

# Perfluorerte forbindelser ved Bergen lufthavn Flesland 2019

Resultater fra pågående overvåkning av  
PFAS i ørret og albusnegl

Marte Haave og Gaute Velle



Prosjekttittel: Perfluorerte forbindelser ved Bergen lufthavn Flesland 2019- Resultater fra pågående overvåkning av PFAS i ørret og albusnegl

Prosjektnummer: 100903

Institusjon: NORCE Norwegian Research Centre AS  
Nygårdsgaten 112  
5008 Bergen

Oppdragsgiver: Avinor

Gradering: Åpen

Rapportnr.: 07-2019

ISBN: 978-82-8408-056-7

Antall sider: 14

Sitering: Haave og Velle (2019). Perfluorerte forbindelser ved Bergen lufthavn Flesland 2019- Resultater fra pågående overvåkning av PFAS i ørret og albusnegl. NORCE rapport 7-2019

Bildetekst og kreditering: Fisketrappen ved utløpet av Langavatn (foto av G. Velle).

Emneord: Miljøgifter, PFAS, PFOS, fisk, albusnegl, biologisk overvåkning

Bergen, 12.12.2019

---

Marte Haave  
*Prosjektleder*

---

Gaute Velle  
*Kvalitetssikrer*

---

Bjørn Barlaup  
*Leder*

Innhold	
1. Innledning	3
2. Material og metode	4
3. Resultater	8
4. Diskusjon og konklusjon	12
5. Referanser	13
6. Vedlegg	13

# 1. Innledning

På oppdrag fra Avinor har NORCE Norwegian Research Centre, avdeling Miljø (tidligere Uni Research Miljø) undersøkt perfluoralkylforbindelser og fluortelomersulfonater (PFAS) i utvalgte organismer ved Bergen lufthavn Flesland, som et ledd i miljøovervåkningen av PFAS ved Bergen Lufthavn Flesland. Årets undersøkelse er en forlengelse av miljøundersøkelsen som ble utført av NORCE LFI høsten 2018 (Birkeland. et al. 2019). Analyser av PFAs i fisk og albusnegl skulle være en del av undersøkelsen i 2018, men det lot seg ikke gjøre å ta årsgamle fisk til analyser høsten 2018 på grunn av en episode med tørke om sommeren som medførte høy fiskedødelighet.

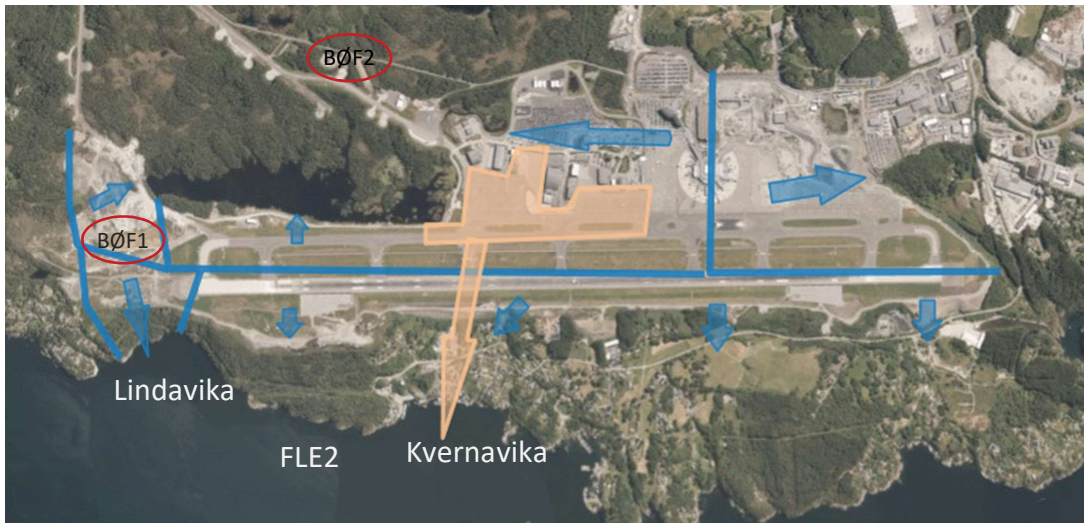
Hensikten med undersøkelsen er å belyse innhold av PFAS og endringer i miljøet over tid. Etter langvarig bruk av brannskum med PFOS ved Brannøvingsfelt 1 (Fig.1) fra 1970 til 1994, og deretter ved Brannøvingsfelt 2 (BØF2, Fig. 1) fra 1994-2001, gikk man over til PFOS-fritt AFFF-brannskum (Aqueous Film-Forming Foam) ved lufthavnen i 2001. AFFF er basert på fluortelomersulfonat (FTS), og med innhold av langkjedede PFAS. PFOS og PFOS-dannende forbindelser ble forbudt i Norge i april 2007, og brannøvingsfeltene er nå nedlagt og utslipp av perfluorerte og halogenerte forbindelser i brannskum er stanset. (Se også SAM e-rapport 06-2016 for historikk). Det ble ved en tidligere undersøkelse påvist høye nivåer av PFAS i jord rundt brannøvingsstomten ved Bergen Lufthavn Flesland (Møskeland et al. 2010). Som en del av Resipientundersøkelsen i Byfjorden i 2012 (Kvalø et al. 2013) ble også sjøområdet ved Avinor på Flesland undersøkt for PFAS i albusnegl, blant annet ved Lindevikabekken, og disse resultatene er inkludert som sammenlikningsgrunnlag. PFAS er svært lite nedbrytbare stoffer, som forventes å eksistere i miljøet i lang tid fremover og vil kunne lekke ut og akkumulere i biota over tid. Flere av forbindelsene er også giftige, og det er derfor viktig å overvåke nivåer i miljøet, for å vurdere eventuelle tiltak for å begrense avrenning fra de gamle brannøvingsfeltene.

Ungfisk av ørret (*Salmo trutta*) og albusnegl (*Patella vulgata*) er spesielt utvalgt for biologisk overvåking av området. Alderen til ørreten er av sentral betydning fordi unge fisk ikke vandrer oppover i elvene, men holder seg lokalt i Langavatn, slik at nivåene i fisken representerer eksponering for PFAS fra Langavatn og nærliggende bekker. PFAS binder seg til proteinrikt vev som blod og lever, og til rogn i kjønnsmodne individer. Fordelen med å benytte ungfisk er både stedfasthet og at de ikke gyter.

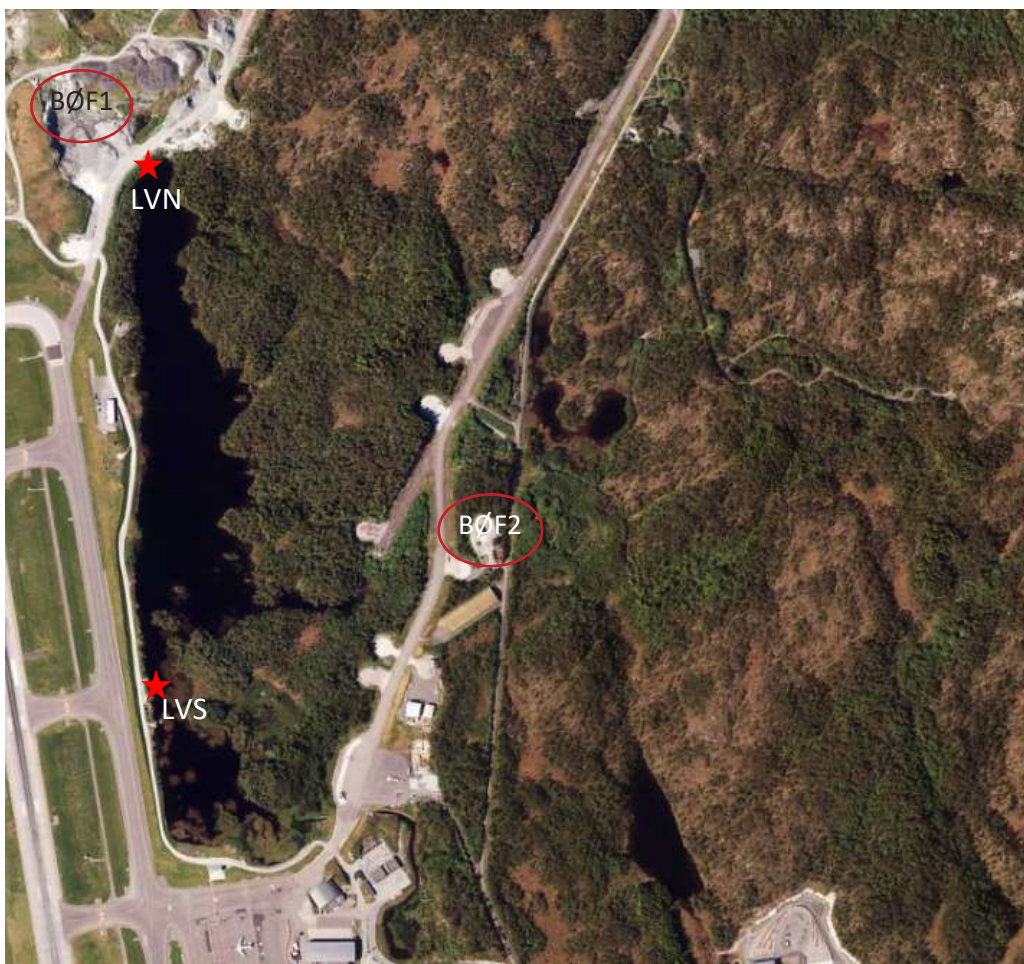
Albusnegl er en stedfast saltvannssnegl (Fig.3) som har vist seg å være en god og følsom indikator på utslipp av PFAS i over tid, som tar opp mange av de analyserte PFAS forbindelsene og kan gi indikasjoner om punktutslipp (Haave 2013, Haave and Johansen 2013, Haave 2014, Haave and Hatlen 2015, Haave et al. 2015). Den er lett å samle inn, er vanlig langs kysten, og egner seg godt for biologisk overvåking. Gyting skjer som regel i oktober, og prøveinnsamling gjøres derfor før gyting om høsten.



## 2. Material og metode



Figur 2. Skisse av området ved Bergen Lufthavn Flesland, med Brannøvingsfeltene (BØF1, BØF2) og hovedretning for avrenning fra flyplassområdet. Kart: Avinor



Figur 2. Oversikt over stasjoner for el-fiske etter ørret i Langavatn ved Bergen Lufthavn i 2019. Langavatn Nord (LVN) ligger nær det gamle brannøvingsfeltet (BØF1). Langavatn Sør (LVS) ligger ved fisketrappen. BØF2 er brannøvingsfeltet der det ble benyttet PFOS holdig brannskum fra 1994 -2001, og deretter AFFF uten PFOS



**Figur 3.** Albusnegl (*Patella vulgata*) er en stedfast og langlivet snegl som kan samles i tidevannssonen. Sneglen akkumulerer mange ulike PFAS og egner seg godt til biologisk overvåkning.

**Tabell 1.** Stasjonsnavn med koordinater og beskrivelse av undersøkelse i 2019.

Stasjon	Koordinater WGS84	Prøvetype	Dato	Beskrivelse
Lindevika (LVA2)	60°18'29.8" N 5°12'34.4"E	Albusnegl	08.08. 2019	På svaberg ved utløp av Lindavikabekken. Mye albusnegl
Flesland 2 (FLE2)	60°18'13.7" N 5°12'21.6"E	Albusnegl	08.08. 2019	På svaberg nedenfor nordlige delen av rullebanen. Mye albusnegl
Kvernava (KVA1)	60°17'54.7" N 5°12'29.5"E	Albusnegl	08.08. 2019	På steinblokker langs kaien ved utløpet av Fleslandselven, nedenfor silo. Få men store albusnegl
Langavatn Nord (LVN)	60°18'32.4" N 5°13'14.4"E	Ørret	08.08. 2019	El-fiske etter 1-2 åringer ved nordlig bredde. Ingen ungfisk ble tatt her i 2019.
Langavatn Sør (LVS)	60°18'1.6"N 5°13'12.5"E	Ørret	08.08. 2019	El-fiske etter 1-2 åringer ved fisketrapp

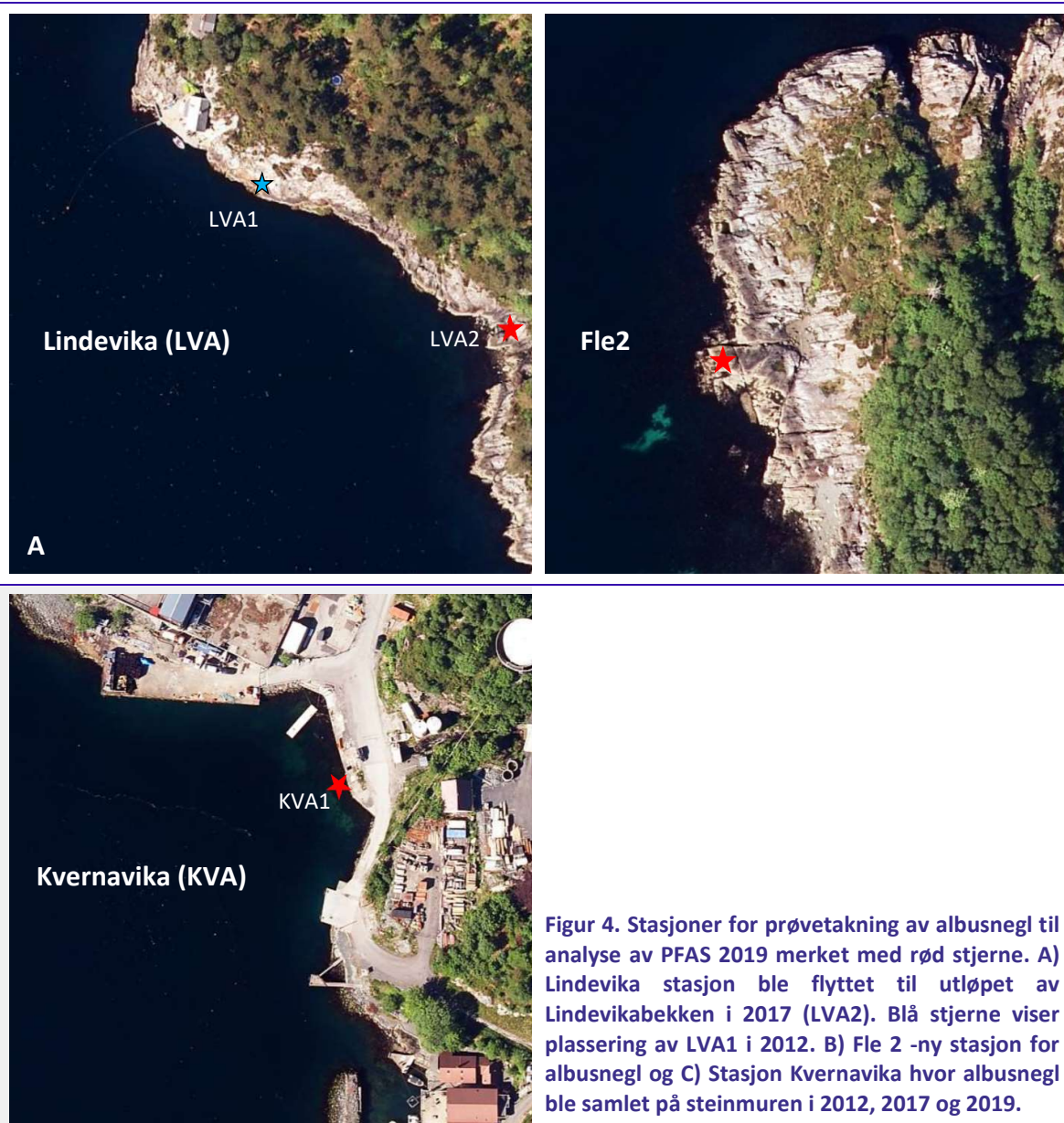
Prøvene som ble tatt 8. august 2019 inkluderer ungfisk fra Langavatn (1-2 år gamle) og albusnegl på tre lokaliteter i sjøen nedenfor flyplassområdet. Dette inkluderer Lindavikabekken, som drenerer det tidligere brannøvingsfeltet nord for Langavatn (Deponi Nord). Prøver av ungfisk ble tatt med el-fiske i 2017 og 2019, som beskrevet i SAM e-rapport 08-2017. I 2017 ble det tatt fisk ved Langavatn Nord (LVN), Langavatn Øst og Langavatn Sør (LVS), men i årets undersøkelse oppnådd vi tilstrekkelig antall ungfisk til analyse kun fra LVS. Fisken ble frosset umiddelbart etter prøvetakning ved -20° C. Ørret fra LVS (1+ og 2+) var under 10 cm lange og under 10 gram hver. Syv individer ble slått



sammen til en blandprøve der hele fisken med viscera og gjeller ble homogenisert (helkroppshomogenat). To parallelle analyser ble utført på prøvematerialet. I 2017 ble fisken tatt 30. oktober.

Prøver av albusnegl ble tatt ved å løsne sneglen fra underlaget med en kniv. Prøvene ble samlet i poser og frosset umiddelbart (-20°C) frem til analyse. Det ble tatt minst 20 albusnegl per stasjon til analyse av en blandprøve. I 2012 ble det også utført analyser av albusnegl ved Kvernavika og Lindevikabekken, men stasjonen ved Lindavikabekken (LVA1) ble i 2017 flyttet nærmere utløpet av bekken (LVA2). Prøvene i 2017 og 2019 er derfor direkte sammenliknbare, mens 2012 har en større avstand til bekken som vil påvirke konsentrasjonen av PFAS i prøvene. I 2017 ble prøvene tatt 16. mai.

NORCE utførte prøvetaking av fisk og albusnegl, og Eurofins Environment Testing utførte analyser for å kvantifisere 22 ulike PFAS (Vedlegg 1-2).



Figur 4. Stasjoner for prøvetaking av albusnegl til analyse av PFAS 2019 merket med rød stjerne. A) Lindevika stasjon ble flyttet til utløpet av Lindevikabekken i 2017 (LVA2). Blå stjerne viser plassering av LVA1 i 2012. B) Fle 2 -ny stasjon for albusnegl og C) Stasjon Kvernavika hvor albusnegl ble samlet på steinmuren i 2012, 2017 og 2019.

## Databehandling

Statistikkprogrammet SPSS 25.0 for Windows ble benyttet for databehandling og grafisk fremstilling.

## Rapportering

Resultatene presenteres hovedsakelig i tabell og tekst. Vi sammenlikner konsentrasjonene av PFOS med kvalitetsstandard for biota  $QS_{\text{biota}} = 9,1 \mu\text{g}/\text{kg}$  vv etter EU direktiv 2013/39/EU gjennomgått i Miljødirektoratets rapport M-241 (Arp et al. 2014). Øvrige PFAS er ikke tildelt grenseverdi for toksisitet.

## Kvantifiseringsgrense (LOQ)

Kvantifiseringsgrensen (Limit of Quantification: LOQ) er grensen for å angi konsentrasjonen av en forbindelse ved analyse. LOQ er høyere enn deteksjonsgrensen (LOD), som er grensen for å detektere tilstedeværelsen av en forbindelse i prøven, men da i så små mengder at konsentrasjonen er svært usikker. For LOQ, se analysebevis (vedlegg 3). En forbindelse som ikke finnes i mengder over LOQ kan likevel være tilstede i prøven i mengder like under LOQ, og dermed bidra til total belastning. For et verste-fall scenario kan man oppgi sum PFC som inklusiv LOQ. For å si noe om nivåene i miljøet faktisk blir målbart høyere vil derimot sum PFC eks LOQ være et godt hjelpemiddel. Det ene er ikke mer korrekt enn det andre, men er ulike måter å vurdere konsentrasjonene på.

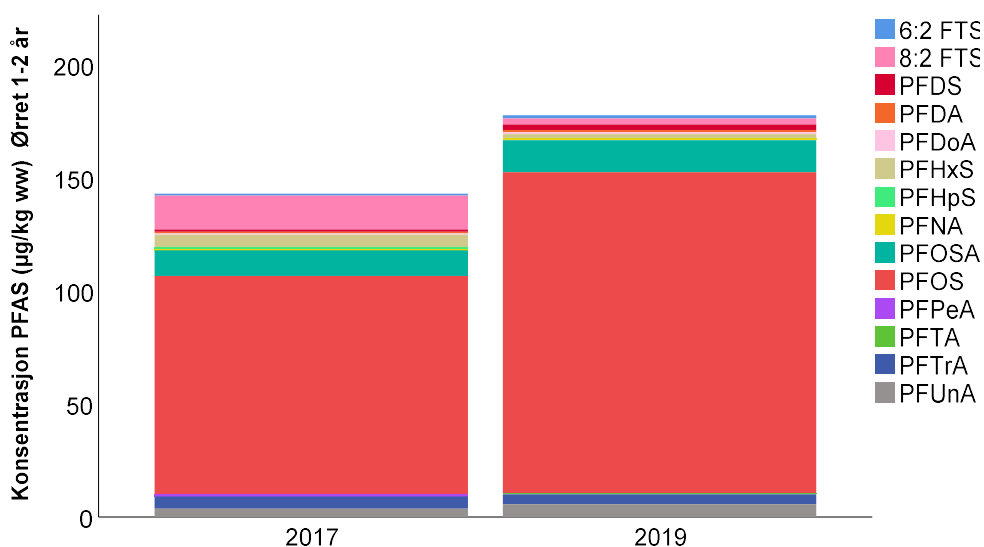
LOQ ble i 2019 endret til en høyere verdi etter kvalitetssikring hos Eurofins Environment Testing, med tilbakevirkende kraft for 2017. Det betyr at verdiene fra 2017 måtte justeres til høyere LOQ-verdier (vedlegg 3).



### 3. Resultater

#### Ørret

Analyseresultater for henholdsvis ørret og albusnegl er vist i Tabell 2 og 3 (se også vedlegg 1 og 2). Vi ser av resultatene at i ørret dominerer PFOS blant de perfluoreerte forbindelsene, med opptil 142 µg/kg våtvekt (vv) i 2019 (Tabell 2), som er en økning fra 90 µg/kg vv i 2017. Samlet konsentrasjon av PFAS i 2019 sammenliknet med 2017 viser også en betydelig økning fra 131µg/kg vv i 2017 til 183 µg/kg vv i 2019 (Tabell 2). Flere PFAS forbindelser ble kvantifisert i 2019 enn i 2017, men verdiene for disse forbindelsene er fortsatt rundt kvantifiseringsgrensen, så endringene er ikke nødvendigvis store. Generelt ser vi en økning i de fleste forbindelsene fra 2017-2019, men også en liten nedgang i enkelte. Dette gjelder særlig 8:2 FTS med en nedgang fra 10,5 µg/kg vv i 2017 til 2,7 µg/kg vv i 2019. Det er for tidlig å si om dette er en vedvarende trend, men FTS er ifølge produsenter lettere nedbrytbart enn de andre perfluoralkanene og kan følgelig brytes ned og bli borte fra miljøet dersom tilførsel stanser.



Figur 5: Konsentrasjoner av perfluoreerte forbindelsene (PFAS) i unge ørret 1+ og 2+ fra Langavatn ved Bergen Lufthavn Flesland i 2017 og 2019.

**Tabell 2. Nivåer av perfluoreerte forbindelser (µg/kg våtvekt) i ungfisk av ørret fra Langavatn ved Bergen lufthavn Flesland i 2017 og 2019. Kun forbindelser som er påvist i minst en prøve er vist**

Lokalitet	År	6:2 FTS	8:2 FTS	PF-3,7 DMOA	PFDS	PFDA	PFDOA	PFHXS	PFHPS	PFNA	PFOSA	PFOS	PFPeA	PFTA	PFTa	PFUnA	PFAS ekskl. LOQ	PFAS inkl. LOQ
LVN	2017	<LOQ	14,3	<LOQ	1,3	0,6	0,5	11,5	0,8	0,7	11,6	119	<LOQ	<LOQ	4,7	4,0	169	176
LVS	2017	0,6	10,5	<LOQ	0,8	0,6	0,6	2,2	<LOQ	<LOQ	9,4	90	1,0	<LOQ	5,5	3,6	125	131
	2019	1,4	2,7	1,4	2,4	1,0	0,8	2,0	<LOQ	0,8	14,2	142	<LOQ	0,5	4,4	5,6	177	183

<LOQ: Under Kvantifiseringsgrensen (Limit of Quantification: 0,5-1 µg/kg vv)

PFOS-konsentrasjoner over kvalitetsstandard for biota (QS<sub>biota</sub>) er uthevet i rødt.

**Tabell 3. Nivåer av perfluoreerte forbindelser (µg/kg våtvekt) i albusnegl fra området nedenfor Bergen lufthavn Flesland i perioden 2012-2019. Prøvene representerer enkle analyser av blandprøver av mer enn 20 individer. Kun forbindelser som er påvist i minst en prøve er vist**

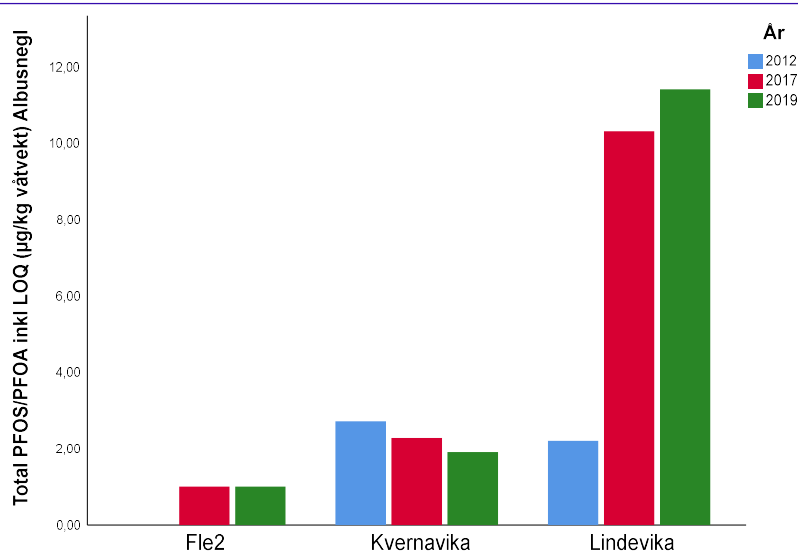
Stasjon	År	6:2 FTS	PFDS	PFDA	PFDOA	PFNA	PFOSA	PFOS	PFTA	PFTa	PFUnA	Sum PFAS ekskl. LOQ	Sum PFAS inkl. LOQ
FLE2	2017	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,6	<LOQ	0,6	13
	2019	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,8	0,8	13
KVA1	2012	0,9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2,2	<LOQ	<LOQ	2	5,1	15
	2017	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,8	14
	2019	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,4	13
LVA2	2012*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,7	<LOQ	<LOQ	5,1	6,8	18
	2017**	<LOQ	3,1	0,1	7,9	0,6	6,8	9,8	0,8	126	67	222	230
	2019**	<LOQ	2,5		3,1	0,8	5,5	11	<LOQ	28	34	85	94

\*: Stasjon LVA1, \*\*: Stasjon LVA2. <LOQ: Under Kvantifiseringsgrensen (Limit of Quantification: 0,5-1 µg/kg vv) PFOS-konsentrasjoner over kvalitetsstandard for biota (QS<sub>biota</sub>) er uthevet i rødt.

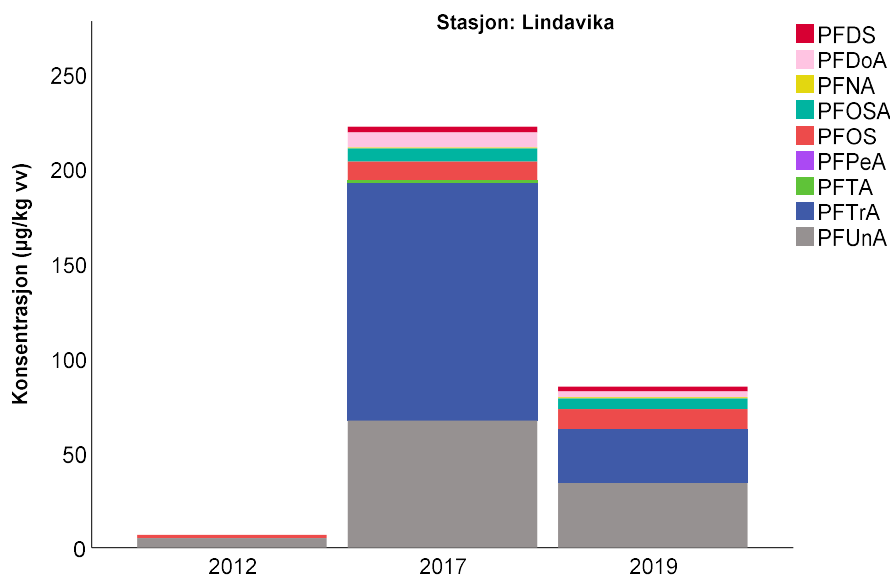
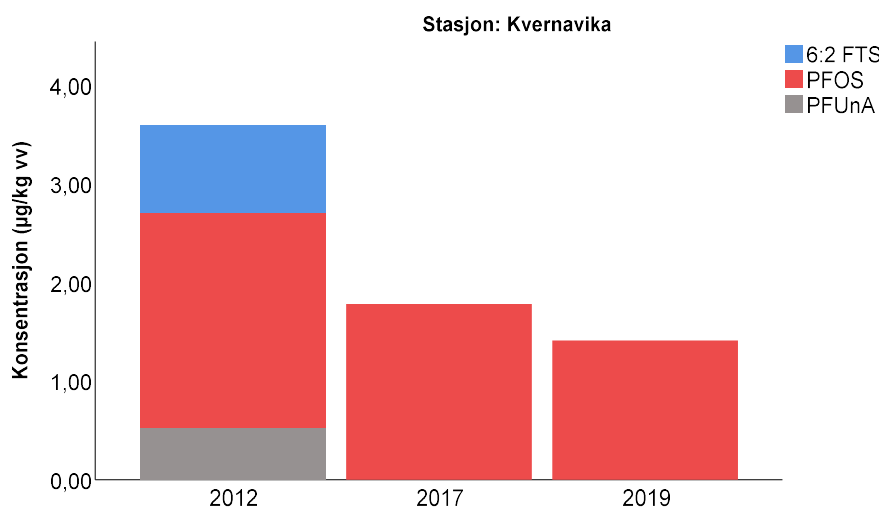
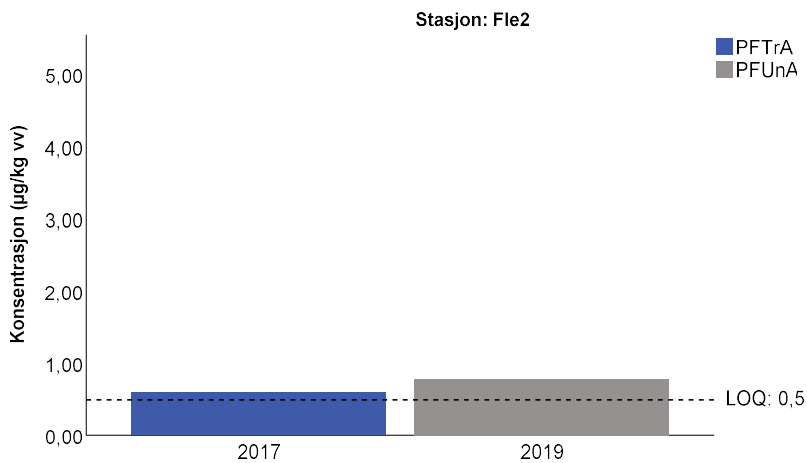
## Albusnegl

For albusnegl er det små endringer i det generelle bildet når det gjelder nivåer av PFAS. De laveste konsentrasjonene finner vi ved Flestrand 2 (Fle2), og de høyeste ved utløpet av Lindavikabekken (LVA2), hvor konsentrasjonene av PFOS også er over  $QS_{\text{biota}}$  på  $9,1 \mu\text{g}/\text{kg}$  vv (Tabell 3). Konsentrasjonene av PFAS ved Kvernavika (KVA1) er også lave i forhold til Lindavikabekken. Ved Lindavikabekken er det lavere konsentrasjoner i 2019 enn i 2017 med  $85 \mu\text{g}/\text{kg}$  vv mot tidligere  $222 \mu\text{g}/\text{kg}$  vv (Tabell 3). Det er for tidlig å si om lavere nivåer kan være en vedvarende trend som skyldes nivåene i miljøet, eller om det skyldes ulikheter i nedbør eller andre forhold som kan påvirke avrenning eller opptak av PFAS.

PFOS er målbart i albusnegl ved KVA1 og LVA2, men ikke ved FLE2. Ved LVA2 øker PFOS i albusnegl, mens det er en nedgang ved KVA1. LVA2 har målbare konsentrasjoner av de fleste PFAS, med noen få unntak. FLE2 har kun målbare mengder av de to forbindelsene PFTrA og PFUnA i hhv 2017 og 2019, mens konsentrasjoner av andre PFAS er under LOQ. (Tabell 3). De dominerende forbindelsene i albusnegl er i 2019 PFUnA og PFTrA, som er langkjedete PFAS med 11 og 13 karbon i kjedene. Nivåene faller likevel fra 2017 til 2019 (Tabell 3, figur 5). Det er for tidlig å si om dette er en trend som skyldes lavere utslipp fra det nedlagte brannøvingsfeltet.



Figur 4: Sum PFOS/PFOA  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vv (inkludert LOQ) i albusnegl fra sjøen nedenfor Bergen Lufthavn Flestrand i perioden 2012-2019).



Figur 5: PFAS (µg/kg vv) i albusnegl fra tre stasjoner i sjøen nedenfor Bergen Lufthavn Flesland i perioden 2012-2019). FLE2 ble opprettet i 2017. Merk at skala på Y-aksen varierer mellom grafene.



## 4. Diskusjon og konklusjon

Rapporten viser resultater etter to års oppfølging av et overvåkningsprogram for PFAS ved bruk av ungfisk av ørret i ferskvann og albusnegl i saltvann ved Bergen Lufthavn Flesland. Undersøkelsene viser betydelige variasjoner i konsentrasjoner av ulike PFAS mellom de to årene. Generell økning i PFOS både i ørret i Langavatn og i albusnegl ved utløpet av Lindavikabekken som drenerer ut fra Langavatn, tyder på fortsatt avrenning av PFOS fra de forurensede massene ved Brannøvingsfeltene. Langkjedede PFAS som PFUnA og PFTrA dominerer i albusnegl i 2019, selv om innholdet har avtatt siden 2017. I ørret er konsentrasjonene av disse langkjedede forbindelsene nokså uendret fra 2017.

PFOS- innholdet i ørret og albusnegl er over  $QS_{\text{biota}}$  (Arp et al. 2014) som kan medføre toksiske effekter i organismene over tid. Det er ikke fiske i Langavatn, og menneskelig eksponering er derfor ikke sannsynlig. Kun PFOS har foreløpig en oppgitt referansegrense ( $QS_{\text{biota}}$ ) (M), og toksisiteten til andre PFAS er dårlig kjent.

Det er for tidlig å si om forskjellene som vi har observert de to årene undersøkelsen har pågått vil vedvare. Ettersom ungfisken ikke gyter, og albusneglen ble tatt før gyteperioden, er det ikke sannsynlig at innholdet av PFAS er påvirket av gyting. Inntak av PFAS over sommeren kan kanskje ha økt innholdet i albusnegl i forhold til prøver tatt i april 2017. Dette bør følges opp videre, spesielt med tanke på PFOS-stoffene som økte mellom 2017 og 2019. For senere undersøkelser anbefales det at albusnegl og ørret tas samtidig, og tidlig om høsten for å unngå forskjeller mellom årene som kan skyldes ernæringsstatus.

## Takk

Kontaktperson hos Avinor har vært Peter Holmkvist. Vi vil takke Avinor for oppdragene og ser frem til videre samarbeid.

## 5. Referanser

- Arp, H. P., et al. (2014). "Kvalitetssikring av miljøkvalitetsstandarder Quality assurance of environmental quality standards." Miljødirektoratets rapportserie M-241|2014: 170 pp + vedlegg.
- Birkeland., I. B., et al. (2019). " Biologiske og kjemiske undersøkelser i vassdragene ved Bergen Lufthavn 2018. ." LFI-rapport nr 326.
- Haave, M. (2013). Oppfølgende undersøkelser av perfluorerte forbindelser (PFC) ved Kollsnes prosessanlegg i 2012, Uni Miljø, Uni Research AS.
- Haave, M. (2014). "Undersøkelse av perfluorerte forbindelser i albusnegl ved Statoil Mongstad 2014." Uni Research Miljø SAM e-notat 21-2014 15 pp.
- Haave, M. and Hatlen, K. (2015). "Marine monitoring shows emerging long-chained perfluorinated compounds in biota, following the ban on PFOS. ." Symposium abstract, SETAC Barcelona.
- Haave, M., et al. (2015). "Miljøgifter i biota ved Statoil Mongstad 2015." Uni Research Miljø SAM-e-rapport 35-2015: 29+32 pp.
- Haave, M. and Johansen, P.-O. (2013). Resipientundersøkelse ved Kårstø Gjestehus 2012, Uni Miljø, Uni Research AS.
- Kvalø, S. E., et al. (2013). "Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015." Uni Research, SAM e-rapport -Endring nr. 1 til rapport: 7- 2013.
- Møskeland, T., et al. (2010). Environmental screening of selected "new" brominated flame retardants and selected polyfluorinated compounds 2009. Klif, Statlig Program for Forurensningsovervåking. TA-2625/2010: 157 s.

## 6. Vedlegg

Vedlegg 1: Analysebevis ørret

Vedlegg 2: Analysebevis albusnegl

Vedlegg 3: Teknisk vedlegg, endring av LOQ for PFAS av 06.11.2019

