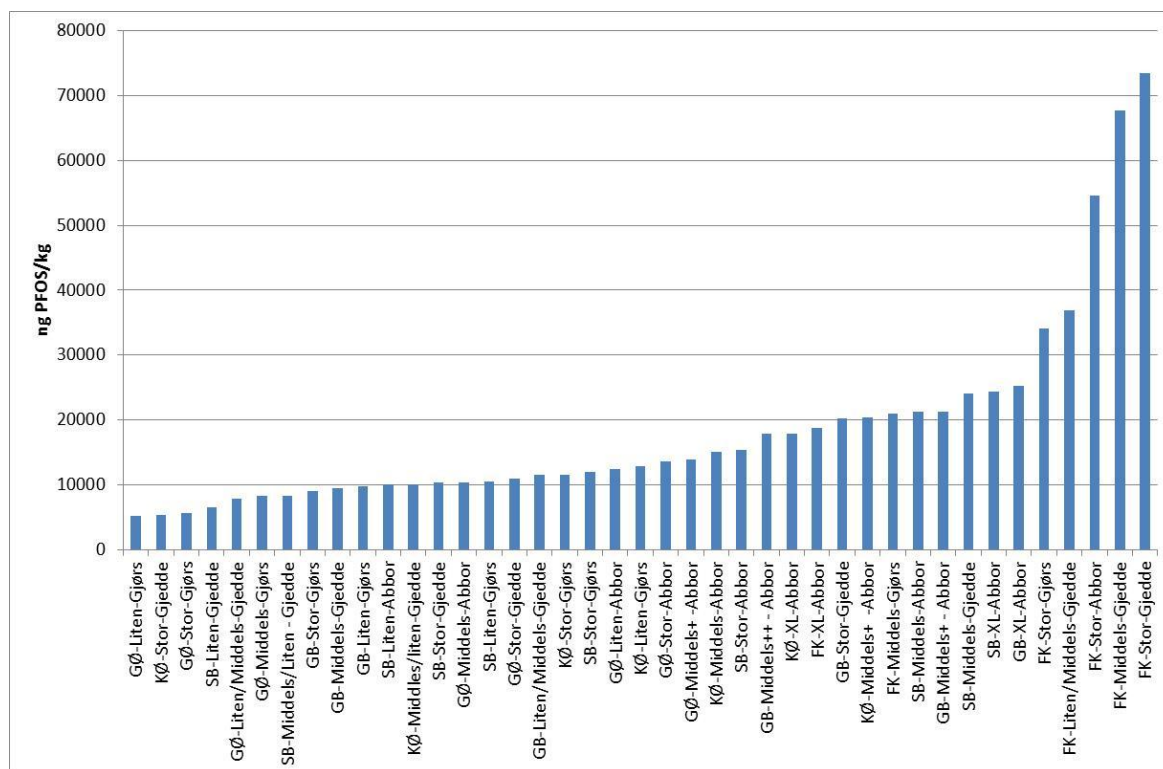
Abbor ble fisket i størst samlet antall. Det ble fanget færrest fisk i Fredskjærkilen (Tabell 43). Dette området er grunt og egner seg dårlig for garnfiske.

PFOS utgjør 91-94% av PFAS som ble funnet i fisk. De resterende 6-9% av PFAS påvist over bestemmelsesgrensen var 8:2 fluortelomersulfonat (8:2 FTS), perfluorheksansulfonat (PFHxS), perfluornonansyre (PFNA) og perfluordekansyre (PFDA). Det ble ikke funnet PFOA, 6:2 FTS eller PFAS med kjedelengde kortere enn C₆ i fisk fra Vansjø.

Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av PFOS i fisk fra Vansjø prøvetatt høsten 2013 var 18,4 µg/kg (PFOS funnet i alle prøver, n=41, Tabell 43). 33 av 41 fiskeprøver fra Vansjø hadde en konsentrasjon av PFOS høyere enn EQS-verdien på 9,1 µg/kg (9100 ng/kg, Figur 24). Gjennomsnittlig konsentrasjon av 8:2 FTS i fisk var 0,74 µg/kg (funnet i 28 av 41 fiskeprøver), perfluorheksansulfonat (PFHxS) 0,30 µg/kg (funnet i 8 av 41 prøver), perfluornonansyre (PFNA) 0,06 µg/kg (funnet i 5 av 41 prøver) og perfluordekansyre (PFDA) 0,25 µg/kg (funnet i alle prøver, n=41) (Tabell 43).

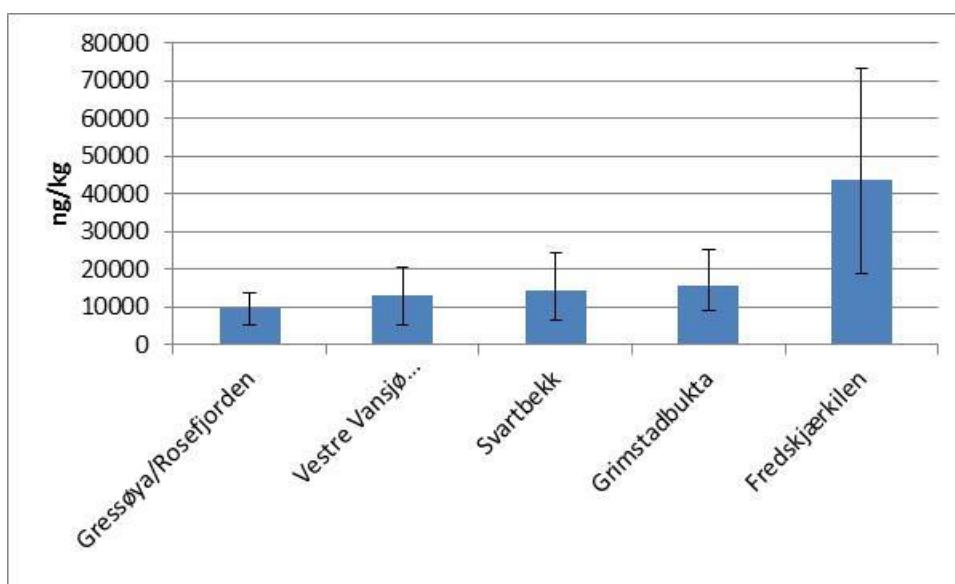
Tabell 43: Konsentrasjoner av PFAS påvist i fisk fra Vansjø i konsentrasjoner over bestemmelsesgrensen.

PFAS-komponent	Enhet	Snitt	Min-Maks	Antall funn
8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	ng/kg	740	100-4800	27
Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	ng/kg	300	140-660	7
Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	ng/kg	18400	5200-73000	41
Perfluornonansyre (PFNA)	ng/kg	60	45-64	5
Perfluordekansyre (PFDA)	ng/kg	250	100-490	41



Figur 24: Konsentrasjoner av PFOS i blandprøver av fisk fra Vansjø fisket bosten 2013. GØ-Gressøya/Rosefjorden; KØ-Kvernøyene; GB-Grimstadbukta; SB-utløp Svartbekken; FK-Fredskjærkilen.

De høyeste konsentrasjonene av PFOS ble funnet i fisk fra Fredskjærkilen (Figur 25). Gjennomsnittlig konsentrasjon i fisk herfra var 44000 ng/kg (n=7, Figur 25). De laveste konsentrasjonene ble funnet ved referansestasjonene ved Gressøya (9800 ng/kg, n=9) og Kværnøyene (Vestre Vansjø) (13000 ng/kg, n=7)). Konsentrasjonene i fisk utenfor utløpet av Svartbekk (14300 ng/kg, n=10) og i Grimstadbukta (15500 ng/kg, n=8) var noe høyere enn ved referansestasjonene, men forskjellene var små (ikke signifikante).



Figur 25: Konsentrasjoner av PFOS i fisk (gjennomsnitt for gjedde, gjørs og abbor) fra Gressøya, Vestre Vansjø, utløp Svartbekk, Grimstadbukta og Fredskjærkilen. Prøver tatt i september og oktober 2013.

Gjennomsnittlig innhold av PFOS i matfisk i undersøkelsen fra 2013 var 18,4 µg/kg dvs. to ganger EQS-verdien for PFOS. Det er ikke gjennomført tilsvarende og like omfattende undersøkelser av PFOS i fisk i Vansjø tidligere og det er derfor ikke mulig å si noe om hvordan utviklingen har vært de siste årene.

Ved en tidligere undersøkelse av sediment og fisk fra Vansjø ble det funnet PFOS i sedimenter (1000-3600 ng/kg ts) fra Storefjorden og Vanemfjorden (Vestre Vansjø). Dette var konsentrasjoner som da var 5-10 ganger høyere enn det som ble funnet i andre ferskvannssedimenter (bl.a. Randsfjorden, Mjøsa). Konsentrasjonene i abbor og gjedde (25000-57000 ng/kg, n=3) fra de samme områdene i Vansjø var da 20-40 ganger høyere enn i ørret fra bl.a. Mjøsa og Randsfjorden. Konsentrasjonene av PFOS i mort fra Storefjorden i Vansjø var i en prøve 7500 ng/kg i denne undersøkelsen fra 2006 (TA-2284/2007). Konsentrasjonene av PFOS i fisk fra Vestre Vansjø i undersøkelsen fra 2013 varierte i intervallet 5390-20400 ng/kg dvs. en del lavere enn funnene fra 2006.

Mattilsynets vurdering av resultatene fra fiskeundersøkelsen:

Mattilsynets vurdering av resultatene fra fiskeundersøkelsen var at av innhold av PFC-forbindelser i abbor, gjørs og gjedde fra de forskjellige prøvetakingslokasjonene i Vansjø, er ga ikke grunnlag for Mattilsynet å gå ut med advarsel/kostholdsråd i forbindelse med fritidsfiske. Kommersielle aktører har et eget ansvar for at egne fangster er trygge» (Harald Nordås, Mattilsynet, Ref. 2014/27055).

I rapporten (Amundsen og Frøyland 2014) er resultatene fra fiskeundersøkelsen grundig diskutert, men resultatene ble ikke brukt i en diskusjon av miljømål for Vansjø.

7.2 DISKUSJON AV RESULTATER I ET MILJØMÅL-PERSPEKTIV

7.2.1 GENERELT

Miljømål for en innsjø av en gitt størrelse og kompleksitet i nedbørfeltet, må settes av alle aktører i fellesskap. For Vansjø involverer dette bl.a. Forsvarsbygg, kommuner (Rygge, Råde, Våler, Moss), industri, renseanlegg og private aktører. Selv om bruk av brannskum ved Rygge Flystasjon de siste 50 årene sannsynligvis har vært en hovedkilde til PFAS i Vansjø, viser mange undersøkelser at også andre bruksområder bidrar med utslipp av disse stoffene til vann. Som vist spres fortsatt betydelige mengder PFAS-forbindelser til Vansjø fra Rygge Flystasjon hvert år og mye tyder på at Flystasjonen vil være en viktig kilde i mange år framover. Forsvarsbygg vil derfor ta et betydelig ansvar for å bedre PFAS-situasjonen i Vansjø.

7.2.2 FISK SOM MILJØMÅL

Et langsiktig miljømål Vansjø må være å oppnå en konsentrasjon i fisk som tilfredsstiller EQS-verdien på 9,1 µg PFOS/kg. Ulempen med å bruke fisk som indikatorart for en forurensning til en innsjø er flere.

1) Konsentrasjonen i fisken kan ikke direkte relateres til utslippet fra et område eller til konkrete bekker som renner ut i innsjøen fordi fisken beveger seg over et større område enn selve influensområdet for utslippet.

2) Utslipp fra andre PFAS-kilder på land, konsentrasjoner i næringskjeden (byttedyr, ulike typer plankton, byttedyr), innhold i sedimenter i innsjøen, etc. kan være like viktig for konsentrasjonen i fisken som selve utslippet. Mye kunnskap om næringskjedene i innsjøen og interaksjoner med abiotiske faktorer er nødvendig for å definere gode indikatorarter. Det er ikke bestemt PFAS i andre organismer enn fisk i Vansjø og økosystemet i innsjøen er i liten grad kartlagt.

Per i dag finnes ikke den nødvendige kunnskapen, men Forsvarsbygg vil vurdere å bruke ressurser for å finne arter i bekkene og i bekkeutløpene til Vansjø som kan brukes som indikatorarter for miljøtilstand, evt. også for å definere miljømål.

7.2.3 PFAS-FORBINDELSER I SEDIMENTER

Fredskjærkilen er grunn og tilførsel av næringsrikt vann via Kapteinsbekken og Fredskjærbekken har trolig ført til at det er betydelige mengder sedimenter i dette området som inneholder PFAS-forbindelser. Sedimentene bidrar sannsynligvis til PFAS-innholdet i fisk og annen biota, selv om dette ikke er undersøkt. Sedimenter i dette eutrofierte området vil derfor kunne bidra til konsentrasjoner i vann og biota i kilen, selv om tilførselene via bekkene reduseres. Som nevnt er dette en av grunnene til at miljømål for tiltakene i denne fasen av undersøkelsen ikke bør knyttes direkte til biota, men heller til konsentrasjoner i bekker.

Det planlegges prøvetaking av sedimenter (inkludert sedimentkjerner) i Fredskjærkilen våren 2016.

7.2.4 SÅRBARHET VANSJØ I UTSTRØMMINGSOMRÅDER FOR PFAS-BETYDNING FOR PRIORITERING AV TILTAK

Grimstadbekken og Svartbekken renner ut i Grimstadbukta og området ved Moskjæra naturreservat. Drikkevannsinntaket til Vansjø Vannverk ligger i Grimstadbukta på ca. 20m dybde. Selv om området ikke er av de mest benyttede fiskeplassene, foregår det likevel noe fiske her. Vurdert på denne bakgrunn, er dette området mer «sårbar» enn Fredskjærkilen og Forsvarsbygg vil derfor prioritere tiltak som raskest bedrer miljøtilstanden i denne delen av innsjøen.

8 TILTAKSVURDERINGER

8.1 MILJØMÅL FOR TILTAK

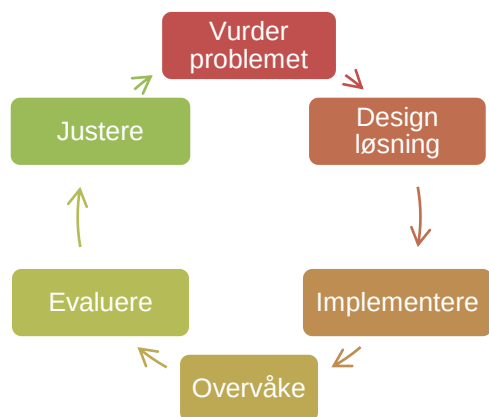
Basert på de undersøkelser som er utført er det klarlagt at Ryggeflystasjon bidrar til spredning av PFAS komponenter til Vansjø. Det er fortsatt ikke klarlagt om betydningen av denne spredningen i forhold til andre kilder som for eksempel innhold av PFAS i bunnsedimenter. Det er imidlertid sannsynlig at de høye konsentrasjonene i fiskekjøtt observert i Fredskjærkilen har sammenheng med utslipp fra Rygge.

Det foreligger ingen forhøyet humanrisiko i forbindelse med drikkevannsforsyningen i Grimstadbukta og det er heller ikke gitt kostholdsrad for konsum av fisk basert på innhold av PFOS. Det er likevel et ønske at vannsystemet på sikt skal oppnå god økologisk status. For å bidra til dette bør spredning av PFOS reduseres. Dette vil derfor være det overordnede miljømålet for tiltaket.

- Utslippene av PFAS 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.

8.2 PRINSIPPER FOR TILTAK

Spredningsmønstrer for PFAS til resipienten er komplisert og til dels vanskelig å kvantifisere. Det er også viktig at de tiltak som settes inn er effektive samt kost- og samfunnsnyttige. Et omfattende tiltak på land vil for eksempel være lite samfunnsnyttig hvis det er forurensede sedimenter som gir større bidrag til forurensningssituasjonen. Det anbefales derfor en adaptiv tilnærming av tiltak, se Figur 26. Her ønsker vi å designe og implementere tiltak i en begrenset tidsperiode for å overvåke effekten for eksempel gjennom nye undersøkelser av fisk. Basert på dette evalueres tiltaket og kursen justeres.



Figur 26: Adaptiv design av tiltak ved Rygge flystasjon

8.3 TILTAKSALTERNATIVER

Det er prinsipielt tre forskjellige tiltaksalternativer som er aktuelle (Tabell 44).

1. Kildekontroll. Gjennom at PFOS i dag er faset ut av brannskummet er det viktigste spredningsreduserende tiltaket gjennomført. Ytterligere kildekontroll kan utføres gjennom isolering av kildeområder for

eksempel ved at forurensede areal tildekkes og isoleres på stedet slik at vann (nedbør, grunnvann) ikke trenger inn i massene og transporterer disse videre til resipient. I de tilfellene hvor isoleringen gjør nytte av sorbenter, er det usikkerhet hvor effektive disse er for andre PFAS-forbindelser forutom PFOS. Stabilisering av PFAS-forurensede masser ved innblanding av ulike typer sorbenter kan også være en løsning. Dette vil i flere sammenhenger kreve at massene graves opp dersom ikke sorbenten kan injiseres (flytende form) via brønner. Som nevnt over, finnes i dag sorbenter for PFOS, mens effekten for andre PFAS-forbindelser er testet i mindre grad. Trolig er det behov for testing og utvikling for å få på plass effektive sorbenter også for andre PFAS-forbindelser.

2. Spredningskontroll. Flere metoder havner inn under denne kategorien løsninger. Pumping og behandling av grunnvann kan involvere varianter av «pump and treat» dvs. hvor grunnvann pumpes opp og behandles med ulike løsninger over bakken (og deretter evt. tilbakeføring til grunnvann) eller det kan behandles ved ulike typer infiltrasjon under bakken. Andre varianter innebærer å installere mobile renseløsninger for grunnvann (som ved dagens brannøvingsfelt, RYG 9). Mobile rensaneanlegg kan også installeres for å rense PFAS-forurenset drens- og overvann før dette føres til bekk.
3. Kildefjerning. I denne kategorien løsninger finnes mange muligheter. Oppgraving/masseutskifting og ulike deponeringsløsninger av PFAS-forurensede massene vil fjerne forurensning på områdene og redusere kildene. Dette er den klart mest brukte metoden i Norge og egner seg også godt for PFAS-forbindelser så lenge det finnes beredskapsløsninger som tar hånd om forurenset vann som genereres i prosessen. Deponeringsløsningene som velges kan være ved sentrale, større deponier som har ressurser og kunnskap til å lage egne deponiceller for PFAS-masser eller lokale deponiløsninger for eksempel ved å legge forurensede masser i voller og ta hånd om og overvåke sigevann etc.

Oppgraving gir mulighet for ulike typer behandling; termiske og kjemiske metoder er mest utprøvd, men ulike vaske-varianter kan trolig også fungere. De aller fleste av løsningene på dette feltet er fortsatt kun utprøvd i lab-skala (for PFAS-forbindelser), selv om flere og flere metoder nå prøves ut.

Tabell 45: Aktuelle tiltak ved Rygge Flystasjon og en overordnet vurdering av egnethet i forhold til de fire mest aktuelle tiltaksområdene RYG 2, 4, 9 og 11. + - egnet; (+) – egnethet mer usikkert

Type tiltak	Tiltaksmetode	Egnet for		Lokalitet på Rygge Flystasjon (Tabell XX)			
		PFOS	Andre PFAS	RYG 2	RYG 4	RYG 9	RYG 11
Kildekontroll	Fysisk isolering av forurensning	+	(+)	-	-	-	+
	Capping	+	(+)	-	-	-	-
	Tildekking	+	+	-	-	-	-
	Stabilisering	+	(+)	-	-	-	-
Spredningskontroll	Pumping og behandling av forurenset vann	+	(+)	+	+	+	+
	Bekkevann	+	(+)	-	-	+	-
	Grunnvann	+	(+)	+	+	+	+
	Overflateavrenning og drensvann	+	(+)	+	+	+	+
	Oppsamling og føring av overflate- og drensvann til kommunalt nett	+	+	-	-	+	+
Kildefjerning	Oppgraving og deponering	+	+	+	+	+	+
	Deponering internt	+	+	-	-	-	-
	Deponering eksternt	+	+	+	+	+	+
	Oppgraving og jordvasking	+	+	+	+	+	+
	Kjemisk oksidasjon in situ	+	(+)	+	-	-	+
	Termisk behandling in situ	+	(+)	+	-	-	+

En overordnet og generell vurdering av tiltaksalternativene (Tabell 46) viser at kildekontroll er mest ressursmessig gunstig å gjennomføre, men effektiviteten er mer usikker. Spredningskontroll og kildefjerning gir høyere effektivitet, men er vesentlig mer ressurskrevende og vanskeligere å gjennomføre.

Tabell 46: Overordnet vurdering av tiltaksalternativene vist i Tabell 45.

Parameter	1. Kildekontroll	2. Spredningskontroll	3. Kildefjerning	Kommentar
Miljøgevinst	0	+	+	Alle metoder vil redusere utlekking, men effektiviteten er større ved aktive rensetiltak
Effektivitet	0	0	+	Kildefjerning er eneste metode som gir permanent effekt på spredning. De andre metodene gir effekt så lenge renseprosessene går
Ressursbruk	+	0 / -	-	Kildekontroll krever betydelige investeringskostnader, mens spredningskontroll krever betydelige driftsmidler avhengig av behandlingstid. Kildefjerning gir den høyeste investeringskostnaden basert på dagens kunnskap
Gjennomførbarhet	+	0	-	Kildekontroll er trolig enklest gjennomførbart, mens de andre tiltakene i varierende grad kan bety inngrep i flyplassdriften

+ positiv – gunstig vurdering / stor effekt
0 nøytral – usikker vurdering / moderat effekt
- negativ – ugunstig vurdering / liten effekt

8.4 TILTAKSLØSNINGER OG TID

Enkle beregninger viser at PFAS-forurensninger som i dag finnes på områdene vil lekke til Vansjø i minst 20 år, trolig så mye som 50-100 år. Dette er en viktig betraktning med tanke på behov for tiltak nå. Tiltaksmetoder som innbefatter isolering og andre tiltak som fungerer i forhold til å redusere spredning, vil forsinke eller stoppe utlekkingen og gjøre det mulig å vente med tiltak som fjerner forurensningene (nedbrytning, oppgraving). Dagens konsentrasjonsnivåer i jord, grunnvann, ledningsnett utenom de områder som vi i dag betrakter som punktkilder, vil gjøre at PFAS-forbindelser, uavhengig av gjennomføring av tiltak, vil lekke ut fra området til Vansjø i mange år framover.

Hvor lang tid det tar å transportere PFAS-forbindelser fra kildeområder til bekkene ved Rygge Flystasjon er ikke kjent. Svært mange faktorer er bestemmende for dette: avstand til drensledninger, mektighet og sammensetning til jord og løsmasser (organisk materiale, silt og leire, pH). Det er kjent at binding av PFAS til jord påvirkes av disse faktorene. Før flyplassen ble etablert på Rygge på begynnelsen av 1950-tallet, bestod området av myr og dyrket mark. Dreneringen var trolig allerede da omfattende, og flere steder er det funnet gammel landbruksdrenering (ca. 0,5m dybde). Sammen med et omfattende drens-system finnes mange kilometer med ledningstraseer for strøm, fiber, ulike pumpeledninger (fuel, avisingskemikalier), vann og avløp etc. Disse bidrar til relativt rask spredning av PFAS-forbindelser til bekker og kommunalt nett.

Det er også mye som tyder på at de mange kilometerne med drenerør og et stort antall drenerkummer i dag er en kilde til PFAS-forbindelser som finnes i bekkene på området. Oppgraving og deponering (et av flere alternativer for kildefjerning) vil fjerne mye av det som på langsikt (flere tiår) vil lekke ut fra PFAS-forurensede områder, men vil ikke gjøre noe med området mellom kilden og drenerledningene («forurensningsplumen»), heller ikke det som er i drener-systemene i dag.

Alternativene til oppgraving og deponering (evt oppgraving/forbrenning) er i dag lite utviklet for stor skala forhold. Flere metoder som involverer kjemisk oksidasjon (ozon, peroksid etc) har vist seg lovende for nedbrytning av PFOS og andre PFAS-forbindelser, men metodene er per i dag ikke klare for tiltak i større skala. Med den kompleksiteten som finnes på mange av dagens kildeområder ved Rygge Flystasjon er det også usikkert hvorvidt metodene er egnet.

Lovende resultater i mindre skala og (anslagsvis) relativt lave kostnader knyttet til behandling per tonn masse, gjør at det er aktuelt å teste ut slike metoder i større skala. Dette krever imidlertid at tiltak utsettes inntil teknologiske løsninger er på plass. Investeringer i FoU er nødvendig for å få dette på plass.

8.5 LOKALE, REGIONALE, NASJONALE, GLOBALE VURDERINGER

Alle utslipp lokalt, vil for de persistente og bioakkumulative PFAS-forbindelsene også ha en global påvirkning fordi de med tiden vil lekke ut fra Vansjø-systemet til større nasjonale (Oslofjorden) og globale vannsystemer. Globalt har det derfor liten betydning i hvilke områder tiltak gjøres (dvs hvilke kilo som tas ut av sirkulasjon), men lokalt vil dette ha stor betydning. For Rygge flystasjon er det som nevnt naturlig i første omgang å prioritere utslipp mot Øst (Grimstadbukta og Moskjær naturreservat) og i neste omgang Fredskjærkilen.

8.6 TILTAKSLØSNINGENE SETT I SAMMENHENG MED SITUASJONEN FOR RYGGE FLYSTASJON

Som vist i kapittel 5 og 6, er den mest forurensede jorda på Rygge Flystasjon funnet i jord etter utslipp i 2006 av skumkonsentrat (RYG2), ved brannstasjonene (nedlagt og dagens stasjon, RYG4), ved dagens brannøvingfelt (RYG9) og ved nedlagt brannøvingfelt (RYG11). Samtidig er det påvist flere spredningsveier med relativt konsentrert, PFAS-forurensset vann. Dette gjelder bekker, men i første rekke drenerledninger og sig fra de fire punktkildene nevnt over.

Tiltaksmetodene som involverer kildekontroll er etter Forsvarsbyggs vurdering kun egnet for det nedlagte brannøvingfeltet ved E6 (RYG 11). Feltet ligger som nevnt på en åsrygg (høybrekk) som er avgrenset mot sør (E6) og hvor kun nedbør bidrar til grunnvannsig fra området. Det aller meste av forurensningen finnes samtidig i dybde 0-1m, noe som kan lette innkapslingen. Tiltak i dette området må ta hensyn til pumpeledningen for glykol som ligger rett vest for feltet.

For brannstasjonen og dagens brannøvingfelt: Drenerledninger og kabelgrøfter i ulike dybder og retninger og lavt grunnvannsnivå, gjør kildekontroll mer mindre egnet.

Ved alle fire lokalitetene nevnt over er det påvist (RYG 2, 9 og 11) eller sannsynliggjort (RYG 4) at det finnes sterkt PFAS-forurensset grunnvann, noe som ligger til rette for en type spredningskontroll. Ved disse fire lokalitetene drenerer grunnvannet ut i drener- og overvannssystemet på flyplassen. Spesielt ved dagens (RYG 9) og nedlagt brannøvingfelt (RYG 11) er denne dreneringen lett tilgjengelig og så konsentrert at denne type løsning er relevant. En av fordelene med slike tiltak er at det over tid er mulig å fange opp de PFAS-forbindelsene som finnes mellom kildeområdet og drener-systemet dvs. de forbindelser som er mobilisert og vasket ut fra kildeområdet

men ennå ikke har nådd drenssystemet. Kombinasjoner av kilde- og spredningskontroll kan derfor utgjøre mer komplette løsninger.

Ved dagens (RYG 9) og nedlagt brannøvingsfelt (RYG 11) er det muligheter for å føre deler av drensvannet fra områdene til kommunalt nett. For RYG 9 gjelder dette vann som i dag renner gjennom renseanlegget. Her er det etablert et system hvor vann i perioder med lav renseeffekt på anlegget føres til egen pumpekum og videre til kommunalt nett. Start av dette systemet må gjøres manuelt. Ved RYG 9 føres også vann fra oljeutskiller til kommunalt nett (via PA-3). Grunnvann- og drensvann fra nedlagt øvingsfelt (RYG 11) drenerer via div. drensledninger til kum ved basseng B2. Når ventilen i kummen settes i «Vinterstilling» føres drensvann som kommer fra grøntområder, rullebane og taksebaner til basseng B2, B4 og B3 og derfra til kommunalt nett. Ventilen er satt til vinterstilling i avisingssesongen dvs. november-april (avhenger selvfølgelig av vær og føre). Dersom denne ventilen settes i konstant vinterstilling, vil en stor del av drensvannet som i dag ledes til Grimstadbekken og videre til Grimstadbukta, ledes til kommunalt nett. En slik løsning for dette vannet krever et tett dialog og samarbeid mellom MOVAR og Forsvarsbygg.

Fjerning av kildene ved oppgraving og deponering er egnet for alle fire lokalitetene som har konsentrerte PFAS-forurensinger på Rygge (

Tabell 45). Det mest aktuelle er å deponere massene på et sentralt, eksternt deponi. En lokal deponering fører med seg båndlegging av arealer over lang tid, betydelige investeringer ved etableringen og ikke minst overvåking og oppfølging etter avslutning av deponiet. Dette siste passer dårlig inn i forvaltningen av militære områder generelt, hvor det er usikkerhet knyttet til arealbruk og behov for arealet over tid. Sett på denne bakgrunnen er det en fordel om tiltakene som gjennomføres på militære områder er mest mulig avsluttende.

8.7 KOSTNADER BASERT PÅ DAGENS KUNNSKAP OG ERFARINGER

En gjennomgang av de ulike metodene viser at spredningskontroll (bl.a. vannrensing) og kildefjerning er de mest aktuelle metodene ved Rygge flystasjon. I vurderingen av tiltaksløsninger for Forsvarsbyggs PFAS-lokaliteter, er det nyttig å se på kostnadene (investering, drift, kostnad per kilo PFOS/PFAS fjernet etc) ved disse metodene.

Forsvarsbygg har per i dag kun erfaringer med kostander knyttet til rensingen av PFAS-forurensset grunnvann ved dagens brannøvingsfelt andre tiltaksløsninger har foreløpig ikke blitt testet. Et mobilt PFAS-vannrenseanlegg vil imidlertid bli montert og testet på Ørland våren 2016 og basert på det som er kjent for dette anlegget i dag (investeringer, drift og kapasitet), gjøres en enkel sammenligning med dagens renseanlegg ved brannøvingsfeltet.

Byggingen av rensedammen (ca. 60m³), inkludert infrastruktur og filterkummer for kullfilteret (GAC-filter) var ca. 1MNOK i 2012. Årlig drift av anlegget beløper seg til ca. 0,38MNOK fordelt på forbruk av kullfilter, tømming av slambasseng, ettersyn og vedlikehold, samt destruering av PFAS-forurensset kull og slam. Anlegget renser i dag en vannmengde på ca. 0,5l/sek eller 1,8 m³/time (dimensjonert for 3,6 m³/time). Med den renseeffekten som er oppnådd i anlegget i perioden 2013-2015, har de årlige kostnadene for å rense 1 kg PFOS/PFAS variert fra 16/1,9 MNOK til 41/13 MNOK (Tabell 47).

Beredskapsløsningen som nå skal testes på Ørland Hovedflystasjon er et mobilt, kontainerbasert anlegg med kapasitet på 10,8 m³/time. Følgende rensetrinn inngår i dette anlegget:

1. Tilsetning av polyclay for felling av TOC, Fe, Mn, næringsstoffer, fuelrester etc.
2. Sedimentasjon og avvanning slam
3. Sandfilter og kullfilter (GAC)

Investeringen for renseanlegget er 1,4MNOK, mens årlige drifts-, service og analysekostander er ca. 1,3 MNOK (Tabell 47). Dersom det antas at dette anlegget oppnår den samme renseeffekten (gjennomsnittlig 50-60% for PFOS/PFAS), vil kostnadene for å fjerne ett kg PFOS/PFAS bli lavere, selv om den årlige investeringen er høyere (høyere driftskostnader).

For at kostnadene knyttet til fjerning av 1 kg PFOS/PFAS skal være så lave som mulig, må vannet som renses være mest mulig konsentrert med hensyn på disse stoffene. Det ideelle er samtidig om vannføring hvor anlegget er plassert er nærmest mulig det maksimale for renseanlegget (gir best utnyttelse per investert krone). Med den oversikten som finnes over «vannveiene» på Rygge i dag, er det prøvepunkt «Lagune Ut» som er det mest optimale for installasjon av renseanlegget. Et vannrenseanlegg plassert her innebærer i realiteten en oppgradering av dagens renseanlegg.

Tabell 47: Investeringer, årlige driftskostnader og kostander per kilo PFOS/PFAS som fjernes i PFAS-vannrenseanlegg.

Renseanlegg	Investering (MNOK)	Årlig driftskostnad (MNOK)	Kapasitet (m ³ /time)	Kostander (MNOK) per kg PFOS/PFAS fjernet i renseprosess		
				2013	2014	2015
Dagens renseanlegg	1	0,38	1,8-3,6	16 / 1,9	29 / 5,0	41 / 13
Mobilt anlegg	1,4	1,3	10,8	5,4 / 0,6	7,3 / 1,3	8,4 / 2,7

Kildefjerning er som nevnt den tiltaksmetoden som er mest brukt på forurenset grunn i Norge og dermed den metoden som gir de sikreste kostnadsestimatene når det gjelder kildefjerning.

Mengde (tonn) PFAS-forurenset masse ved lokalitetene RYG 2, 4, 9 og 11 på Rygge Flystasjon er beregnet på bakgrunn av areal, dybder og en antatt tetthet på 1700 kg/m³. Konsentrasjonene av PFAS-forbindelser som er lagt til grunn (Tabell 48) er gjennomsnittet av analyseverdiene som finnes for de ulike lokalitetene. For eksisterende brannøvingsfelt (RYG9) og nedlagt brannøvingsfelt (RYG11) er dette ca. 60 og 35 prøver, noen færre for de andre lokalitetene. Antall kilo PFOS er beregnet ved å multiplisere mengde jord med gjennomsnittlig PFAS-konsentrasjon i massene.

Deponikostnadene er satt til NOK 1500 per tonn. Dette er stipulerte kostnader som inkluderer transport til deponi (fra Rygge), bygging av egen PFAS-celle i deponiet, FoU knyttet til stabiliseringsmetodikk og FoU vedrørende rensing av sigevann. Basert på dagens kunnskap vil NOK 1500 trolig også inkludere oppgravingskostnader.

Tiltakskostnader per kilo PFOS¹ fjernet er viktig i vurderingen av ulike tiltak. Da det er massens volum og vekt og ikke mengde PFOS som er kostnadsdrivende, vil de mest PFOS-konsentrerte massene være de «billigste»

¹ Kostnadene per kg sum PFAS vil være lavere, spesielt ved dagens brannøvingsfelt hvor PFOS utgjør en mindre andel av sum PFAS sammenlignet med de andre lokalitetene.

massene å deponere. Beregningene for de fire lokalitetene hvor det er funnet noenlunde konsentrerte PFOS-forurensninger (Tabell 48) viser at massene rundt øvingsplattformen på dagens brannøvingsfelt er de klart billigste per kg PFOS (0,6 MNOK). Totalkostnadene ved en masseutskifting på hele brannøvingsfeltet (RYG9) vil ifølge disse beregningene bli ca. 8MNOK, for de fire lokalitetene samlet ca. 28MNOK.

Tabell 48: Mengde PFOS-forurenset masse, mengde PFOS i massene og beregnede tiltakskostnader for fire lokaliteter på Rygge Flystasjon.

Sted	Navn	Tonn	PFOS (µg/kg)	PFOS (kilo)	NOK per tonn	Tot kostnad (MNOK)	MNOK per kg PFOS
RYG 2	Lagerområde tønner	300	80	0,024	1500	0,45	18,8
RYG 4	Brannstasjon	5400	190	1,03	1500	8,1	7,9
RYG 9	Brannøvingsfelt v/plattform	1700	2200	3,74	1500	2,55	0,7
RYG 9	Brannøvingsfelt v/plattform	3600	400	1,44	1500	5,4	3,8
RYG 11	Nedlagt brannøvingsfelt v/E6	7400	420	3,1	1500	11,1	3,6
	Sum totalt Rygge	18400		9,3		27,6	3,0*

* Gjennomsnittlig kostnad per kilo PFOS som fjernes med oppgraving og deponering.

En sammenligning av kostander for vannrensing og deponering av masser (Tabell 48) gir flere nyttige innspill i tiltaksplanleggingen for PFAS-forbindelser.

Fjerning av ett kg PFOS fra dreisvann ved dagens brannøvingsfelt (mest gunstige plassering av renseanlegget) krever rensing i ca. 7 år (målt mengde PFOS ut ved dette punktet ca. 150gram per år). Installering og drift av nytt mobilt renseanlegg på stedet vil for 7 år koste 9,4 MNOK. Kostnadene for å fjerne 5 kg PFOS ved oppgraving og deponering er ca. 8MNOK dvs. kostandene ved oppgraving per kilo PFOS er mer enn 7 ganger lavere sammenlignet med vannrensing (gjelder på brannøvingsfeltet).

Ved brannstasjonen (RYG 4) er kostandene for å fjerne 1 kg PFOS ca. 8MNOK dvs. på samme nivå (per kg PFOS) som vannrensing ved brannøvingsfeltet. Rensing av vann ved brannøvingsfeltet synes per i dag å være vanskelig da de tilgjengelige vannveiene (drensrør, kulverter) har for høy vannføring og er for lite konsentrerte.

Forskjellene mellom de ulike PFAS-lokalitetene på Rygge Flystasjon er store og gjør en sammenligning mellom spredningskontroll og kildefjerning usikker. Detaljene rundt hvordan konsentrasjonene i jord påvirker konsentrasjonene i avrenningen på de ulike lokalitetene er ikke kjent. Det er som nevnt sannsynlig at rørsystemer, kummer, kulverter etc er og vil være viktige kilder til PFOS-spredning selv etter oppgraving og deponering av jord, slik at kombinasjoner av vannrensing og kildefjerning er nødvendig.

I de fleste sammenhenger er rensing av PFAS i vann en dyrere løsningen sammenlignet med fjerning av jord gjennom oppgraving og deponering.

8.8 OPPSUMMERING TILTAKSVURDERINGER

Fire kildeområder for PFAS-forbindelser er identifisert på Rygge flystasjon og ansees som aktuelle tiltaksområder. Spredningen av PFAS-forbindelser fra disse områdene til resipienten er komplisert og det er i liten grad kjent hvordan og hvor raskt utlekkingen fra kildeområdene skjer. Samtidig er kunnskapen om PFAS-syklusen/sirkulasjonen i Vansjø svært begrenset. I hvilken grad det finnes PFAS-forurensede sedimenter i ulike deler av Vansjø og om disse bidrar til PFOS-innholdet i fisk, er ikke kjent.

Tiltak som gjennomføres må være effektive og samfunnsnyttige og sett på bakgrunn av usikkerheter vedrørende spredning og konsentrasjoner i lokalbiota, anbefales en adaptiv tilnærming av tiltak. Dette innebærer bl.a. å gjennomføre tiltak i en begrenset tidsperiode og overvåke effektene av tiltaket i berørte bekker og gjennom undersøkelser av biota. Resultatene fra overvåkingen evalueres før eventuelt ytterligere tiltak gjennomføres.

Grimstadbekken og Svartbekken renner ut i Grimstadbukta hvor drikkevannsinntaket til Vansjø Vannverk ligger. Også Moskjæra naturreservat grenser til dette området. Grimstadbukta og området ved utløpet fra Svartbekken er ikke de mest aktuelle fiskeområde i Vansjø, men likevel langt mer attraktive enn Fredskjærkilen. For Rygge flystasjon er det derfor naturlig i første omgang å prioritere utslipp mot Øst (Grimstadbukta og Moskjæra naturreservat) og i neste omgang Fredskjærkilen. Tiltak ved eksisterende og nedlagt brannøvingsfelt vil derfor i en slik sammenheng prioriteres.

Ved dagens brannøvingsfelt (RYG 9) finnes løsmasser og jord med relativt konsentrert PFAS-forurensning. Samtidig er dreneringen fra området relativt konsentrert med hensyn på disse forbindelsene og gjør at vannrensing kan være aktuelt (oppgradering av dagens anlegg). Masseutskifting ved brannøvingsfeltet, samt utvidet og forbedret rensing av drens- og grunnvann fra området, vil både på kort og lang sikt redusere utlekkingen av PFAS-forbindelser til Svartbekken og Vansjø.

Forurensede områder ved det nedlagte brannøvingsfeltet lekker i dag PFAS-forbindelser til Grimstadbekken og videre til Grimstadbukta. Stedvis er massene betydelig forurensede og masseutskifting eller isolering av massene er mulig. Grunnvann fra området lekker ut i drensledninger ned mot basseng B2. I en drenskum ved basseng B2 settes ventil til vinterstilling i avisingssesongen dvs. november-april (avhenger selvfølgelig av vær og føre) og vann føres til oppsamlingsbassenger B2-B3 og videre til kommunalt nett. Dersom denne ventilen settes i konstant vinterstilling, vil en stor del av drensvannet som i dag ledes til Grimstadbekken og videre til Grimstadbukta, ledes til kommunalt nett hele året. En slik løsning vil redusere tilførselen av PFAS-forbindelser til Grimstadbukta betydelig. En slik løsning krever tett dialog og samarbeid mellom MOVAR og Forsvarsbygg.

Spredningsberegningene på Rygge viser at Fredskjærbecken er den viktigste kilden til PFAS-forbindelser til Vansjø (via Fredskjærkilen). Et mindre område hvor det i 2007 ble sluppet ut konsentrert brannskum (RYG 2) og brannstasjonen (RYG 4), er de viktigste kildeområdene til Fredskjærbecken som er funnet til nå. Undersøkelser av drensvann som ledes til Fredskjærbecken viser imidlertid at store områder, evt. mange mindre kilder bidrar til PFAS i Fredskjærbecken, slik at det hittil ikke har vært mulig å finne gode plasseringer (basert på kost-nytte betraktninger) for vannrenseanlegg i nedbørfelt til Fredskjærbecken. Masseutskiftinger ved RYG 2 og RYG 4 vil imidlertid på sikt bidra til lavere utlekking til Fredskjærbecken.

9 REFERANSER

3M 2003. Environmental and health assessment of perfluorooctanesulphonic acid and its salts. 3M Company, US.

Amundsen, C.E. Forfang, I., Aasen, R., Eggen, T., Sørheim, R., Hartnik, Th. og Næs, K. 2008. Screening of polyfluorinated organic compounds at four training facilities in Norway. TA 2444/2009. Klif, 0032 Oslo.

Amundsen, C.E. 2010a. Akseptkriterier og tiltaksplan for nedlagt brannøvingfelt ved Rygge Flystasjon. Bioforsk-rapport 88/2010 av 31. mai 2010. Bioforsk, Fredrik A Dahlsvei 20, 1432 Ås.

Amundsen, C.E. 2010b. Tiltaksrapport. Fjerning av masser forurensset med PFOS ved nedlagt brannøvingfelt, Rygge Flystasjon. Bioforsk-rapport /2010. Bioforsk, Fredrik A Dahlsvei 20, 1432 Ås.

Amundsen, C.E. og Engelstad, F. 2012. PFAS ved luftforsvarets brannøvingfelt. Resultater fra undersøkelser ved Rygge, Ørland, Bodø, Andenes og Bardufoss. Forsvarsbygg-rapport 380/2012. Forsvarsbygg, Grev Wedels plass 5, 0103 Oslo.

Amundsen, C.E. og Frøyland, L. 2014. PFAS ved luftforsvarets brannøvingfelt. Resultater fra undersøkelser ved Rygge, Ørland, Bodø, Andenes, Bardufoss, Evenes, Banak og Høybuktmoen i 2013. Forsvarsbygg-rapport 551/2014. Forsvarsbygg, Grev Wedels plass 5, 0103 Oslo.

Bjølseth, I.M. 2012. Rygge Flystasjon brannøvingfelt. Datarapport og tiltaksplan. Rapport 5 11 74 9 / 1. Multi-consult, 0213 Oslo.

Brooke, D., Footitt, A. og Nwaogu, T.A. 2004. Environmental risk evaluation report: perfluorooctanesulphonate (PFOS). Environment Agency Science Group, Wallingford, UK.

Bruskeland, O. og Olsen, T.S. 1996. Supplerende miljøtekniske grunnundersøkelser. Risikovurdering. Rapport 43471-1. Noteby, 0132 Oslo.

Environment Canada, 2006. Ecological screening assessment report on perfluorooctane sulfonate, its salts and its precursors that contain the C8F17SO2 or C8F17SO3 or C8F17SO2N moiety. Canadian Environmental Protection Act, 1999 (CEPA 1999). Environment and Climate Change Canada.

Herzke, D., Olsson, E. og Posner, S. 2012. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in consumer products in Norway – A pilot study. *Chemosphere*, Vol. 88, nr. 8, 980-987.

Lindblad, V. og Sjøgren, J.E. 2015. Moss lufthavn Rygge. Årsrapport miljø 2014-2015. Forsvarsbygg Markedsområde Viken, 12.mai 2015.

Aase, N, 2002. Rygge hovedflystasjon. Gammelt brannøvingfelt. Miljøtekniske saneringstiltak Rapport nr 102423.1-1. Noteby AS, Pb 265 Skøyen, 2013 Oslo.