

Oppfølging av noen prioriterte miljøgifter i bekker og vann ved Bergen Lufthavn 2017



Uni Research Miljø SAM-Marin
Thormøhlensgt. 55B
5008 Bergen

Telefon: 55 58 41 43

ISSN nr: ISSN-1890-5153

SAM e-rapport: 08-2017

Prosjektnummer: 811544

Tittel: Oppfølging av noen prioriterte miljøgifter i bekker og vann ved Bergen Lufthavn 2017

Dato: 14.12.2017

Forfatter: Marte Haave, Gaute Velle

Geografisk område: Flesland/ Bergen Kommune / Hordaland

Oppdragsgiver: Avinor

Tilgjengelighet: Åpen

Antall sider: 18+11

Emneord: PFOS, PFAS, metall, DGT, overvåkning, fisk, snegl

Forsidefoto: Motiv: Loggestasjon i Fleslandselven ved rullebanen (Uni Research Miljø)

Innhold

1. Innledning	4
2. Material og metode	7
Områdebeskrivelse	7
3. Resultater og diskusjon	10
Albusnegl.....	10
Ørret.....	13
Prioriterte metaller i vann.....	15
4. Konklusjon.....	17
5. Vedlegg.....	17
6. Litteratur:	18

1. INNLEDNING

Rapporten er en oppfølging etter gjennomgang av kjemiske parametere i elver og vann ved Bergen Lufthavn Flesland i perioden 2010- 2017 (SAM e-rapport 06-2016 og SAM e-rapport 04-2017) (**ISSN nr:** ISSN-1890-5153).

Formålet med overvåkningsprogrammet ved Avinor er å dokumentere i hvilken grad de samlede aktivitetene ved lufthavnen påvirker tilstanden i resipientene ved lufthavnen. Denne rapporten følger opp analyser av prioriterte metaller og perfluorerte forbindelser, samt PFOS i biota i Langavatn og ved utløpene fra flyplassområdet i Kvernavika og Lindevika. Rapporten følger opp noen tungmetaller som ble påvist i forhøyede nivåer i tidligere undersøkelser for å undersøke om det bør gjøres oppfølgende effektstudier i biota. Perfluorerte forbindelser omtales her med forkortelsen PFAS, som inkluderer perfluoralkylsulfonater, perfluoralkylsyre og fluortelomersulfonater (FTS). Tidligere rapporter har omtalt denne gruppen som perfluorerte komponenter (PFC), og i analysebevisene er betegnelsen Sum PFC benyttet. Etter Avinors ønske skal PFAS benyttes heretter som en samlebetegnelse. Rapporteringen vil legge spesielt vekt på perfluoroktylsulfonat (PFOS) som tidligere ble brukt i brannskum, men som ble forbudt på grunn av lite nedbrytbarhet og høy toksisitet. PFOS er nå erstattet av lite giftige og mer nedbrytbare fluortelomersulfonater (FTS) i brannskum. Tidligere analyser av vannprøver ved Flesland viser store variasjoner i PFAS, med de høyeste konsentrasjonene rundt brannøvingsfeltene, BØF1 og BØF2. Undersøkelsen skal fastsette nivåer for PFAS i ungfisk i Langavatn og albusnegl i sjøen utenfor Flesland. Disse organismene ønsker vi å benytte som bioindikatorer for senere undersøkelser. Formålet er å overvåke utslipp av PFAS til Langavatn og området utenfor flyplassen. Kildene til perfluorerte forbindelser i Langavatn er både det nye og det gamle brannøvingsfeltet der det har vært benyttet fluorholdig brannskum. PFOS holdig brannskum opphørte i 2007. Dreneringen av PFAS ut fra flyplassområdet skjer gjennom Lindevikabekken og Fleslandselven, mens kilden til PFAS i Lindevika er forventet å være primært avrenning fra det gamle brannøvingsfeltet i nordlig del av Langavatn (Fig 1). Høyest konsentrasjon av den svært lite nedbrytbare og giftige forbindelsen PFOS i elv er tidligere målt i Lindevikabekken, mens grunnvannsprøver viser svært høy forurensning av PFOS like ved den nye brannøvingsfeltet (SAM e-rapport 06-2016 og SAM e-rapport 04-2017).. I tillegg inneholder grunnen nå også perfluorerte forbindelser fra brannskummet som erstattet PFOS holdig brannskum, og som inneholder både FTS og langkjedede PFAS. Overvåkning av nivåene i Langavatn og innholdet av PFAS i biota er derfor av interesse for å vurdere behov for tiltak eller sanering for å begrense utslippene til miljøet. PFOS som har trukket ned i grunnen fra brannøvingsfeltet vil være vanskelig å samle opp, men bruk av aktivt kull i grøfter kan binde PFOS og dermed begrense videre transport ut i Langavatn. Erstatning av AFFF brannskum med ikke halogenert brannskum vil redusere nivåene på sikt, men avrenning av forbindelser som finnes i grunnen vil kunne fortsette over lang tid, og akkumulere i biota dersom områdene ved utslippene ikke saneres. På grunn av bioakkumulering av de langkjedede PFAS de blitt identifisert som problematiske og flere av dem vurderes for utfasing og forbud av ECHA (European Chemical Agency) i henhold til REACH regelverket (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals).

Tungmetaller som kobber, nikkel og krom ble i SAM e-rapporter 6-2016 og 4- 2017 påvist å være forhøyet særlig nedenfor rullebanen. Kobber hadde tilstandsklasse fem- Svært dårlig, med fare for akutt toksiske effekter i biota, og en vurdering av biotilgjengelighet ble foreslått før en eventuell videre undersøkelse analyse av biologiske effekter i fisk og biota i elvene. Dette er i denne rapporten fulgt opp ved bruk av passive prøvetakere som viser gjennomsnittskonsentrasjoner av biotilgjengelige metaller over tid, og dermed kan gi et bedre bilde på langvarig eksponering av biota og sannsynlighet for effekter som et vurderingsgrunnlag for videre undersøkelser av effekter i biota i elver og vann ved Flesland.



Figur 1.1. Området for prøvetakning ved Bergen Lufthavn Flesland. Plassering av etablerte stasjoner for vannprøvetakning i tjern og elver er vist med røde punkter. Plassering av brannøvningsfeltene er vist med blå stiptet linje. Kart: modifisert etter Avinor. Stasjonsnavn for området, fra nord mot sør: DN = Deponi Nord (1 og 2), STF = Steinfjelltjern, BØF = Brannøvningsfelt (1 og 2), LVB = Lindevikabekken, LVN = Langavatn Nord, LVØ = Langavatn Øst, LVS = Langavatn Sør, FEO = Fleslandselven Øvre, SB = SVB = Store Veitabekken, GB = Gåstjørnsbekken, LB1 = Lønningsbekken 1. GA = GA-kanal.

2. MATERIAL OG METODE

Planlegging og utførelse av oppdraget ble utført for Avinor av Uni Research Miljø. Innsamling av albusnegl ble utført av Marte Haave og Einar Bye-Ingebrigtsen 16. mai 2017. Albusnegl ble løsnet fra underlaget med kniv, og lagret frosset i Rilsan-posere ved -20°C frem til analyse.

Fiske etter 1-2 år gamle ørret i Langavatn for PFAS analyser ble utført av Christoph Postler ved Uni Research 30. oktober 2017 etter metoder beskrevet i Bohlin et al. (1989). Analyser av PFAS ble utført på helkroppshomogenat, inkludert gjeller og viscera av ungfisken. Analysene er utført akkreditert av Eurofins Environment Testing ved GfA Lab i Tyskland. Passive prøvetakere ble satt ut av Marte Haave og Einar Bye-Ingebrigtsen 16. mai og tatt opp 13. juni 2017 (28 dager). temperatur under utsett ble hentet fra loggerne som står ved prøvepunktet ved GB og FEO. For LVS ble temperatur hentet fra logger i GA-Kanal. Det ble benyttet en feltblank for vurdering av luftbårne metaller. Analyser av metallkonsentrasjoner i passive prøvetakere ble utført akkreditert av Exposmeter AB (Sverige) ved underleverandør Povodi Labe (Tsjeckia). Beregningene av vannkonsentrasjon omfattes ikke av akkrediteringen. Utsett og opptak av DGT og el-fiske er ikke akkrediterte oppgaver.

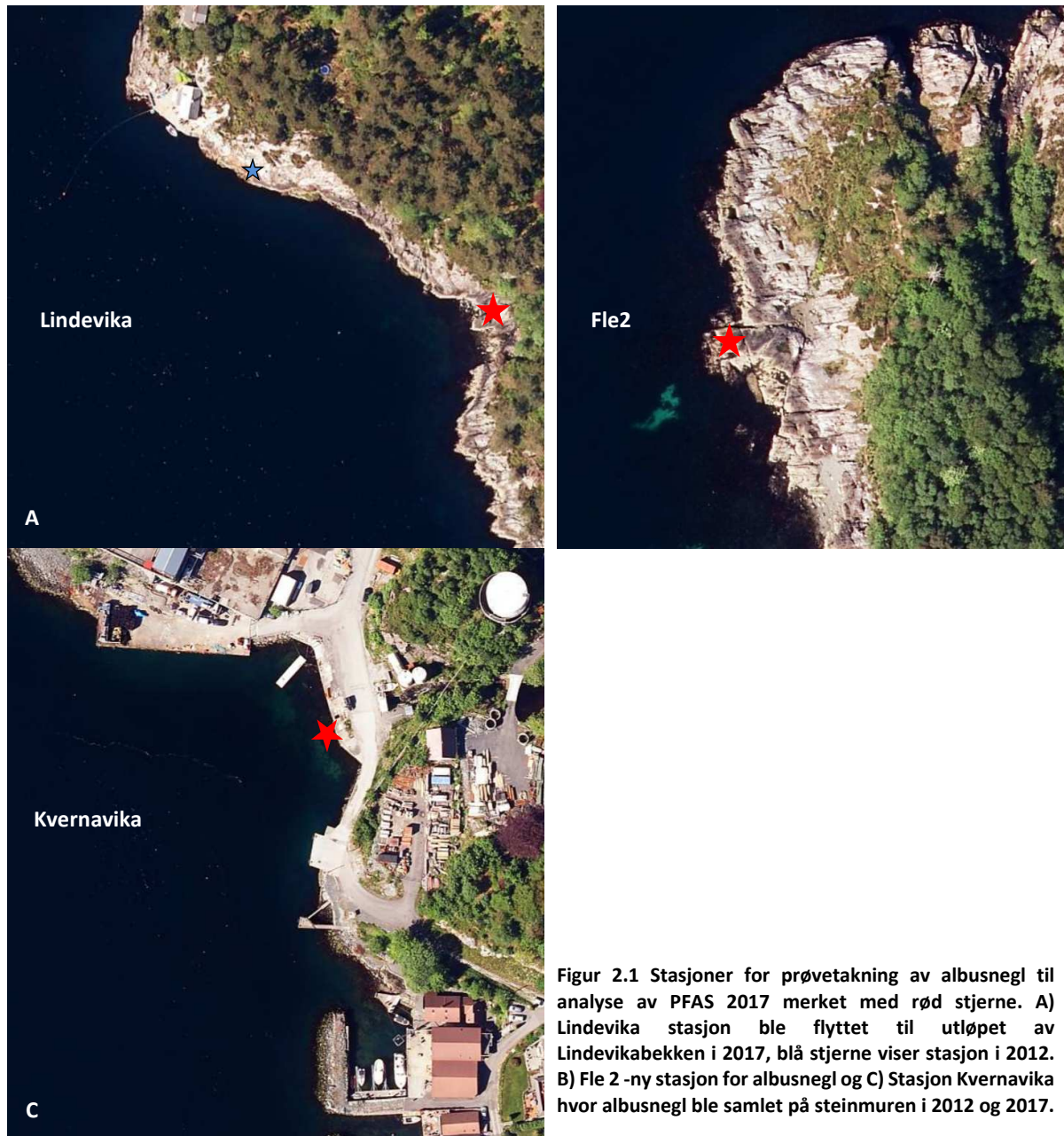
Områdebeskrivelse

Flesland flyplass ligger ved Raunefjorden, ved Lønningen. Avrenning fra flyplassen er gjennom Langavatn, via Lindevikabekken i nordre del av området og Fleslandselven Figur 1.1. Langavatn og bekkene nedenfor rullebanen (Gåstjørnsbekken og Fleslandselven) ble derfor fokus for denne undersøkelsen. Koordinatene for prøvepunktet er oppgitt i Tabell 2.1 og oversiktskart over området er vist i Figur 1.1

Flyfoto av stasjoner er hentet fra Gulesider.no/Kart

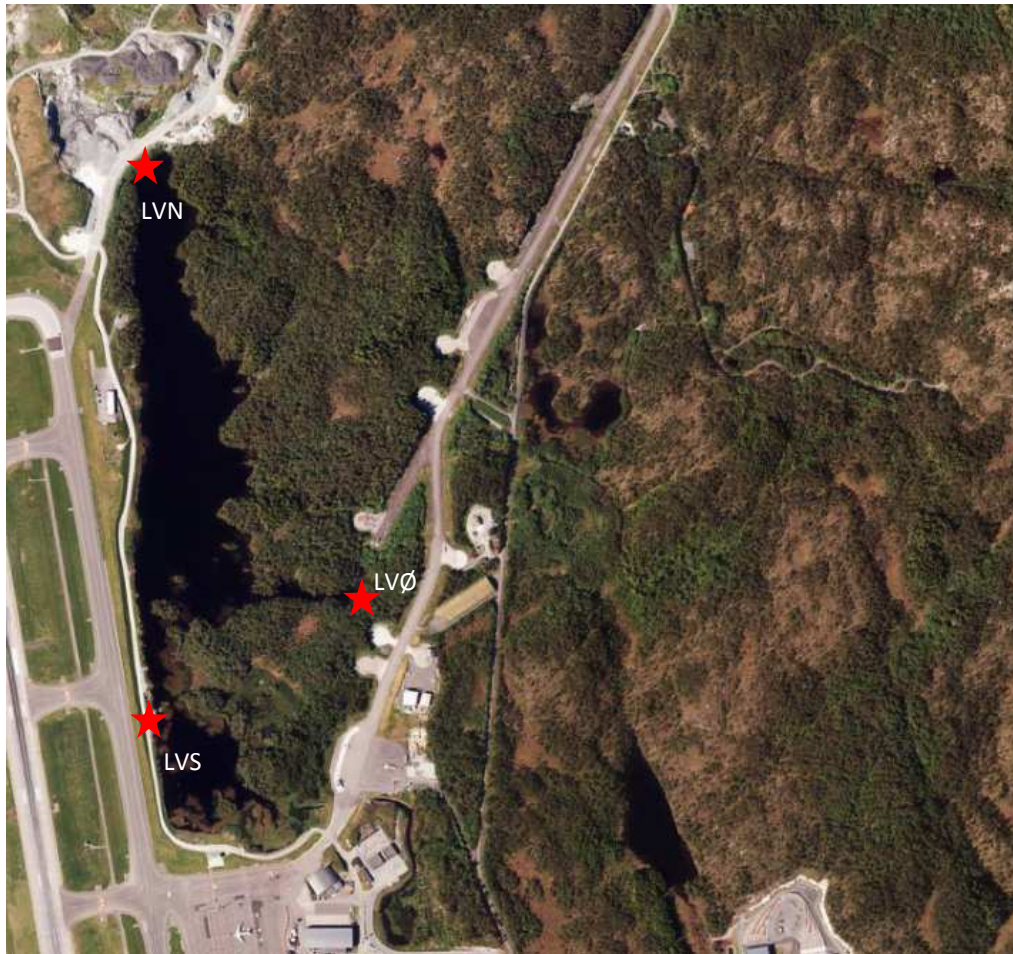
Tabell 2.1. Stasjonsnavn med koordinater og beskrivelse av undersøkelse i 2017.

Stasjon	Koordinater WGS84	Prøvetype	Beskrivelse
Lindevika	60°18'29.8"N 5°12'34.4"E	Albusnegl	På svaberg ved utløp av Lindevikabekken. Mye albusnegl.
Fle 2	60°18'13.7"N 5°12'21.6"E	Albusnegl	På svaberg nedenfor nordlige delen av rullebanen. Mye albusnegl.
Kvernavika	60°17'54.7"N 5°12'29.5"E	Albusnegl	På steinblokker langs kaien ved utløpet av Fleslandselven, nedenfor silo. Få men store albusnegl.
LVN	60°18'32.4"N 5°13'14.4"E	Ørret	El-fiske etter 1-2 åringer ved nordlig bredde.
LVS	60°18'1.6"N 5°13'12.5"E	Ørret Passiv prøvetaker: DGT	El-fiske etter 1-2 åringer ved fisketrapp. Festet på kummen.
LVØ	60°18'7.7"N 5°13'37.0"E	Ørret	El-fiske etter 1-2 åringer i bukten som leder inn til BØF 2.
GB	60°17'0.4"N 5°13'3.3"E	Passiv prøvetaker: DGT	Plassert ved konduktivitetslogger.
FEO	60°17'51.9"N 5°12'49.7"E	Passiv prøvetaker: DGT	Plassert ved konduktivitetslogger.



Figur 2.1 Stasjoner for prøvetakning av albusnegl til analyse av PFAS 2017 merket med rød stjerne. A) Lindevika stasjon ble flyttet til utløpet av Lindevikabekken i 2017, blå stjerne viser stasjon i 2012. B) Fle 2 -ny stasjon for albusnegl og C) Stasjon Kvernavika hvor albusnegl ble samlet på steinmuren i 2012 og 2017.

Albusnegl (*Patella vulgata*) er en stedfast lengelevende saltvannssnegl som har vist seg å egne seg godt til analyser av lite nedbrytbare perfluorerte forbindelser. Sneglen har vist seg å være en god og følsom indikator på utslipp på tid og rom, og den tar opp mange av de analyserte forbindelsene og gir et godt bilde på punktutslipp. Kollsnes, Mongstad (Haave 2013, Haave og Johansen 2013, Haave 2014, Haave og Hatlen 2015, Haave et al. 2015). Det ble ved en tidligere undersøkelse påvist høye nivåer av PFAS i jorden rundt brannøvingstomten på Flesland, mens konsentrasjonene i krabber og fisk var lave (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. I årets undersøkelse ble det tatt nye prøver fra albusnegl, og en ny stasjon (Fle2) ble opprettet nedenfor nordre del av rullebanen (Figur 2.1 B) for å få et bedre bilde av de generelle forholdene i området. Stasjon Lindevika ble flyttet ca. 90 meter mot utløpet av Lindevikabekken (Figur 2.1 A).



Figur 2.2 Oversikt over stasjoner for el-fiske i Langavatn ved Bergen Lufthavn i 2017. Langavatn Nord (LVN) ligger nær det gamle brannøvingsfeltet. Langavatn Øst (LVØ) er nær det nye brannøvingsfeltet Langavatn Sør (LVS) ligger ved fisketrappen.

Unge ørret vandrer mindre enn større fisk, og representerer derfor området de fanges i. Eldre fisk kan ha vandret og akkumulert miljøgifter fra flere deler av vassdraget. Det er derfor anbefalt å bruke årsgammel fisk i analyser (Cerveny et al. 2016). Kjemiske analyser er avhengige av en viss mengde materiale for å få lav kvantifiseringsgrense. Ørret klekket samme år vil være 1-2 gram om sommeren, og det vil derfor være vanskelig å få nok materiale til en analyse ved å bruke årsgammel ørret. Denne undersøkelsen benyttet derfor 1-2 år gammel ørret på minimum 5 gram (Tabell 3.2 **Feil! Fant ikke referansekilden.**) fra tre ulike deler av Langavatn for å kartlegge nivåene av PFAS i fisken og for å undersøke om det er mulig å skille PFAS verdiene mellom fisk fra ulike deler av vannet. Dersom innholdet av PFAS i de tre områdene ikke viser variasjon vil det være tilstrekkelig å overvåke en av stasjonene. Hensikten er å fortsette å benytte 1-2 år gammel fisk som mål på tilførsel av PFAS til vannmiljøet. Overvåkning av PFAS i ung fisk vil også gi et grunnlag for å måle effekt av eventuelle oppryddingstiltak.

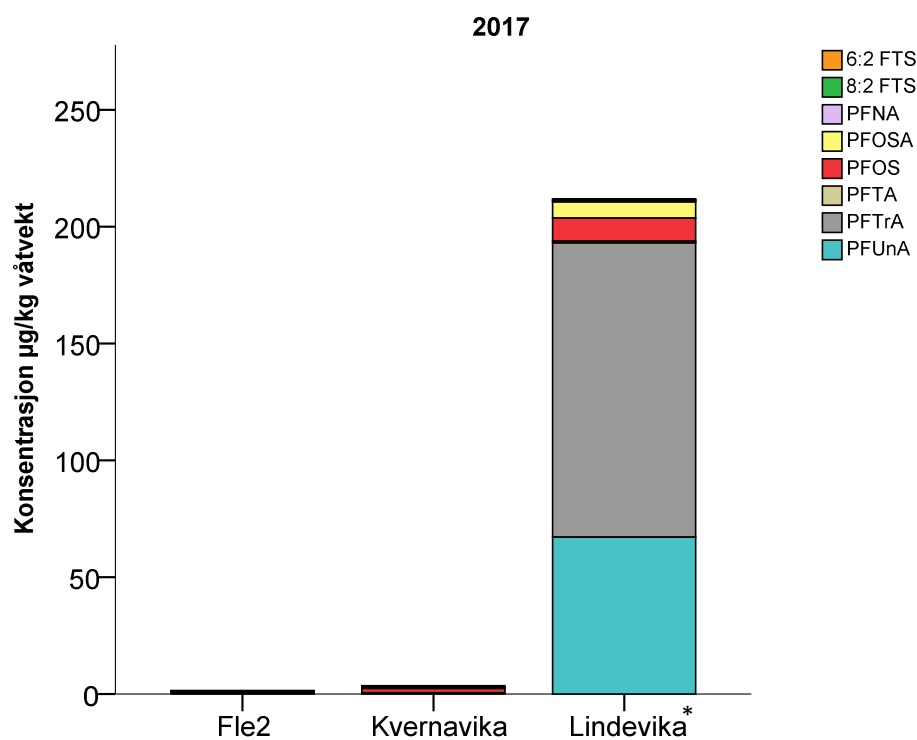
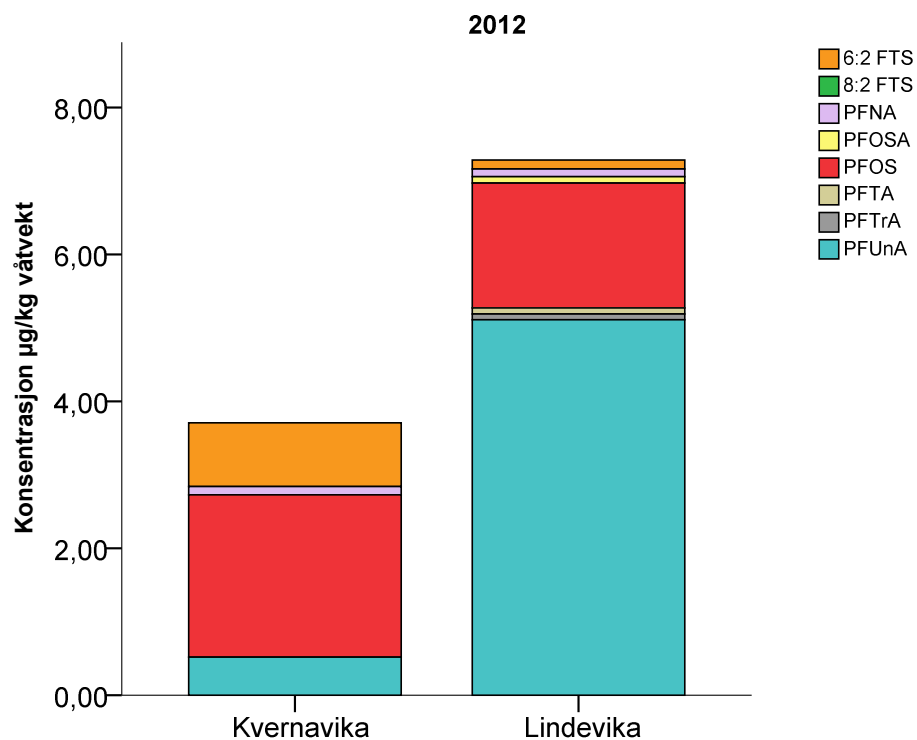
Tolkning av metallinnhold gjøres i henhold til miljødirektoratets veileder «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, M608-2016» og relevante studier for sammenlikning av miljøkonsentrasjoner av PFOS i fisk.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

Resultatene fra PFAS analysene av albusnegl og ørret er gitt i Figur 3.1, Figur 3.2, Tabell 3.1 og Tabell 3.2.

Albusnegl

Flere perfluorerte forbindelser ble funnet i målbare konsentrasjoner i albusnegl i 2017 enn i 2012, men nivåene var tilnærmet uendret i Kvernavika. Flere målinger må gjøres hyppigere for å slå fast om innholdet er stabilt eller økende. Ved Kvernevik dominerte PFOS i albusnegl i 2012 og 2017, men nivåene var lave sammenliknet med Lindevika (Tabell 3.1). Ved Lindevika var sum PFAS inkl LOQ betydelig høyere i 2017 enn i 2012, med 223 µg/kg mot 8,43 µg/kg, og de langkjedede forbindelsene PFUnA og PFTrA dominerte. Dette kan skyldes fortsatte utslipp og økt akkumulering, men er sannsynligvis også en direkte følge av at stasjonen ble flyttet til et punkt ca. 90 meter nærmere Lindevikabekken hvor PFAS fra brannøvingfeltet (BØF1) renner ut. I 2012 ble det ikke brukt båt ved innsamling, mens utløpet av bekken er best tilgjengelig fra båt. Det anbefales å fortsette å samle albusnegl like ved utløpet av bekken for minst mulig variasjon mellom årene. PFOS i albusnegl er like over grenseverdien for miljøstandard på 9,1 µg/kg våtvekt (vv) (M608-/2016) men fortsatt under grensen for effekt i bløtdyr (NOEC: 73 µg/kg vv (3M 2003), og det er ikke bekymring for negative effekter i dyrenes på bakgrunn av PFOS utslippene. Undersøkelsene viser dominans av langkjedede PFAS og lavere relativ innflytelse av PFOS, som kan skyldes stans i PFOS utslipp etter utfasingen av PFOS i brannskum. Av de 22 analyserte PFAS forbindelsene ble flertallet av forbindelsene funnet over kvantifiseringsgrensen i albusnegl ved minst en stasjon. Unntakene var de mer kortkjedede HPFHpA, 3,7-DMOA, PFBS, PFBA, PFHxA, H4PFHxS, PFHpS, PFHpA, PFOA og PFPeA i 2017. Forekomsten av PFAS av alle kjedelengder er påvist i albusnegl gjennom tidligere undersøkelser (Haave 2013, Haave og Johansen 2013, Haave 2014, Haave og Hatlen 2015, Haave et al. 2015), noe som viser at dette er en egnet organisme for overvåkning av PFAS. I motsetning til albusnegl inneholder krabbe og torsk færre PFAS (Haave og Hatlen 2015, Haave 2013), noe som kan gjenspeile annet næringsopptak, større utskillelse og nedbrytning i høyerestående dyr. En lav evne til utskillelse vil gjøre albusnegl til en egnet overvåkningsorganisme. Albusnegl er dertil en organisme som er enkel å samle inn ved fjære sjø, og ofte er tilstede i rikelig antall. Ved gjentatte undersøkelser har vi sett at en del av forbindelsene, som FTS, tas opp og skilles nokså raskt ut (Haave et al. 2015), og endringer i en del forbindelser i albusnegl kan derfor reflektere nylige endringer i utslipp.



Figur 3.1: Konsentrasjoner av PFAS funnet i albusnegl i Kvernavika og Lindevika august 2012 og mai 2017. *Stasjonen i Lindevika ble flyttet ca. 90 meter mot utløpet av bekken.

Tabell 3.1 Perfluoreerte forbindelser (µg/kg våtvekt) funnet i en eller flere blandprøver av albusnegl ved Flesland i 2012 og 2017.

Stasjon	år	6:2 FTS	8:2 FTS	PFBA	PFDS	PFDeA	PFDoA	PFHxS	PFNA	PFOSA	PFOS	PFTA	PFTra	PFUnA	Sum PFAS eksl. LOQ	Sum PFAS inkl. LOQ
Kvernavika	2012	0,87	i.a	0,34	<LOQ	0,07	<LOQ	<LOQ	0,11	<LOQ	2,21	<LOQ	<LOQ	0,52	4,11	5,01
	2017	0,46	0,28	<LOQ	<LOQ	0,04	<LOQ	<LOQ	0,06	0,35	1,78	<LOQ	0,19	0,40	3,56	4,33
Fle2	2012	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a	i.a
	2017	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,06	<LOQ	<LOQ	0,14	0,30	<LOQ	0,59	0,46	1,55	2,52
Lindevika	2012*	0,12	i.a	0,09	<LOQ	<LOQ	0,29	<LOQ	0,10	0,09	1,70	0,08	0,08	5,11	7,66	8,43
	2017**	0,05	0,57	<LOQ	3,05	0,15	7,85	0,09	0,61	6,78	9,81	0,83	126	67	223	223

i.a: ikke analysert; * på svaberg ved hytte i ytre del av Lindevika; ** ved utløp av Lindevikabekken. Røde celler markerer konsentrasjoner over miljøkvalitetsstandard for organismer i henhold til M608/2016.

Tabell 3.2 Konsentrasjon av perfluoreerte forbindelser (µg/kg våtvekt) i blandprøver av 1-2 år gammel ørret ved Bergen Lufthavn Flesland i 2017. Vekt og lengde er gjennomsnitt av individene i prøven.

Stasjon	Lengde (cm)	vekt (g)	6:2 FTS	8:2 FTS	PFBA	PFDS	PFDA	PFDoA	PFHxS	PFHpS	PFNA	PFOSA	PFOS	PFTA	PFTra	PFUnA	PFAS eksl.LOQ	PFAS inkl.LOQ
LVN (n=4)	120±28,1	18,3±10,3	0,38	14,30	<LOQ	1,32	0,60	0,52	11,50	0,80	0,68	11,60	119,00	0,15	4,66	4,04	169	170
LVS (n=5)	95±20	9,5±6,4	0,58	10,50	0,20	0,77	0,60	0,62	2,21	0,40	0,37	9,36	90,30	0,20	5,47	3,57	127	127
LVØ (n=1)	123	17,5	0,98	20,30	<LOQ	0,78	0,93	0,73	2,66	0,45	0,52	13,10	80,60	0,23	5,91	3,57	131	131

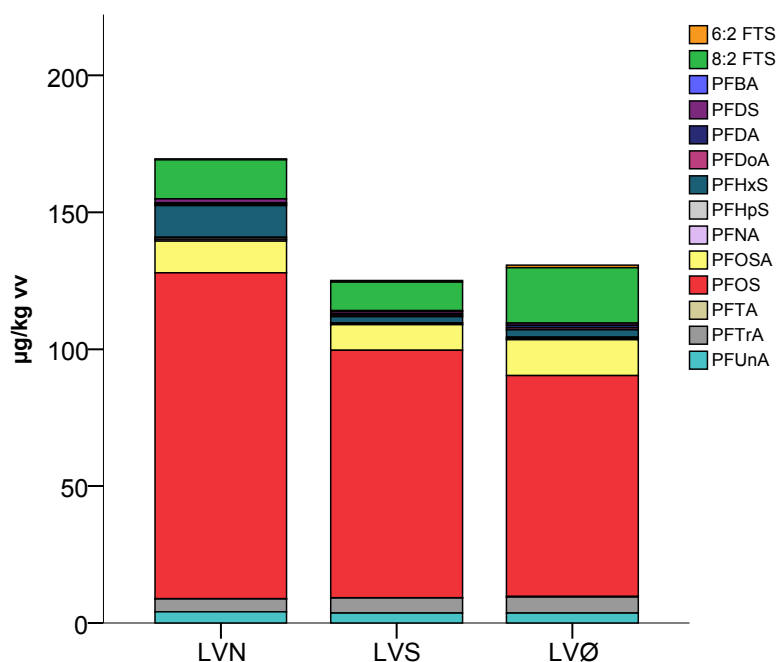
N=Antall individer i prøven. Røde celler markerer konsentrasjoner over miljøkvalitetsstandard for organismer i henhold til M608/2016.

Ørret

Ørret i aldersgruppen 1-2 år fra Langvatn ble analysert som et grunnlag for å vurdere endringer i PFOS over tid (Tabell 3.2). Tidligere er det gjort analyser av stor ørret fra Langvatn (Velle et al. 2013). Innholdet av PFOS i helkroppshomogenat av ungfisk kan ikke sammenliknes med muskelprøve av eldre fisk direkte fordi PFAS i viscera, blod, gjeller og lever kan fordele seg ujevnt etter fett- og proteininnhold i vevet. Ettersom ungfisk i et område er blitt eksponert noenlunde like lenge og variasjonen i fødevalg forventes å være mindre, vil ungfisk kunne være et godt utgangspunkt for å følge utvikling over tid. Lever er tidligere vist å inneholde høyere verdier av PFOS enn muskel (Quinete et al. 2009), noe som kan forklares med at PFAS bindes til proteiner som albumin i blod og lever. Det er forventet at inkludering av viscera (lever, tarmer) i prøven øker gjennomsnittskonsentrasjonen av PFOS i prøvene.

Analysene viste at det var sammenliknbare nivåer og innbyrdes forhold mellom forbindelser i den ene fisken tatt ved LVØ som ved fisketrappen ved LVS (Tabell 3.2, Figur 3.2). Grunnlaget er derimot magert, med én fisk i rette aldersgruppe, som er for lite til å konkludere. Vi anbefaler likevel å benytte ungfisk fra LVS ved fisketrappen som indikator i Langvatn, da det er enkelt å fiske et tilstrekkelig antall småfisk ved LVS og det er stor sannsynlighet for at de også kan vandre til LVØ. Både nivåer og type forbindelser av PFAS i fisk fra nordlig del (LVN) skilte seg derimot mer fra de sørlige stasjonene (LVS og LVØ) (Figur 3.2). Det var høyere nivåer av PFOS ved LVN som ligger tett inntil det gamle brannøvingsfeltet der PFOS holdig brannskum ble benyttet. Innholdet av FTS8:2 som erstattet PFOS i nyere brannskum var også høyest i fisk fra LVØ. Basert på denne ene fisken ser det ut til at 8:2 FTS er ulikt i fisk fra LVØ og LVS, men prøvematerialet er for lite til å konkludere. PFOS innholdet i årsgammel fisk i Langvatn var ca. ti ganger høyere enn Miljøkvalitetsstandarden i organismer (9,1 µg/kg våtvekt) (M-608/2016). Denne standarden er basert på konsentrasjon i fisk, men det er ikke oppgitt om filét eller helkroppshomogenat er benyttet for å sette grenseverdien. Ved å inkludere viscera vil man oppnå høyere konsentrasjoner enn dersom kun filet benyttes, ettersom PFAs inder seg til proteiner i lever. PFOS og PFOSA konsentrasjonene i prøvene ligger over nivåene funnet i Brazil (Quinete et al. 2009) og høyere enn gjennomsnittskonsentrasjoner i avsidesliggende innsjøer i New York State (Sinclair et al. 2006). I motsetning til innsjøer i New York State, ble PFHxS funnet i alle prøvene av fisk ved Flesland, mens PFOA ble funnet i lavere konsentrasjoner ved Flesland enn fisk fra Brazil og innsjøer i New York State. PFOA brukes som surfaktant i produksjonen av teflon, og kommer ikke kun fra brannskum, men kan også spres ved atmosfærisk transport.

Av de analyserte PFAS forbindelsene ble de fire forbindelsene 4H-PFHxS, HPFHpA, PF-3,7 DMOA og PFBS ikke funnet over kvantifiseringsgrensen (LOQ) i ørret ved noen av stasjonene (LOQ ca. 0,07 til 0,10 µg/kg, vedlegg 2).



Figur 3.2 Konsentrasjoner av perfluoreerte forbindelser i 1-2 år gammel ørret i Langavatn ved Bergen Lufthavn 2017

Tabell 3.3 Perfluoreerte forbindelser analysert i albusnegl ved Bergen Lufthavn Flesland 2017. Kjemisk navn, forkortelse og kjedelengde

Kjemisk navn	Forkortelse	Kjedelengde (C-F)
Perfluorbutansulfonat ^{a, b}	PFBS	C4
Perfluorbutansyre ^a	PFBA	C4
Perfluorpentansyre ^a	PFPeA	C5
6:2 Fluortelomersulfonat	6:2 FTS	C6
8:2 Fluortelomersulfonat	8:2 FTS	C8
4H Perfluorheksansulfonat ^{a, b}	H4PFHxS	C6
Perfluorheksansulfonat	PFHxS	C6
Perfluorheksansyre ^a	PFHxA	C6
Perfluorheptansulfonat ^a	PFHpS	C7
Perfluorheptansyre ^a	PFHpA	C7
7H-Dodekafluorheptansyre ^{a, b}	HPFHpA	C7
Perfluor -3,7-dimetyloktansyre ^{a, b}	PF-3,7-DMOA	C8
Perfluoroktansulfonamid	PFOSA	C8
Perfluoroktylsulfonat	PFOS	C8
Perfluoroktansyre ^a	PFOA	C8
Perfluornonansyre	PFNA	C9
2H,2H-Perfluordekansyre	H2PFDA	C10
Perfluordekansulfonat	PFDS	C10
Perfluordekansyre	PFDA	C10
2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansyre	H4PFUnA	C11
Perfluorundekansyre	PFUnA	C11
Perfluordodekansyre	PFDoA	C12
Perfluortridekansyre	PFTTrA	C13
Perfluortetradekansyre	PFTA	C14

^a ikke påvist i noen prøver av albusnegl, ^b ikke påvist i noen prøver av ørret ved Flesland i 2017.

Prioriterte metaller i vann

Analyserte DGT konsentrasjoner er omregnet til vannkonsentrasjoner basert på opptaksrate i DGT som en funksjon av tid og temperatur (Zhang et al. 1995). Rådata er lagt ved i analysebeviset (vedlegg 3). Analysene viser samsvar mellom de tre parallelle prøvene av DGT per stasjon. I den ene eksponerte blankprøven var konsentrasjoner av alle metaller under kvantifiseringsgrensen, unntatt kobber som var høyere i blankprøven enn i vannprøven ved LVS. Blankprøven er en test på eksponering for metall ved kontakt med luft, og kan ikke omregnes til konsentrasjon per liter vann for sammenlikning. Alle metallkonsentrasjoner fra de parallelle DGT-analysene er vist i Tabell 3.4.

Gjennomsnittskonsentrasjonene for biotilgjengelige metaller i vann målt med DGT i 2017 er betydelig lavere enn totalt metallinnhold i vann og bekker fra tidligere analyser ved oppslutningsmetode fra 2014-2016 (Figur 2.6). Dette tyder på at mye av metallet i prøvene foreligger bundet til organiske partikler eller i en kjemisk form som ikke er biotilgjengelig for organismer (Zhang et al. 1995). Det er verdt å huske at grenseverdiene for metaller er satt etter toksisitetstester i lab, som sannsynligvis benytter renere vann enn det som forekommer i elver og tjern. Det er derfor sannsynlig at grenseverdiene ikke er satt med tanke på vann med høyt organisk innhold eller høyt partikkeltall. I bestemmelse av grenseverdier legges det også til en sikkerhetsfaktor ettersom noen dyregrupper er mer sensitive enn andre, slik at grenseverdiene skal gjenspeile toksisitet for flere arter i økosystemet (M-608/2016). Innholdet av humussyrer eller suspendert materiale som vil immobilisere metaller og gi lavere reell toksisitet ikke er oppgitt. Det er derfor sannsynlig at i et naturlig miljø vil dyr oppleve en beskyttende effekt av organisk innhold, og at grenseverdiene derfor kan anses som nokså konservative.

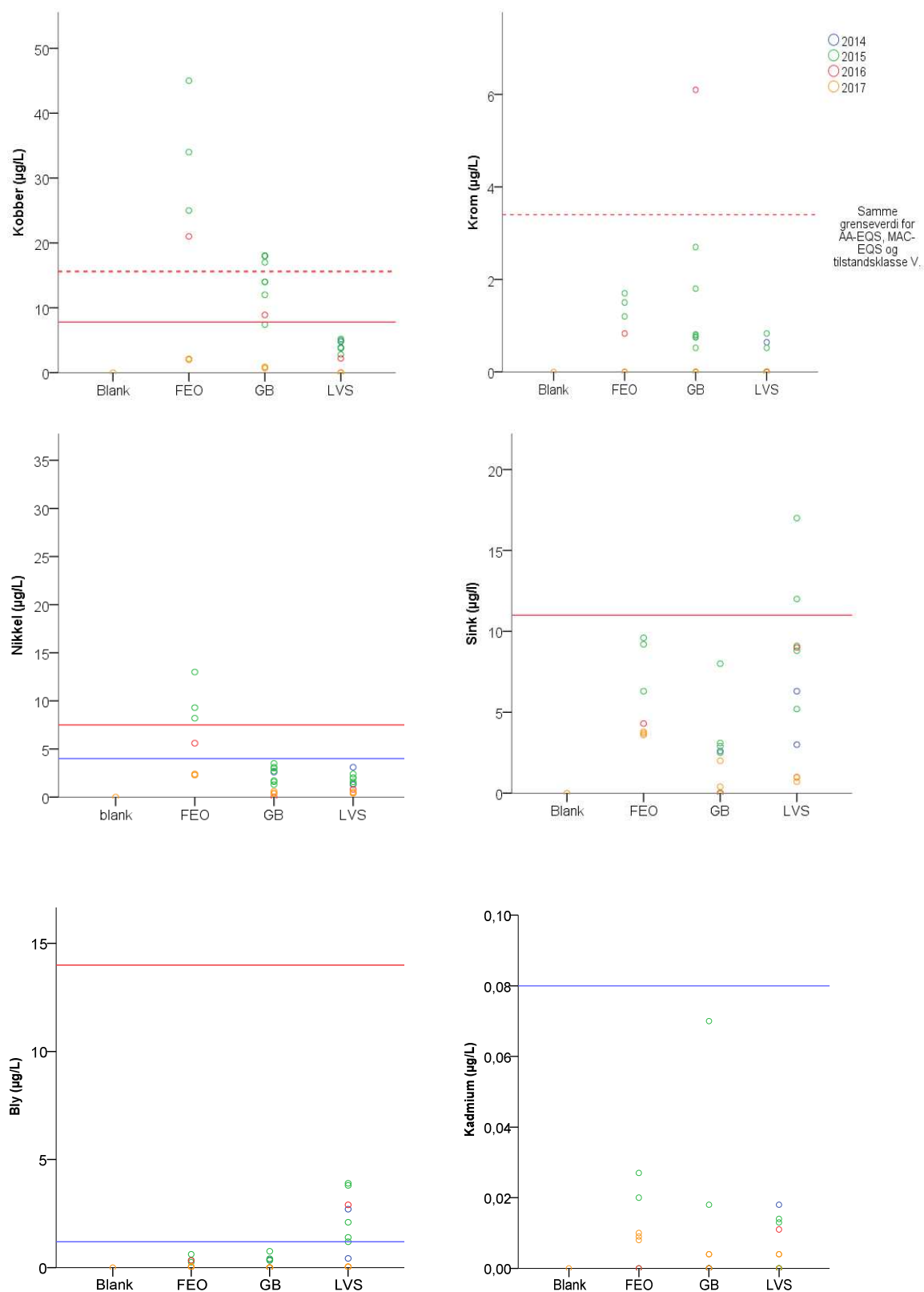
Sammenlikning av konsentrasjoner etter ulike analysemetoder må likevel gjøres med forsiktighet. Bruken av passive prøvetakere, som måler biotilgjengelige ioner ble gjort i den hensikt å vurdere sannsynlig toksisitet og grunnlaget for å gå videre med effektstudier i organismer. Til tross for den usikkerheten som er forbundet med sammenlikning av to ulike metoder, og vissheten om at grenseverdiene ikke representerer hele sannheten om toksisitet i alle miljøer, ser vi at nivåene av biotilgjengelige metaller er svært lave i forhold til laveste grenseverdi for årlig gjennomsnitt (AA-EQS) iht. M608-2016.

Tabell 3.4 Metallkonsentrasjoner (µg/L) i vann målt ved passive prøvetakere (DGT) ved Bergen lufthavn Flesland 2017.

Stasjonsnavn	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Temp ²⁸
GB	< 0,004	< 0,046	0,88	0,4	< 0,014	2	11,2
	0,004	< 0,046	0,69	0,4	< 0,014	< 0,38	
	0,004	< 0,046	0,85	0,6	< 0,014	0,4	
FEO	0,010	< 0,051	2,10	2,3	0,02	3,70	8,20
	0,008	< 0,051	2,10	2,4	0,05	3,80	
	0,009	< 0,051	2,00	2,3	0,05	3,6	
LVS	0,00	< 0,043	< 0,05	0,40	0,04	0,96	13,30
	0,004	< 0,043	< 0,04	0,53	0,03	0,71	
	0,004	< 0,043	< 0,05	0,41	0,03	1	
Felt blank*	<LOQ	<LOQ	(GB+FEO)>blank>LVS	<LOQ	<LOQ	<LOQ	15 min i luft

*oppgitt per DGT i feltblanken, ikke omregnet til vannkonsentrasjon da blankprøven kun er eksponert for luft under utsett og opptak. (Vedlegg 3). Verdier merket grått betyr konsentrasjon lavere enn den kvantifiseringsgrensen (<LOQ).

Temp²⁸: gjennomsnittstemperatur for de 28 dagene målerne stod ute.



Figur 3.3 Konsentrasjoner av biotilgjengelige metaller målt ved passive prøvetakere (DGT) ved Bergen lufthavn Flesland i 2017 (orange sirkel). Verdier for totalt oppløst metall er vist fra 2014 (blå), 2015 (grønn) og 2016 (rød sirkel). Blå linje viser grenseverdi for årlig gjennomsnitt (AA-EQS), rød linje viser grenseverdi for maks tillatt konsentrasjon (MAC-EQS) og stiplet rød linje viser øvre grense for tilstandsklasse IV. For kobber og sink er grenseverdiene for AA-EQS og MAC-EQS den samme, vist ved rød linje. Grenseverdi for kadmium gjelder ved $\text{CaCO}_3 < 40 \text{ mg/L}$ i henhold til veileder M608/2016.

4. KONKLUSJON

Undersøkelsen viser at overvåkning med bruk av organismer for biomonitorering eller passive prøvetakere kan gi et annet bilde på forholdene enn bruk av vannprøver alene. Resultatene gjenspeiler reelle og forventede forhold ved utslippspunkter og resipienter.

Albusnegl kan heretter overvåkes ved Lindevika, Kvernavika og ny stasjon Fle2 for å følge trender i PFAS i miljøet. Flere av de perfluoreerte forbindelsene som nå øker viser seg å være generelt økende og lite nedbrytbare i miljøet, og er under oppsikt for utfasing i ECHA. Fortsatt lekkasje fra grunn fra brannøvingsfeltene vil medføre at nivåene av perfluoreerte kan fortsette å øke både i sjø og Langavatn i fremtiden dersom det ikke saneres i området rundt brannøvingsfeltene. Overvåkning av albusnegl på disse stasjonene vil kunne vise om tiltak for å begrense utslipp monner.

Målbare og til dels høye verdier av de fleste perfluoreerte forbindelsene som ble analysert i 1-2 år gammel ørret viser at ørret i denne aldersgruppen kan være godt egnet for fremtidig biomonitorering av PFAS i fisk i Langavatn. Vannet er resipient for avrenning fra brannøvingsfeltene ved Bergen Lufthavn Flesland. Det anbefales å benytte stasjonen ved LVS og eventuelt ved LVN for å sikre fangst av tilstrekkelige mengder småfisk til å få gode og representative prøver.

Metaller som ble prioritert for undersøkelse av biotilgjengelige konsentrasjoner ved passive prøvetakere viste lave nivåer ved de undersøkte stasjonene. Vi anser det som lite sannsynlig at de målte verdiene av metaller ved disse stasjonene vil medføre toksiske effekter i vannlevende organismer.

5. VEDLEGG

- 1: Analysebevis for PFC i albusnegl
- 2: analysebevis for PFC i ørret
- 3: DGT analyser- rådata
- 4: DGT analyser - utregnet konsentrasjon i vann

6. LITTERATUR:

- 3M (2003). Environmental and health assessment of perfluorooctanesulphonic acid and its salts, 3M Company US.
- Bohlin, T., S. Hamrin, T. G. Heggberget, G. Rasmussen and S. J. Saltveit (1989). "Electrofishing - Theory and Practice with Special Emphasis on Salmonids." Hydrobiologia **173**(1): 9-43.
- Cerveny, D., J. Turek, R. Grabic, O. Golovko, O. Koba, G. Fedorova, K. Grabicova, V. Zlabek and T. Randak (2016). "Young-of-the-year fish as a prospective bioindicator for aquatic environmental contamination monitoring." Water Res **103**: 334-342.
- 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 K. Hatlen (2015). "Marine monitoring shows emerging long-chained perfluorinated compounds in biota, following the ban on PFOS." Symposium abstract, SETAC Barcelona.
- Haave, M., K. Hatlen and P.-O. Johansen (2015). "Miljøgifter i biota ved Statoil Mongstad 2015." Uni Research Miljø SAM-e-rapport 35-2015: 29+32 pp.
- Haave, M. and P.-O. Johansen (2013). Resipientundersøkelse ved Kårstø Gjestehus 2012, Uni Miljø, Uni Research AS.
- Kvalø, S. E., R. Torvanger, K. Hatlen and P. Johannessen (2013). "Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015." Uni Research, SAM e-rapport -Endring nr. 1 til rapport: 7- 2013.
- Møskeland, T., H. P. Arp, J. R. Nyholm, R. Grabic, P. Andersson, A. Karrman, K. Elgh-Dhalgren and M. S. Venzi (2010). Environmental screening of selected "new" brominated flame retardants and selected polyfluorinated compounds 2009. Klif, Statlig Program for Forurensningsovervåkning. **TA-2625/2010**: 157 s.
- Quinete, N., Q. Wu, T. Zhang, S. H. Yun, I. Moreira and K. Kannan (2009). "Specific profiles of perfluorinated compounds in surface and drinking waters and accumulation in mussels, fish, and dolphins from southeastern Brazil." Chemosphere **77**(6): 863-869.
- Sinclair, E., D. T. Mayack, K. Roblee, N. Yamashita and K. Kannan (2006). "Occurrence of perfluoroalkyl surfactants in water, fish, and birds from New York State." Arch Environ Contam Toxicol **50**(3): 398-410.
- Velle, G., G. L. Andersen, M. Haave, U. Pulg and S. Scheider (2013). LFI-212. Biologiske og kjemiske undersøkelser i vassdrag ved Bergen Lufthavn Flesland, Uni Miljø, Uni Research AS.
- Zhang, H., W. Davison, S. Miller and W. Tych (1995). "In-Situ High-Resolution Measurements of Fluxes of Ni, Cu, Fe, and Mn and Concentrations of Zn and Cd in Porewaters by Dgt." Geochimica Et Cosmochimica Acta **59** (20): 4181-4192.

Uni Research AS
HiB, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
5006 BERGEN
Attn: Uni Miljø

AR-17-MX-002121-01



EUNOBE-00023277

Prøvemottak: 24.05.2017
Temperatur:
Analyseperiode: 24.05.2017-07.06.2017
Referanse: Prosjekt: 811544

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 441-2017-0524-048	Prøvetakingsdato: 16.05.2017				
Prøvetype: Annet biologisk materiale	Prøvetaker: MH				
Prøvemerkning: Fleslandvika	Analysestartdato: 24.05.2017				
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a)* PFC(22)					
a)* 4:2 Fluorotelomer sulfonate (H4PFHxS)	< 0.0801	ng/g			Internal Method 1
a)* 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	0.463	ng/g			Internal Method 1
a)* 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	< 0.0801	ng/g			Internal Method 1
a)* 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	0.278	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	< 0.0801	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluorbutansulfonat (PFBS)	< 0.0601	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluorbutansyre (PFBA)	< 0.0401	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluordekansulfonat (PFDS)	< 0.0601	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluordekansyre (PFDeA)	0.0415	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluordodekansyre (PFDoA)	< 0.0401	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	< 0.0601	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluorheksansyre (PFHxA)	< 0.0401	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	< 0.0601	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluorheptansyre (PFHpA)	< 0.0401	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluornonansyre (PFNA)	0.0623	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	0.351	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluoroktansyre (PFOA)	< 0.0401	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	1.78	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluorpentansyre (PFPeA)	< 0.0401	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluortetradekansyre (PFTA)	< 0.0401	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluortridekansyre (PFTrA)	0.192	ng/g			Internal Method 1
a)* Perfluorundekansyre (PFUnA)	0.398	ng/g			Internal Method 1
a)* Sum oppgitte PFC forbindelser eksl. LOQ	3.56	ng/g			Internal Method 1
a)* Sum oppgitte PFC forbindelser inkl. LOQ	4.33	ng/g			Internal Method 1
a)* Sum PFOS/PFOA eksl LOQ	1.78	ng/g			Internal Method 1
a)* Total PFOS/PFOA inkl LOQ	1.82	ng/g			Internal Method 1

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.:	441-2017-0524-049	Prøvetakingsdato:	16.05.2017
Prøvetype:	Annet biologisk materiale	Prøvetaker:	MH
Prøvemerkning:	Fle2	Analysestartdato:	24.05.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
a)* PFC(22)			
a)* 4:2 Fluorotelomer sulfonat (H4PFHxS)	< 0.0825	ng/g	Internal Method 1
a)* 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	< 0.0619	ng/g	Internal Method 1
a)* 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	< 0.0825	ng/g	Internal Method 1
a)* 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	< 0.0825	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	< 0.0825	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorbutansulfonat (PFBS)	< 0.0619	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorbutansyre (PFBA)	< 0.0412	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluordekansulfonat (PFDS)	< 0.0619	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluordekansyre (PFDeA)	< 0.0412	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluordodekansyre (PFDoA)	0.0587	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	< 0.0619	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorheksansyre (PFHxA)	< 0.0412	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	< 0.0619	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorheptansyre (PFHpA)	< 0.0412	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluornonansyre (PFNA)	< 0.0412	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	0.141	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluoroktansyre (PFOA)	< 0.0412	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	0.300	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorpentansyre (PFPeA)	< 0.0412	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluortetradekansyre (PFTA)	< 0.0412	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluortridekansyre (PFTrA)	0.593	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorundekansyre (PFUnA)	0.458	ng/g	Internal Method 1
a)* Sum oppgitte PFC forbindelser eksl. LOQ	1.55	ng/g	Internal Method 1
a)* Sum oppgitte PFC forbindelser inkl. LOQ	2.52	ng/g	Internal Method 1
a)* Sum PFOS/PFOA eksl LOQ	0.300	ng/g	Internal Method 1
a)* Total PFOS/PFOA inkl LOQ	0.341	ng/g	Internal Method 1

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.:	441-2017-0524-050	Prøvetakingsdato:	16.05.2017
Prøvetype:	Annet biologisk materiale	Prøvetaker:	MH
Prøvemerkning:	Lindevika	Analysestartdato:	24.05.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
a)* PFC(22)			
a)* 4:2 Fluorotelomer sulfonat (H4PFHxS)	< 0.0717	ng/g	Internal Method 1
a)* 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	0.0549	ng/g	Internal Method 1
a)* 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	< 0.0717	ng/g	Internal Method 1
a)* 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	0.569	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	< 0.0717	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorbutansulfonat (PFBS)	< 0.0537	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorbutansyre (PFBA)	< 0.0358	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluordekansulfonat (PFDS)	3.05	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluordekansyre (PFDeA)	0.145	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluordodekansyre (PFDoA)	7.85	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	0.0878	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorheksansyre (PFHxA)	< 0.0358	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	< 0.0537	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorheptansyre (PFHpA)	< 0.0358	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluornonansyre (PFNA)	0.605	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	6.78	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluoroktansyre (PFOA)	< 0.0358	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	9.81	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorpentansyre (PFPeA)	< 0.0358	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluortetradekansyre (PFTA)	0.828	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluortridekansyre (PFTrA)	126	ng/g	Internal Method 1
a)* Perfluorundekansyre (PFUnA)	67.1	ng/g	Internal Method 1
a)* Sum oppgitte PFC forbindelser eksl. LOQ	223	ng/g	Internal Method 1
a)* Sum oppgitte PFC forbindelser inkl. LOQ	223	ng/g	Internal Method 1
a)* Sum PFOS/PFOA eksl LOQ	9.81	ng/g	Internal Method 1
a)* Total PFOS/PFOA inkl LOQ	9.84	ng/g	Internal Method 1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a)* Eurofins GfA Lab Service GmbH (Hamburg), Neuländer Kamp 1 a, D-21079, Hamburg

Bergen 07.06.2017


Helene Lillethun Botnevik

ASM Bergen, Kvalitetsansvarlig

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Uni Research AS
Postbox 7810
5020 BERGEN
Attn: Uni Miljø

AR-17-MX-004600-01



EUNOBE-00025660

Prøvemottak: 06.11.2017
Temperatur:
Analyseperiode: 07.11.2017-15.11.2017
Referanse: Prosjekt: 811544

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2017-1107-041	Prøvetakingsdato:	06.11.2017		
Prøvetype:	Biologisk materiale	Prøvetaker:	Marte Haave		
Prøvemerkning:	Langvatn Nord A (A2-A5)	Analysestartdato:	07.11.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) PFC(22)					
a) 4:2 Fluorotelomer sulfonate (H4PFHxS)	< 0.102	ng/g			Internal Method 1
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	0.377	ng/g			Internal Method 1
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	< 0.102	ng/g			Internal Method 1
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	14.3	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	< 0.102	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	< 0.0764	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	< 0.0509	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordekansulfonat (PFDS)	1.32	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	0.603	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	0.523	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	11.5	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	< 0.0509	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	0.795	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	< 0.0509	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluornonansyre (PFNA)	0.683	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	11.6	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	0.0533	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	119	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	< 0.0509	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	0.152	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	4.66	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorundekansyre (PFUnA)	4.04	ng/g			Internal Method 1
a) Sum oppgitte PFC forbindelser ekskl. LOQ	169	ng/g			Internal Method 1
a) Sum oppgitte PFC forbindelser inkl. LOQ	170	ng/g			Internal Method 1
a) Sum PFOS/PFOA ekskl LOQ	119	ng/g			Internal Method 1
a) Total PFOS/PFOA inkl LOQ	119	ng/g			Internal Method 1

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.:	441-2017-1107-042	Prøvetakingsdato:	06.11.2017		
Prøvetype:	Biologisk materiale	Prøvetaker:	Marte Haave		
Prøvemerkning:	Langavatn Sør B (B1-B5)	Analysestartdato:	07.11.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) PFC(22)					
a) 4:2 Fluorotelomer sulfonate (H4PFHxS)	< 0.0929	ng/g			Internal Method 1
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	0.583	ng/g			Internal Method 1
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	< 0.0929	ng/g			Internal Method 1
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	10.5	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	< 0.0929	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	< 0.0696	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	0.198	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordekansulfonat (PFDS)	0.772	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	0.600	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	0.621	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	2.21	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	0.446	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	0.396	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	0.263	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluornonansyre (PFNA)	0.367	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	9.36	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	0.0802	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	90.3	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	0.986	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	0.195	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	5.47	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorundekansyre (PFUnA)	3.57	ng/g			Internal Method 1
a) Sum oppgitte PFC forbindelser eksl. LOQ	127	ng/g			Internal Method 1
a) Sum oppgitte PFC forbindelser inkl. LOQ	127	ng/g			Internal Method 1
a) Sum PFOS/PFOA eksl LOQ	90.3	ng/g			Internal Method 1
a) Total PFOS/PFOA inkl LOQ	90.3	ng/g			Internal Method 1

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.:	441-2017-1107-043	Prøvetakingsdato:	06.11.2017		
Prøvetype:	Biologisk materiale	Prøvetaker:	Marte Haave		
Prøvemerkning:	Langavatn Øst (C1)	Analysestartdato:	07.11.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) PFC(22)					
a) 4:2 Fluorotelomer sulfonate (H4PFHxS)	< 0.0986	ng/g			Internal Method 1
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	0.977	ng/g			Internal Method 1
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	< 0.0986	ng/g			Internal Method 1
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	20.3	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	< 0.0986	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	< 0.0739	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	< 0.0493	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordekansulfonat (PFDS)	0.783	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	0.925	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluordodekansyre (PFDaA)	0.733	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	2.66	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	< 0.0493	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	0.451	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	< 0.0493	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluornonansyre (PFNA)	0.523	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	13.1	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	< 0.0493	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	80.6	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	< 0.0493	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	0.225	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	5.91	ng/g			Internal Method 1
a) Perfluorundekansyre (PFUnA)	3.57	ng/g			Internal Method 1
a) Sum oppgitte PFC forbindelser ekskl. LOQ	131	ng/g			Internal Method 1
a) Sum oppgitte PFC forbindelser inkl. LOQ	131	ng/g			Internal Method 1
a) Sum PFOS/PFOA ekskl LOQ	80.6	ng/g			Internal Method 1
a) Total PFOS/PFOA inkl LOQ	80.6	ng/g			Internal Method 1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) Eurofins GfA Lab Service GmbH (Hamburg), Neuländer Kamp 1 a, D-21079, Hamburg DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14629-01-00,

Bergen 15.11.2017

Helene L. Botnevik

Helene Lillethun Botnevik

ASM Bergen, Kvalitetsansvarlig

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Analysis ordered by:
Subj. ID: 5569200578
VAT ID: SE5569200578
Order No.:

EXPOSIMETER AB

Trehörningen 34
Sweden
SE92266

TEST REPORT No: 3402/17

Issued on: 1.8.2017

Page/number of pages: 1/3

The testing laboratory has been accredited by the Czech Accreditation Institute, No. 1264
in compliance with ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Standard.

The laboratory is the open-end license holder issued by State Office for Nuclear Safety, reference No. 50760/2006.

This report may not be copied without the laboratory's written consent and in any other way than in its entirety.

The analysis results concern only the subject of the analyses and do not substitute other documents.

Sample No.	Place of sampling:	Material	Depth (m)
7270	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7271	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7272	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7273	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7274	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7275	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7276	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7277	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7278	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	
7279	Tavelsjo ExposMeter AB	passive sampler	

Sample No.	Sampling-start	Sampling-end	Sampled by	Type of sampling	Registered on	Analyzing-start	Analyzing-end
7270			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7271			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7272			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7273			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7274			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7275			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7276			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7277			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7278			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17
7279			customer		27.6.17	27.6.17	24.7.17

Sample No.	Specification of sample
7270	Exposmeter ID:E1113, Original ID:GB1
7271	Exposmeter ID:E1114, Original ID:GB2
7272	Exposmeter ID:E1115, Original ID:GB3
7273	Exposmeter ID:E1116, Original ID:FEO1
7274	Exposmeter ID:E1117, Original ID:FEO2
7275	Exposmeter ID:E1118, Original ID:FEO3
7276	Exposmeter ID:E1119, Original ID:LVS1
7277	Exposmeter ID:E1120, Original ID:LVS2
7278	Exposmeter ID:E1121, Original ID:LVS3
7279	Exposmeter ID:E1122, Original ID:Field blank

Sample No.	Note concerning the sample
7270	sampling days= 28, temperature= 11,2 °C
7271	sampling days= 28, temperature= 11,2 °C
7272	sampling days= 28, temperature= 11,2 °C
7273	sampling days= 28, temperature= 8,2 °C
7274	sampling days= 28, temperature= 8,2 °C

Analysis ordered by:

Subj. ID: 5569200578

VAT ID: SE5569200578

Order No.:

EXPOS METER AB

**Trehorningen 34
Sweden
SE92266**

TEST REPORT No: 3402/17

Issued on: 1.8.2017

Page/number of pages: 2/3

Sample No.	Note concerning the sample
7275	sampling days= 28, temperature= 8,2 °C
7276	sampling days= 28, temperature= 13,3 °C
7277	sampling days= 28, temperature= 13,3 °C
7278	sampling days= 28, temperature= 13,3 °C
7279	sampling days= 28

Parameter	Unit	S. No. 7270	S. No. 7271	S. No. 7272	S. No. 7273	S. No. 7274
Zn	ng/DGT	525	<100	106	885	914
Ni	ng/DGT	102	87	151	512	537
Pb	ng/DGT	<5	<5	<5	5	15
Cu	ng/DGT	291	240	282	564	569
Cd	ng/DGT	<1,0	<1,0	<1,0	1,9	1,9
Cr	ng/DGT	<10	<10	<10	<10	<10

Parameter	Unit	S. No. 7275	S. No. 7276	S. No. 7277	S. No. 7278	S. No. 7279
Zn	ng/DGT	857	268	199	288	<100
Ni	ng/DGT	525	106	141	110	<10
Pb	ng/DGT	16	15	11	11	<5
Cu	ng/DGT	548	40	42	39	54
Cd	ng/DGT	2,2	1,1	1,0	<1,0	<1,0
Cr	ng/DGT	<10	<10	<10	<10	<10

Listed uncertainty is the expanded uncertainty which was calculated with coefficient of expansion that equals 2 which corresponds with the level of 95% reliability

Parameter	Identification of procedure/method used	Accreditation	Uncertainty
Zn	AK09B stanovení kovů AAS/plamen - ČSN ISO 8288, ČSN 757400, ČSN EN 1233	A	20%
Cr	AK10B Determination of metals (AAS/ETA) - solid matrix - ČSN EN ISO 15586	A	20%
Ni	AK10B Determination of metals (AAS/ETA) - solid matrix - ČSN EN ISO 15586	A	20%
Cu	AK10B Determination of metals (AAS/ETA) - solid matrix - ČSN EN ISO 15586	A	20%
Pb	AK10B Determination of metals (AAS/ETA) - solid matrix - ČSN EN ISO 15586	A	20%
Cd	AK10B Determination of metals (AAS/ETA) - solid matrix - ČSN EN ISO 15586	A	20%

A - Accredited test

SA - Subdelivery accredited

N - Non-accredited test

SN - Subdelivery not accredited

F - Flexible scope of accreditation

F - The laboratory is allowed to include additional activities in its scope of accreditation without evaluation by the accreditation body prior to operation of the activity. It could be concerned with matrix, parameters tested, performance of the method, (measuring range, uncertainty) or the possibility of introducing new or developed methods under flexible scope does not include introduction of new measurement principles of testing.



POVODÍ LABE, státní podnik

odbor vodohospodářských laboratoří

Vita Nejedlého 951, 500 03 HRADEC KRÁLOVÉ

Subj. ID: 70890005

VAT ID: CZ70890005

tel: 495 088 777 fax: 495 088 742



Analysis ordered by:

Subj. ID: 5569200578

VAT ID: SE5569200578

Order No.:

EXPOSMETER AB

**Trehorningen 34
Sweden
SE92266**

TEST REPORT No: 3402/17

Issued on: 1.8.2017

Page/number of pages: 3/3

POVODÍ LABE,
státní podnik
Vita Nejedlého 951
500 03 HRADEC KRÁLOVÉ
(14)

Ing. Hana Dušátková

Chemical laboratories supervisor

Nya ExposMeter AB
Trehorningen 34
SE-922 66 Tavelsjö
Sweden
Phone +46706440084

Results from ExposMeter for Marte Haave samples.

PVL No.	Exposmeter No.	Cd µg/L	Cr µg/L	Cu µg/L	Ni µg/L	Pb µg/L	Zn µg/L
7270	E1113	< 0.004	< 0.046	0.88	0.41	< 0.014	2.0
7271	E1114	< 0.004	< 0.046	0.69	0.35	< 0.014	< 0.38
7272	E1115	< 0.004	< 0.046	0.85	0.60	< 0.014	0.40
7273	E1116	0.008	< 0.051	2.1	2.3	0.016	3.7
7274	E1117	0.008	< 0.051	2.1	2.4	0.048	3.8
7275	E1118	0.009	< 0.051	2.0	2.3	0.051	3.6
7276	E1119	0.004	< 0.043	< 0.049	0.40	0.040	0.96
7277	E1120	0.004	< 0.043	< 0.042	0.53	0.030	0.71
7278	E1121	< 0.004	< 0.043	< 0.052	0.41	0.030	1.0

Non-accredited calculations performed at Lab. of Environmental Chemistry and Biochemistry, Czech Republic.

Best regards
Per-Anders Bergqvist, CEO
Nya ExposMeter AB