

# Program for overvåking av fiskefôr

## – Årsrapport for prøver innsamlet i 2017

Veronika Sele, Monica Sanden, Marc H.G. Berntssen, Bjørn Tore Lunestad, Marit Espe, Kai K. Lie, Heidi Amlund, Anne-Katrine Lundebye, Gro-Ingunn Hemre, Rune Waagbø & Robin Ørnsrud



# Prosjektrapport

**Rapport:** Rapport fra Havforskningen  
**Nr. – År:** 25–2018  
**Dato:** 01.05.2018

**Tittel (norsk og engelsk):**  
Program for overvåking av fiskefôr  
Monitoring program for fish feed

**Forfattere:**  
Veronika Sele, Monica Sanden, Marc H.G. Berntssen, Bjørn Tore Lunestad, Marit Espe, Kai K. Lie, Heidi Amlund, Anne-Katrine Lundebye, Gro-Ingunn Hemre, Rune Waagbø & Robin Ørnsrud

**Distribusjon:** Åpen

**Havforskningsprosjektnr.:**  
15219

**Oppdragsgiver:**  
Mattilsynet, Statens tilsyn for fisk, dyr og næringsmidler

**Oppdragsgivers referanse:**  
43389

**Program:**  
Fiskeernæring

**Forskningsgruppe:**  
Trygt fôr

**Antall sider totalt:**  
50

## Sammendrag (norsk):

Mattilsynet er oppdragsgiver for denne overvåkingen som er en del av Norges oppfølging av nasjonalt og internasjonalt regelverk på dyrefôr. Denne rapporten oppsummerer resultater fra det offentlige overvåknings- og kartleggingsprogrammet for fiskefôr, fôrmidler og premikser til fiskefôr for prøver som ankom i 2017. Kartlegging og overvåking gjennomføres for å overvåke status på fôrområdet, framskaffe offentlig dokumentasjon om fiskefôr og kartlegge nye potensielle farer knyttet til fiskefôr<sup>1</sup>.

I 2017 ble totalt 129 prøver analysert: 72 fullfôr, 12 fiskemel, 2 fiskeproteinkonsentrat, 9 vegetabiliske fôrmidler, 8 vegetabiliske oljer, 9 fiskeoljer og 16 mineral- og vitamin-premikser. Prøvene ble analysert for en rekke uønskede stoffer og næringsstoffer. Alle analysene i dette programmet rapporteres fortløpende med elektronisk analysebevis til Mattilsynet. Ved funn av verdier som overstiger grenseverdiene har Mattilsynet blitt varslet gjennom et eget varslingsystem.

Av fôrmidler og fullfôrblandinger analysert for mikrobiologiske parametere, ble det ikke påvist bakterier i familien Enterobacteriaceae eller slekten *Salmonella* i 2017. Det ble heller ikke påvist materiale fra drøvtyggere, i form av partikler identifisert ved bruk av lysmikroskop eller påvisning av ruminant DNA, i noen av de undersøkte fiskemelene eller fiskeproteinkonsentratene. Det ble i 2017 analysert fullfôr og vegetabiliske formidler for de mer vanlige mykotoksinene, som blant annet Aflatoxin og Ochratoxin A, men også for de mer fettløselige mykotoksinene, Beauvericin og Enniatin. Av fullfôrene som ble analysert inneholdt flere av prøvene nivåer av Enniatin B og Enniatin B1 over kvantifiseringsgrensen på 10 µg/kg. Det er ikke fastsatt øvre grenseverdi for Enniatin i fôr eller fôrmidler. Resultatene for 2017 viste ingen overskridelser av øvre grenseverdier for uønskede stoffer i fullfôr eller fôrmidler. Når det gjelder uønskede organiske stoffer, ble det funnet relativt høye nivåer av flere PAH forbindelser i ett fullfôr og i én vegetabilisk olje i 2017. Vekstfôret og rapsoljen hadde høye nivåer av benzo(ghi)perylene og av sum PAH<sub>4</sub>. Det er ikke fastsatt øvre grenseverdi for PAH i fôr eller i fôrmidler. I 2017 ble det for første gang i dette programmet analysert for perfluoreerte forbindelser (PFAS). Det ble ikke påvist noen av de 15 undersøkte PFAS over kvantifiseringsgrenser i de fullfôrene som ble analysert. Gjeldende tilsetningsstoffene selen, sink, molybden og vitamin D<sub>3</sub> viser resultatene fra 2017 at flere av fullfôrene som ble analysert inneholdt konsentrasjoner over det høyeste tillatte innhold. Denne grensen for tilsetningsstoffer gjelder for summen av tilsatt mengde og det som naturlig er tilstede i fôrmidlene, men gjelder bare dersom stoffene er tilsatt. Analyser av premikser viste imidlertid at flere mikromineraler og et vitamin (selen, sink, molybden og vitamin D<sub>3</sub>) generelt inngår i premikser. Det er analytiske utfordringer med å skille mellom det som er tilsatt og det som er naturlig form av mikromineraler og vitaminer i fullfôr.

Vi takker alle som har deltatt i gjennomføringen av prosjektet.

---

<sup>1</sup> [https://www.mattilsynet.no/dyr\\_og\\_dyrehold/for/](https://www.mattilsynet.no/dyr_og_dyrehold/for/)

### Summary (English):

The Norwegian Food Safety Authority has commissioned this monitoring program, which is part of the Norwegian implementation of national and international feed legislation. In this report, the results from the official monitoring program for fish feed, feed ingredients and premixes for 2017, are summarized and discussed. The report is written in Norwegian, but the summary, conclusion, figure- and table headings are presented in English. The Norwegian feed legislation is based on the feed legislation in the European Union (EU), and is frequently amended and updated in accordance with the EU feed legislation.

In 2017, a total of 129 samples were analysed including 72 complete feeds, 12 fish meals, 2 fishprotein concentrates, 9 plant proteins, 8 plant oils, 9 fish oils and 16 mineral- and vitamin-premixes. Analytical results are reported to the Norwegian Food Safety Authority on a continuous basis. Additionally, the Norwegian Food Safety Authority is immediately notified of non-compliant findings. In the report, results under the detection limit of the method is presented as «<LOQ». An «upper bound LOQ», which is a standard procedure for calculating dioxins (CAC/RCP 62/2006<sup>2</sup>), is applied for calculating sum and average for organic contaminants in the report.

Bacteria in the family Enterobacteriaceae or the genus *Salmonella* were not detected in any of the feeds analysed in 2017. No traces of ruminant bones, or DNA from ruminant material, was detected in any of the fishmeal or fish protein concentrates analysed. Fish feed and feed ingredients of plant origin were analysed for mycotoxins, including Aflatoxin and Ochratoxin A. The samples were also analysed for the more lipid-soluble mycotoxins, Beauvericin and Enniatin. The results showed a relative high proportion of samples with concentrations over the limit of quantification (LOQ) for Enniatin in the feed samples analysed. There is no maximum limit established for Enniatin in feed or feed ingredients. Relative high levels of several PAH's, including sum PAH<sub>4</sub>, were detected in one sample of fish feed and in one sample of plant oil in 2017. There is currently no maximum level for PAH in fish feed or feed ingredients within the EU or Norway. This year, selected samples of complete feed were also analysed for a group of perfluorinated compounds (per- and polyfluoroalkyl substances; PFAS). None of the samples analysed contained PFAS over the LOQs. Several of the complete feeds were above the maximum content with respect to the feed additives; zinc, molybdenum, selenium and vitamin D<sub>3</sub>. The maximum content for feed additives applies to the total sum of additives, from added sources and from what is naturally present in feed ingredients, but only when any substance is added. Results suggest that minerals and vitamins that exceed the maximum content (Zn, Mo, Se and vitamin D<sub>3</sub>) are generally included in premixes. To differentiate the supplemented form from the form naturally presented in the feed by is analytically challenging.

---

<sup>2</sup> Code of practice for the prevention and reduction of dioxin and dioxin-like PCB contamination in foods and feeds. Codex Alimentarius List of Standards.

We would like to thank everyone who participated in the project.

---

**Emneord (norsk):**

Fiskefôr, fôrmidler,  
fôringredienser, overvåking,  
uønskede stoffer,  
næringsstoffer, organiske  
miljøgifter, mykotoksiner,  
bakterier, metaller,  
mineraler, tilsetningsstoffer,  
prosesserte animalske  
proteiner (PAP).

**Subject heading (English):**

Fish feed, feed ingredients,  
monitoring, undesirable  
substances, nutrients, organic  
contaminants, mycotoxins,  
bacteria, metals, minerals,  
feed additives,  
microbiological, processed  
animal proteins (PAP).

---

---

Veronika Sele, prosjektleder

---

Robin Ørnsrud, faggrupeleder

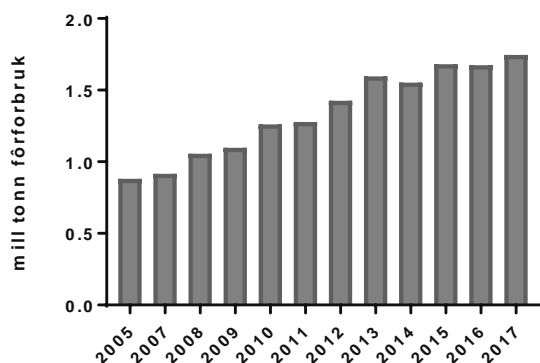


# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>7</b>
1.1	Metoder.....	8
1.2	Analyseoversikt .....	10
<b>2</b>	<b>Resultater og diskusjon</b> .....	<b>11</b>
2.1	Forbudte fôrmidler .....	11
2.1.1	Prosessert animalsk proteiner (PAP) fra drøvtyggere.....	11
2.2	Uønskede stoffer, mikrobiologiske parametere.....	12
2.2.1	Salmonella .....	12
2.2.2	Enterobacteriaceae.....	12
2.2.3	Mykotoksiner.....	12
2.3	Uønskede stoffer, organiske.....	15
2.3.1	Klorerte pesticider .....	15
2.3.2	Organfosfat pesticidforbindelser .....	18
2.3.3	Glyfosat, AMPA og glufosinat.....	18
2.3.4	PCB og dioksiner (PCDD/PCDF) .....	19
2.3.5	Polybromerte flammehemmere (PBDE, HBCD, TBBP-A).....	22
2.3.6	Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) .....	25
2.3.7	Perfluoreerte forbindelser (PFAS) .....	28
2.4	Uønskede stoff, uorganiske.....	29
2.4.1	Arsen (As).....	29
2.4.2	Kadmium (Cd).....	30
2.4.3	Kvikksølv (Hg).....	31
2.4.4	Bly (Pb) .....	31
2.5	Tilsetningsstoff.....	31
2.5.1	Antioksidanter .....	32
2.5.2	Mikromineraler .....	34
2.5.3	Vitaminer.....	38
2.6	Områder med behov for mer bakgrunnsdata .....	38
2.6.1	Fettsyresammensetning i fullfôr.....	38
2.6.2	Fiskeproteinkonsentrat som fôrmiddel.....	40
2.7	Redelig handel –kontroll av deklarererte næringsstoff .....	40
2.7.1	Hovednæringsstoff.....	40
<b>3</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>Metoder</b> .....	<b>46</b>

## 1 Bakgrunn

I 2017 ble det forbrukt over 1,7 millioner tonn fiskefôr i Norge (Kilde: Fiskeridirektoratet, Biomasse-registeret). Til sammenligning ble det i 2005 produsert 0,8 millioner tonn. Figur 1 viser utviklingen i fôrforbruk i Norge fra 2005 til 2017.



**Figur 1.** Innrapportert fôrforbruk i Norge fra 2005 til 2017. Tallene er i millioner tonn.

Kilde: Fiskeridirektoratet, Biomasseregisteret [Reported fish feed used in Norway from 2005 to 2016.

Numbers are in million tons. Source: Directorate of Fisheries Biomass Statistics;

<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Biomassestatistikk>].

I overvåkings- og kartleggingsprogrammet (OK-programmet) «Program for overvåking av fiskefôr» er målsettingen å overvåke og kartlegge fiskefôr og fôrmidler i Norge. I dette programmet tas det ut prøver fra fôrprodusenter, fra fabrikker ulike steder i landet, på ulike tidspunkt av året. Målet er å få et representativt utsnitt av fiskefôr (fullfôr) og fôringredienser (fôrmidler og premikser) benyttet i norsk fiskefôrproduksjon. Fôr og fôringredienser, både av marine og vegetabilsk opprinnelse, analyseres for uønskede stoffer, men også næringsstoffer. Målet med programmet er å kartlegge potensielle farer knyttet til fiskefôr som kan være en risiko for folkehelse, fiskehelse, fiskens velferd eller som kan føre til skader på miljøet. OK-programmet for fiskefôr startet opp i 1996, og det har siden den gang vært viktig å ha kontinuitet i analyseprogrammet med mål å kunne danne tidstrender i nivåer av uønskede stoffer og næringsstoffer i fiskefôr. Programmet har også vært i utvikling, og nye stoffgrupper har blitt inkludert i analyseprogrammet etter hvert som ny kunnskap eller lovgiving har endret fokus.

I Norge følges fôrlovgivningen i den Europeiske Unionen (EU), og det blir jevnlig endret og oppdatert i samsvar med forandringer i EUs fôrlovgiving. Det er Landbruks- og matdepartementet, Nærings- og fiskeridepartementet og i noen tilfeller Helse- og omsorgsdepartementet som i fellesskap fastsetter regelverket når det gjelder fôr. Fôrregelverket har som formål «å sikre at fôret er trygt og dermed ikke er helseskadelig for mennesker eller dyr, eller gjør næringsmidler fra dyr uegnet for konsum. Fôret skal heller ikke ha skadevirkning på miljøet».

På de følgende sidene er resultater fra Mattilsynets overvåkings- og kartleggingsprogram på fiskefôr-området for 2017 oppsummert.

## 1.1 Metoder

Mattilsynet er ansvarlig for uttak av prøver fra registrerte virksomheter som produserer fiskefôr. Hvert år lager Mattilsynets hovedkontor en prøvetakningsplan som blir distribuert til de aktuelle inspektørene som skal samle inn prøvene. Prøvene blir tatt ut gjennom hele året for å få med mulige årstidsvariasjoner. I 2017 ble det samlet inn totalt 129 prøver fra fiskefôrprodusentene i Norge (BioMar, EWOS, Skretting og Europharma). Prøvene ble sendt til NIFES (Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning, fra 01.01.2018 fusjonert med Havforskningsinstituttet, Bergen) i egnet emballasje. Før de kjemiske analysene ble prøvene homogenisert, splittet og overført til tette flasker. Prøver til mikrobiologiske undersøkelser og PAP (prosessert animalsk protein) analyse ble sendt direkte til analyse i uåpnet emballasje, uten oppmaling og prøvesplitting som en ekstra sikring mot kontaminering. Laboratoriene ved Havforskningsinstituttet (HI) er akkreditert av Norsk akkreditering etter standarden ISO-EN 17025 for en rekke kjemiske og mikrobiologiske metoder og har akkrediteringsnummer Test-50.

I denne rapporten er noen av analyseresultatene under kvantifiseringsgrensen for metoden (Limit Of Quantification, LOQ). LOQ er den konsentrasjon av et analysert stoff man kan kvantifisere med en oppgitt måleusikkerhet (MU). Metodens LOQ avhenger blant annet av matrisen og metoden som blir brukt, og blir for noen metoder (for eksempel dioksiner og dl-PCBer) beregnet for hver enkelt prøve analysert. Resultater under LOQ, oppgis som «lavere enn LOQ» (<LOQ). For å kunne ta med disse i beregningene, blir konsentrasjoner som er mindre LOQ satt lik LOQ i utregning av summer eller gjennomsnitt. Dette prinsippet kalles «upper bound LOQ»<sup>3</sup> beregning og er standard prosedyre ved beregning av sum dioksininnhold (CAC/RCP 62/2006<sup>4</sup>), men prinsippet brukes her for alle utregninger for kontaminanter. Det reelle tallet, som ikke er kvantifiserbart, vil i virkelighet være lavere enn LOQ. På denne måten gir «upper bound» prinsippet oss «worst case» verdier og ikke reelle verdier. Korte beskrivelser og oppsummering av hver metode med akkrediteringsstatus er gitt bakerst i denne rapporten som vedlegg.

Grenseverdier for uønskede stoffer i fôrvarer inkludert fullfôr er satt for et vanninnhold på 12 % (tørstoff på 88 %). Ingen tallverdier i rapporten er korrigert for tørstoffinnholdet fordi dette kan bidra til å øke måleusikkerheten. I 2017 ble 72 fullfôr analysert for tørstoff. Snittverdien på tørstoff i fullfôrene var 93

---

<sup>3</sup> Wenzl, T., Haedrich, J., Schaechtele, A. Robouch, P., Stroka, J., Guidance document on the estimation of LOD and LOQ for measurements in the field of contaminants in feed and food. EUR 28099, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016.

<sup>4</sup> Code of practice for the prevention and reduction of dioxin and dioxin-like PCB contamination in foods and feeds. Codex Alimentarius List of Standards.



% med variasjon fra 91 % til 96 %. Dette betyr at tallene vil bli nedjustert noe om man skulle korrigere for tørrstoffinnholdet.

I rapporten bruker vi betegnelsene fullfôr, fôrmidler og premikser. Definisjonen på et fullfôr er *en fôrblending som på grunn av sin sammensetning er tilstrekkelig til å dekke dyrets dagsbehov*. I denne undersøkelsen blir ulike typer fullfôr, inkludert vekstfôr, smoltfôr, startfôr, og helsefôr, analysert. Fôrsammensetningen varierer mellom disse ulike typer fôr, da de er produsert for å dekke fiskens ernæringsbehov ved ulike livsstadier. Verdiene gitt i denne rapporten er gjennomsnitt og minimums-/maksimumsverdi av alle fôr undersøkt, og ikke spesifisert for hver enkelt type fôr.

Fôrmiddel er *et produkt av vegetabilsk eller animalsk opprinnelse i naturlig tilstand, ferskt eller konservert, eller derivat/biprodukt av disse etter industriell bearbeiding, samt organisk eller uorganisk stoff, som kan inneholde tilsetningsstoffer og er bestemt til fôring av dyr. Det kan brukes ubehandlet eller behandlet som fôr, brukes i produksjon av fôrblandinger eller som bærestoff i premikser*. I denne rapporten er fiskeolje, vegetabilsk olje, fiskemel og vegetabilske proteinkilder eksempel på fôrmiddel. Premiks er *en blanding av tilsetningsstoffer eller ett eller flere tilsetningsstoffer sammen med bærestoffer, og som er beregnet for tilvirkning av fôrblandinger*.

Som vi ser av analyseoversikten i Tabell 1 blir mange av prøvene analysert for flere stoffgrupper, og i tabellen ser vi hvilke parametere som har vært med i analyseprogrammet i 2017 og tallet på utførte analyser for de enkelte stoffgruppene. De fleste parametere i Tabell 1 er hentet fra regelverket over uønskede stoffer (mikroorganismer, organiske og uorganiske fremmedstoffer)<sup>5</sup>, regelverket for tilsetningsstoffer<sup>6</sup> (antioksidanter, mineraler og vitaminer), og fra regelverk knyttet til deklarerings<sup>7</sup> (fett). I tillegg har vi analysert for polybromerte flammehemmere, polyaromatiske hydrokarboner, mykotoksiner, flere pesticidforbindelser, perfluorerte forbindelser og fettsyrer i fullfôr og fôrmidler. Dette er stoffgrupper der man trenger bakgrunnskunnskap, og som det ikke er så langt ikke er etablerte grenseverdier for.

Formålene med overvåkingsprogrammene er hovedsakelig å skaffe oversikt over mulige farer som kan true fiske-, plante-, dyre- og/eller folkehelsen, og for å ha en oversikt over trender, med tanke på fôrsammensetning og fôrmidler.

---

<sup>5</sup> FOR-2002-11-07-1290: Forskrift om fôrvarer.

<sup>6</sup> FOR-2005-04-12-319: Forskrift om tilsetningsstoffer til bruk i fôrvarer.

<sup>7</sup> FOR-2011-04-02-360: Forskrift om merking og omsetning av fôrvarer.

## 1.2 Analyseoversikt

**Tabell 1.** Analyseoversikt for prøver i 2017. [Parameters and number of samples analyzed in 2017].

Parameter	Antall analyser 2017
<b>I. Forbudte fôrmidler</b>	
Prosesserte animalske proteiner (PAP) fra drøvtyggere	14
<b>II. Uønskede stoff, mikrobiologi</b>	
<i>Salmonella</i>	82
Enterobacteriaceae	10
Mykotoksiner <sup>a)</sup>	57
<b>III. Uønskede stoff, Organiske</b>	
Klorerte Pesticider <sup>b)</sup>	40
Organfosfat Pesticider <sup>c)</sup>	57
Glyfosat og AMPA	57
Polyklorerte bifenyler (PCB) <sup>d)</sup>	93
Dioksiner (PCDD/PCDF) og dioksinlignende-PCB (dl-PCB) <sup>e)</sup>	93
Polybromerte difenyleter (PBDE) <sup>f)</sup>	93
Bromerte flammehemmere (HBCD og TBBP-A) <sup>g)</sup>	101
Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) <sup>h)</sup>	57
Perfluorerte forbindelser (PFAS) <sup>i)</sup>	40
<b>IV. Uønskede stoff, Uorganiske</b>	
Arsen (As), kadmium (Cd), bly (Pb), kvikksølv (Hg)	67
Uorganisk arsen (iAs)	25
Metylkvikksølv (MeHg)	20
<b>V. Tilsetningsstoff</b>	
Butylhydroksyanisol (BHA)	84
Butylhydroksytoluen (BHT)	73
Ethoxyquin (EQ) og Ethoxyquin dimer (EQDM)	93
<b>VI. Essensielle næringsstoff</b>	
Mineraler (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Se, Mo)	67
Vitamin D <sub>3</sub>	81
<b>VII. Stoff og formiddel der man trenger bakgrunnskunnskap</b>	
Fettsyrer	10
Tørrstoff	74
Fiskeprotein konsentrat (FPC)	2
<b>VIII. Redelighetsanalyser av deklarererte stoff</b>	
Totalfett	81
<p>a) Aflatoxin B1, B2, G1, G1, deoxynivalenol (DON), HT-2 toksin, Ochratoksin A (OchraA), T-toksin, fumonisiner (B1, B2), zearalenon og de mer fettløselige forbindelsene Beauvericin og Enniatin (A, A1, B, B1).</p> <p>b) Dieldrin, aldrin, endosulfan, klordan, DDT, toksafen, heptaklor</p> <p>c) Inkluderer 116 forbindelser, inkludert klorpyrifos-metyl og pirimifos-metyl.</p> <p>d) Sum PCB<sub>s</sub> er sum av kongenerene PCB-28, 52, 101, 138, 153 og 180.</p> <p>e) Sum av 17 former av dioksiner (PCDD/PCDF) og dl-PCB (sum av 4 non-orto PCB og 8 mono-orto PCB).</p> <p>f) Bromerte flammehemmere. PBDE<sub>r</sub> (sum av kongenerene PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183).</p> <p>g) Tetrabromobisfenol A (TBBP-A) og heksabromsyklododekan (HBCD). Sum HBCD er sum av <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> og <math>\gamma</math>-HBCD.</p> <p>h) Inkluderer 16 forbindelser, og sum PAH<sub>4</sub> (benzo(a)pyren, benzo(a)antracen, chrysene og benzo(b) fluoranten).</p> <p>i) Inkluderer 15 perfluorerte forbindelser. Se i metodeseksjon for oversikt.</p>	

## 2 Resultater og diskusjon

### 2.1 Forbudte fôrmidler

#### 2.1.1 *Prosessert animalsk proteiner (PAP) fra drøvtyggere*

I regelverket brukes betegnelsen prosessert animalsk proteiner, fra den engelske beskrivelsen «Processed Animal Protein», eller PAP. Eksempler på PAP er fiskemel, fjørmel, beinmel og svinemel. Fiskeproteinkonsentrat (FPC) er også PAP og går innunder samme lovverket som fiskemel. Proteiner som er fullstendig hydrolysert blir derimot ikke definert som PAP, og dette gjelder også melkeprodukter og gelatin. TSE-fôrordningen<sup>8</sup> er sentral gjeldende PAP, og formålet med denne er å forebygge, ha kontroll med og utrydde spongiforme encefalopatier som kan overføres fra dyr til dyr eller fra dyr til mennesker. Regelverket skal også hindre at fôrmidler og fôr blir forurenset av drøvtyggermateriale. TSE-forskriften ble endret i 2013 slik at det nå er tillatt å bruke PAP fra ikke-drøvtyggere, for eksempel fra svin og fjørfe til akvakultur. Men PAP fra drøvtyggere er det derimot ikke lov å bruke. Lysmikroskopi og PCR («polymerase chain reaction») er de to metodene som blir brukt for å detektere landdyr PAP i fôrblandinger og fôrmidler. Lysmikroskopi metoden brukes for å bestemme om det er ulovlig PAP til stede i fôr enten som forurensing av animalske proteinfôrmidler eller som bevisst bruk i fôrblandingen. PCR metode brukes for å bestemme om det er DNA fra drøvtyggere tilstede.

I 2017 ble 12 fiskemel undersøkt for ulovlig PAP ved hjelp av lysmikroskopi. Det ble ikke påvist beinmel fra drøvtyggere i noen av disse prøvene. De 12 fiskemelene ble også undersøkt for ulovlig materiale fra drøvtyggere (storfe, sau og geit) ved PCR, og det ble ikke funnet DNA fra drøvtyggerarter i noen av de undersøkte fiskemelene. I tillegg ble det i 2017 analysert to prøver av fiskeproteinkonsentrat (FPC) for PAP ved bruk av lysmikroskopi og PCR. Ingen av prøvene fikk positivt utslag for ulovlig PAP eller drøvtygger-DNA.

NIFES ble nasjonalt referanselaboratorium (NRL) for PAP-PCR metoden i 2012, og denne funksjonen fortsetter i Havforskningsinstituttet etter fusjonen mellom NIFES og HI. Generelt kan man si at PCR er en sensitiv metode for artsbestemmelse. Men med PCR metoden kan man ikke skille lovlig drøvtygger DNA (for eksempel fra gelatin eller melk) fra ulovlig drøvtygger DNA. Lysmikroskopi metoden gir informasjon om det er partikler fra landdyr i prøven, men ikke om dette stammer fra drøvtyggere. Ved HI arbeides det nå med komplementerende metodikk som baserer seg på proteomikk analyse ved bruk av massespektrometri. Ved denne fremgangsmåten er det mulig å få informasjon om dyreart, men samtidig også vevs-spesifikk informasjon fra protein/peptid identifikasjon, og dermed kan en ved denne metodikken skille mellom lovlig og ulovlig drøvtygger DNA. Metodeutviklingen gjøres i samarbeid med EU referanselaboratorium for PAP i Gembloux, Belgia.

---

<sup>8</sup> Forskrift 30 mars 2004 Nr. 595 om forebygging av, kontroll med og utryddelse av overførbare spongiforme encefalopatier (TSE). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-03-30-595>

## 2.2 Uønskede stoffer, mikrobiologiske parametere

### 2.2.1 *Salmonella*

Biproduktforskriften<sup>9</sup> har krav til fravær av *Salmonella* i fôrmidler av animalsk opphav (fiskemel). For fullfôr er det ikke krav om fravær av *Salmonella*, men for å redusere smittepresset for *Salmonella* er det derimot et krav om varmebehandling eller annet hygieniserende trinn i framstillingen av fôrblending til fisk. I 2017 ble 72 fullfôr, 10 fiskemelsprøver og 2 prøver av FPC analysert med hensyn på *Salmonella*. Ingen av prøvene analysert i 2017 hadde utslag for *Salmonella*.

### 2.2.2 *Enterobacteriaceae*

Bakterier i familien Enterobacteriaceae forekommer normalt i tarmmateriale fra varmblodige dyr inkludert mennesker, og kan overføres til fôr, vann og næringsmidler ved fekal forurensning. Denne parameteren blir derfor ofte benyttet som en indikator for den hygieniske kvaliteten for matvarer og fôr. Biproduktforskriften har krav til at antallet bakterier i familien Enterobacteriaceae skal være under 300 kim/g. Det er ikke fastsatt grenseverdier for Enterobacteriaceae i fullfôr. I 2017 ble 10 prøver av fiskemel og 2 prøver av FPC undersøkt for bakterier i familien Enterobacteriaceae. Alle prøver hadde verdier av bakteriene under påvisningsgrensen for metoden (10 kim/g).

### 2.2.3 *Mykotoksiner*

Mykotoksiner er giftstoffer som er produsert av muggsopp, og kan infisere avling før høsting (felt mykotoksiner) eller etter høsting i landbruksprodukter som er lagret (lagringsmykotoksiner). Det er et økende fokus på mykotoksiner i mat og fôr i EU, og EU sin vitenskapskomite (the European Food Safety Authority; EFSA) har belyst at det er globale utfordringer med mykotoksiner. Det forventes at mykotoksiner vil utgjøre en økende risiko i fremtiden i takt med høyere forbruk av vegetabiliske råvarer og et våtere og varmere klima. Den norske vitenskapskomiteen (VKM) har utført en risikovurdering av mykotoksiner, der det også ble belyst at det er behov for mer kunnskap og data på denne gruppe uønskede stoffer.<sup>10</sup>

I 2017 ble 9 prøver av vegetabiliske fôrmidler (hvete og soya) og 40 tilfeldig valgte prøver av fullfôr analysert for mykotoksinene aflatoxin (B1, B2, G1 og G2), deoxynivalenol (DON), HT-2 toksin,

---

<sup>9</sup> Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-09-14-1064>

<sup>10</sup> VKM, 2013. Risk assessment of mycotoxins in cereal grain in Norway, Opinion of the Scientific Steering Committee of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety. VKM Report 2013:21.

ochratoksin A (OchraA), T-2 toksin, fumonisiner (Fum B1, B2) og zearalenon (Zea) (Tabell 2). Muggsopp i slekten *Fusarium* er feltopp som produserer DON, beauvericin, enniatiner, fumonisiner, HT-2 toxin, moniliformin, nivalenol, T-2 toxin og zearalenon. Lagringsoppene *Penicillium* og *Aspergillus* produserer OchraA. Noen arter i slekten *Aspergillus* kan også produsere aflatoksiner. For mykotoksiner er det bare fastsatt øvre grenseverdi for aflatoksin B1 på 10 µg/kg i fullfôr og 20 µg/kg i fôrmidler. For andre mykotoksiner er det i påvente av bedre datagrunnlag og analysemetoder etablert veiledende verdier («Guidance values»)<sup>11,12</sup>. Det ble ikke funnet aflatoksin B1 over øvre grenseverdi i noen av de analyserte prøvene. Ellers var nivåene av mykotoksiner i fullfôr i 2017 lavere enn de gitte veiledende verdiene (Tabell 2). Det var totalt 7 av 40 undersøkte fullfôr som hadde nivåer av mykotoksinene over LOQ, der to av disse fôrene hadde utslag av flere forbindelser (DON (26 og 35 µg/kg), Fum B1 og B2 (108 og 143 µg/kg), og Zea (68 og 97 µg/kg)).

**Tabell 2.** Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-max-verdier) for mykotoksiner (µg/kg) i fullfôr og vegetabiliske fôrmiddel i 2017. HT-2 (<10 µg/kg) og T2 (<10 µg/kg) er ikke gitt siden kun én prøve (se tekst) hadde verdier over kvantifiseringsgrensen (LOQ)<sup>1</sup>. Snittverdier er gitt der 20 % eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Siste rad viser de veiledende verdier i fullfôr. [Mean concentration (when 20% or more of the results are over LOQ) and the min-max concentrations of mycotoxins (µg/kg) in fish feed and plant protein in 2017. The last row shows the European Commission's guidance value for mycotoxin residues in feed].

	Aflatoxin B1 (µg/kg)	DON (µg/kg)	FumB1 (µg/kg)	FumB2 (µg/kg)	OchraA (µg/kg)	Zea (µg/kg)
<b>Fullfôr</b>						
Snitt 2017 (n=40)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min-Maks	<1	<20-35	<20-100	<20-43	<1-2,4	<10-97
Prøver over LOQ	n.d.	10%	5%	5%	5%	15%
Veiledende verdi (guidance value) <sup>2)</sup>		5.000	10.000 <sup>3)</sup>	10.000 <sup>3)</sup>		
<b>Vegetabiliske fôrmiddel</b>						
Snitt 2017 (n=9)	<LOQ	525	<LOQ	<LOQ	3	418
Min-Maks	<1-1,1	<20-750	<20-8.100	<20-6.000	<1-4	<10-820
Prøver over LOQ	11%	22%	11%	11%	33%	22%
Veiledende verdi (guidance value) <sup>4)</sup>		8.000-12.000	60.000 <sup>5)</sup>	60.000 <sup>5)</sup>	250	2.000-3.000

<sup>1)</sup> LOQ for HT-2 og T2; 10µg/kg, Aflatoxin; 1 µg/kg, DON; 20 µg/kg, Fum; 20 µg/kg, OchraA; 1 µg/kg, Zea; 10 µg/kg.

<sup>2)</sup> Veiledende verdi i fullfôr for innhold av muggsopp og mykotoksiner i fôrvarer.

<sup>3)</sup> For aflatoxin er det satt øvre grenseverdi.

<sup>4)</sup> Veiledende verdi for FumB1 og FumB2 tilsammen er 10.000 µg/kg - fullfôr.

<sup>5)</sup> Veiledende verdi i fôrmidler for innhold av muggsopp og mykotoksiner i fôrvarer.

<sup>6)</sup> Veiledende verdi for FumB1 og FumB2 tilsammen er 60.000 µg/kg - fôrmiddel.

n.d. = ikke funnet («not detected»).

<sup>11)</sup> Commission Recommendation 2006/576/EC on the presence of DON, Zea, OchraA, T-2 and HT-2 and Fum in products intended for animal feeding.

<sup>12)</sup> Commission Recommendation 2013/165/EU on the presence of T-2 and HT-2 toxin in cereals and cereal products.

I vegetabiliske formidler ble det funnet aflatoxin B1 over LOQ i ett fôrmiddel av maisgluten, men konsentrasjonen var 1,1 µg/kg (LOQ er 1 µg/kg) og dermed under øvre grenseverdi på 50 µg/kg. Det samme formiddelet inneholdt også andre mykotoksiner, inkludert DON (750 µg/kg), Fum B1 og B2 (14.100 µg/kg), T-2 og HT-2 (50 µg/kg) og OchraA (2 µg/kg). Ingen av verdiene oversteg de gitte veiledende verdiene (Tabell 2). Det var også et fôrmiddel av hvetegluten som inneholdt DON (300 µg/kg) og OchraA (2 µg/kg), men her var det heller ingen av verdiene som oversteg de gitte veiledende verdiene.

I tillegg til mykotoksinene som det har blitt analysert for siden 2013 i dette programmet (Tabell 2) ble de samme fullfôrene (40 prøver), vegetabiliske fôrmidler (9 prøver) og vegetabiliske oljer (8 prøver av hovedsakelig rapsoljer) analysert for noen av de mer fettløselige mykotoksinene (Beauvericin og Enniatin A, A1, B, B1) (Tabell 3). Det er muggsopp i slekten *Fusarium* (feltsopp) som produserer Beauvericin og Enniatin. Det er lite kunnskap om denne gruppe mykotoksiner i norsk fiskefôr og fôrmidler, spesielt når det gjelder toksisitet i forhold til dyr og mennesker. Det er studier som har vist restnivåer i oppdrettsfisk<sup>13</sup>. Det er så langt ikke gjort risikovurdering i forhold til disse stoffene.

**Tabell 3.** Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-max-verdier) for mykotoksinene Beauvericin og Enniatin (µg/kg) i fullfôr, vegetabiliske fôrmiddel og vegetabilisk olje i 2017. Snittverdier er gitt der 20 % eller mer av prøvesvarene er over kvantifiseringsgrensen (LOQ)<sup>1</sup>. [Mean concentration (when 20% or more of the results are over LOQ) and the min-max concentrations of the mycotoxins Beauvericin and Enniatin (µg/kg) in fish feed, plant protein and plant oil in 2017].

	Beauvericin (µg/kg)	Enniatin A (µg/kg)	Enniatin A1 (µg/kg)	Enniatin B (µg/kg)	Enniatin B1 (µg/kg)
<b>Fullfôr</b>					
Snitt 2017 (n=40)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	56	18
Min-Maks	<10-15	<10	<10-11	<10-180	<10-36
Prøver over LOQ	7.5%	n.d.	7.5%	95%	68%
<b>Vegetabiliske fôrmiddel</b>					
Snitt 2017 (n=9)	116	<LOQ	91	275	109
Min-Maks	<10-220	<10-90	<10-140	<10-420	<10-130
Prøver over LOQ	22%	11%	22%	22%	22%
<b>Vegetabiliske oljer</b>					
Snitt 2017 (n=9)	<LOQ	<LOQ	29	205	55
Min-Maks	<10-10	<10-10	<10-37	<10-290	<10-79
Prøver over LOQ	12,5%	12,5%	50%	50%	50%

<sup>1)</sup> LOQ er 10 µg/kg for alle forbindelsene.  
n.d. = ikke funnet («not detected»).

<sup>13</sup> Tolosa J, Font G, Manãs J, Ferrer E (2014). Natural occurrence of emerging *Fusarium* mycotoxins in feed and fish from Aquaculture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62(51):12462-70.

Av fullfôrene som ble analysert inneholdt 95 % Enniatin B og 68 % Enniatin B1 over LOQ, med konsentrasjoner opp mot henholdsvis 180 µg/kg og 36 µg/kg (Tabell 3). Dette var flere prøver over LOQ sammenlignet med fullfôr analysert i 2016, der to av 35 undersøkte fôr ble registrert å inneholde Enniatin B. Som tidligere år, vises det at rapsolje også fra 2017 kan inneholde relativt høye verdier av Enniatin, med konsentrasjon opp mot 290 µg/kg (Tabell 3). To vegetabiliske fôrmiddel; maisgluten og hvetegluten, ble påvist å inneholde både Enniatin og Beauvericin, mens de andre formidler av SPC (soyaproteinkonsentrat) og solsikke pellet var alle under kvantifiseringsgrensen.

Basert på dette og tidligere års datasett kan det se ut som rapsolje kan være kilder til Enniatin, og at hvete og maisgluten kan være kilder for Beauvericin og Enniatin i norsk fiskefôr. Det er i dag ikke øvre grenseverdier eller veiledende verdier for denne gruppe mykotoksiner innen EU. Det er behov for mer data på disse mykotoksinene i fôrmidler og fiskefôr, samt behov for mer kunnskap om de mulige effekter på fiskehelse og den potensielle overføring fra fôr til spiselige deler av fisk.

## 2.3 Uønskede stoffer, organiske

### 2.3.1 Klorerte pesticider

Klorerte pesticider har til felles at de har et eller flere kloratomer i sin kjemiske struktur, og at de fleste har vært eller fremdeles blir brukt til å bekjempe insekter. Klorerte pesticider er persistente organiske miljøgifter og har lang nedbrytningstid og høy fettløselighet. Mange av disse pesticidene finnes derfor fortsatt i de marine og terrestriske næringskjeder tross for at mange av de har vært forbudt å bruke over lengre tid. De pesticidene som inngår i programmet er valgt på bakgrunn av at de kan akkumulere i fett, og fordi EU har satt grenseverdier for flere av disse stoffene i fôr. Norge har inkorporert disse grensene i norsk fôrlovgivning (*Forskrift om fôrvarer*)<sup>14</sup>. I 2017 ble 40 fullfôr analysert for klorerte pesticider. Det har blitt analysert for klorerte pesticider i fiskeoljer og vegetabiliske oljer i dette programmet tidligere år (Fiskefôrrapportene for årene 2005-2011).

Dieldrin er et organoklorid som ble produsert som et plantevernmiddel. Dieldrin og aldrin er nært beslektet, der aldrin blir omdannet til dieldrin, som er den aktive forbindelsen. Dieldrin og aldrin ble analysert i 40 fullfôr i 2017. Konsentrasjonene av dieldrin og aldrin i fullfôr i 2017 var generelt lav med en «upper bound» snittverdi for dieldrin på 0,5 µg/kg, og med et konsentrasjonsområde (min-maks) fra <0,13-1,2 µg/kg (Tabell 4). Ingen av fôrprøvene hadde konsentrasjoner av aldrin over LOQ (<0,07-<0,28 µg/kg). Grenseverdien for dieldrin og aldrin gjelder isolert eller sammen, uttrykt som aldrin på 10 µg/kg og dieldrin på 20 µg/kg. Summen («upper bound») av dieldrin og aldrin viste en snittverdi på 0,6 µg/kg, med en min-maks verdi på 0,3 µg/kg og 1,3 µg/kg.

---

<sup>14</sup> Grenseverdier for summer av pesticider i henhold til *Forskrift om fôrvarer* (med "molecular weight conversion factor" for summer).

Toksafen er en kompleks blanding av mange relativt like klorerte komponenter. Toksafen er meget effektiv og billig å produsere, og er derfor et av de mest anvendte plantevernmidler på verdensbasis. Det ble forbudt å bruke toksafen i Europa og USA på 1980-tallet. I henhold til grenseverdien presenteres toksafen som summen («upper bound») av indikatorforbindelsene parlar 26, 50 og 62. I 2017 ble 40 fullfôr analysert for toksafen og det ble funnet en snittverdi på sum toksafen på 3,7 µg/kg og med konsentrasjoner fra 1,5 til 5,6 µg/kg (Tabell 4). Alle konsentrasjonene var under grenseverdien som er 50 µg/kg i fullfôr.

**Tabell 4.** Gjennomsnittskonsentrasjon og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av klorerte pesticider (µg/kg) i fullfôr i 2017. Summeringen er «upper bound» og molekylvektet<sup>1</sup>. Øvre grenseverdi er gitt i den siste raden (µg/kg). [*Mean concentration and the range (min-max concentrations) of chlorinated pesticides in fish feed in 2017. The sum of pesticides are determined as “upper bound” and molecular weighted<sup>1</sup>. The maximum levels are given in the last row (µg/kg).*]

Prøver	Sum Dieldrin og Aldrin <sup>2</sup> (µg/kg)	Sum Toksafen (µg/kg)	Sum Klordan (µg/kg)	Sum Endosulfan (µg/kg)	HCB (µg/kg)
<b>Fullfôr</b>					
Snitt 2017 (n=40)	<b>0,6</b>	<b>3,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,8</b>	<b>0,8</b>
Min-Maks	0,3-1,3	1,5-5,6	0,6-2,4	0,9-3,6	0,4-1,5
Øvre grenseverdi <sup>1)</sup>	20	50	20	50	10

<sup>1)</sup> Gjeldende grenser for pesticider på fôrområdet i Norge og EU. Øvre grenseverdier for sum pesticider er i henhold til fôrforskriften 2002/32/EC og «amendments» (senere tilførelser); med “molecular weight conversion factor” for summer.

<sup>2)</sup> Dieldrin uttrykt som dieldrin alene.

Klordan har vært forbudt å bruke siden 1981 innen EU, og også i mange land verden over. Klordan er stabilt og kan bli transportert over lengre avstander i miljøet. Tre kjemiske former av klordan ble analysert i 40 fullfôr i 2017 (*cis*- og *trans*-klordan og oksyklordan) og resultater er gitt som sum klordan («upper bound»). *Cis*-klordan er som regel den formen som har flest målinger over kvantifiseringsgrensen. I fullfôr analysert i 2017 ble det funnet en snittverdi for klordan på 1,2 µg/kg med en variasjon fra 0,6 til 2,4 µg/kg (Tabell 4). Ingen av de analyserte fullfôrene for 2017 var over grenseverdien som er 20 µg/kg for klordan. Det er generelt fiskeolje som inneholder de høyeste konsentrasjoner av klordan, sammenlignet med andre fôrmidler<sup>15</sup>.

I Europa er endosulfan ikke lenger i bruk, men stoffet brukes i andre deler av verden som eksporterer mat og fôrmidler til Europa. Den øvre grenseverdien for endosulfan i fullfôr er 50 µg/kg og gjelder for summen av alfa- og beta-isomerer og av endosulfansulfat, uttrykt som endosulfan. Ingen av de

<sup>15</sup> Måge, A., Julsahmn, K., Espe, M. & Lunestad, B.T. Årsrapport 2008 og 2009. Overvåkingsprogram for fôrvarer til fisk og andre akvatiske dyr. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning. 2010, Bergen. P. 69.



analyserte fullfôrene hadde verdier over grenseverdi for endosulfan og snittverdien for 2017 for de 40 fullfôrene var 1,8 µg/kg med et konsentrasjonsområde fra 0,9 µg/kg og 3,6 µg/kg (Tabell 4).

Heptaklor er et plantevernmiddel som ble utfaset i 1980-årene, men som finnes fremdeles i miljøet. Tre former av heptaklor ble analysert i fullfôr i 2017; heptaklor og heptaklor epoxid (*cis* og *trans*). I 2017 ble det analysert 40 fullfôr og det var kun *cis* formen av heptaklor epoxid som var over LOQ med en snittverdi («upper bound») på 0,3 µg/kg, og konsentrasjoner som varierte fra <0,14 µg/kg til 0,5 µg/kg. Alle verdier er under grenseverdien for heptaklor, som er 10 µg/kg, uttrykt som summen av heptaklor og heptakloreposid.

Heksaklorbenzen (HCB) ble forbudt å bruke i jordbruket i Europa på 1980-tallet, men blir fremdeles sluppet ut til miljøet som biprodukter gjennom noen typer industrielle prosesser. Det er flyktig, og fettløselig, og en av de mer persistente miljøgiftene. I 2017 ble 40 fullfôr analysert for HCB. I 2017 var snittverdien for HCB 0,8 µg/kg med et konsentrasjonsområde fra 0,4 til 1,5 µg/kg (Tabell 4). Ingen av de analyserte fullfôrene hadde verdier over grenseverdi for HCB, som er 10 µg/kg. I 2017 ble også 40 fullfôr analysert for fire former av heksaklorsykloheksan (HCH) (alfa, beta, delta og gamma), men alle konsentrasjoner i fullfôrene var under LOQ. Øvre grenseverdi for gamma-HCH i fullfôr er 200 µg/kg.

DDT (diklor-difenyl-trikloretan) er svært lite nedbrytbart plantevernmiddel, og har blitt vurdert som et miljøproblem siden slutten av 1960-tallet. Det er i dag forbud mot bruk av DDT i de fleste land, men noen steder i verden brukes det fortsatt i bekjempelsen av malaria. I dette programmet analyseres det for to isomere former av utgangsstoffet DDT (o,p- og p,p-) og av nedbrytingsproduktene DDE og DDD. I 2017 ble det analysert 40 fullfôr og resultatene viser at snittverdi for sum DDT (6,2 µg/kg) og høyeste målte verdi (13,2 µg/kg) ligger under grenseverdien på 50 µg/kg (Tabell 5). Som tidligere år viser også prøvene analysert i 2017 at p,p-DDE isomeren utgjør den største delen av sum DDT. Det er særlig fôr med høy innblanding av marine råvarer (yngelfôr) som har vist seg å kunne ha de høyeste verdiene på p,p-DDE og sum DDT sammenlignet med fullfôr med lav innblanding av marine råvarer<sup>16</sup>. Snittverdien på p,p-DDE for fullfôrene (Tabell 5) var 3,4 µg/kg i 2017, mot 3,8 µg/kg i 2016, 3,1 µg/kg i 2015 og 3,9 µg/kg i 2013. En høy ratio av total DDE/total DDT vil generelt indikere gammelt utslipp der DDT har blitt konvertert til DDE over tid, mens en lav ratio indikerer nyere utslipp av DDT<sup>17</sup>. Resultatene viser ellers at pp-DDE er det mest dominerende transformasjonsproduktet av DDT, og den utgjør i denne undersøkelsen mer enn 50 % av sum DDT. En slik ratio mellom totalt DDE og total DDT indikerer gammelt utslipp av DDT siden mesteparten har blitt konvertert til DDE.

---

<sup>16</sup> Sanden, M., Hemre, G.-I., Måge, A., Lunestad, B.T., Espe, M., Lundebye, A.-K. & Ørsnrud, R. Program for overvåking av fiskefôr, Årsrapport 2013. 2014, Bergen, p.74.

<sup>17</sup> Strandberg, B., Hites, R.A. (2001). Concentration of organochlorine pesticides in wine corks. *Chemosphere*, 44, 729-735

**Tabell 5.** Gjennomsnittskonsentrasjon og konsentrasjonsområde (min-maks-verdier) av DDT-isomerer ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr i 2017. Summeringen er «upper bound» og molekylvektet<sup>1)</sup>. Øvre grenseverdi er gitt i den siste raden ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). [Mean concentration and the range (min-max concentration) of DDT isomers in fish feed in 2017. Sum DDT is determined as “upper bound” and molecular weighted<sup>1)</sup>. The maximum level is given in the last row ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )]

Prøver	op-DDT ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	pp-DDT ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	op-DDD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	pp-DDD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	op-DDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	pp-DDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum DDT ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
<b>Fullfôr</b>							
Snitt 2017 (n=40)	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>1,3</b>	<b>0,1</b>	<b>3,4</b>	<b>6,2</b>
Min-Maks	<0,1-0,4	0,2-1,2	<0,1-0,5	0,4-2,8	<0,07-0,3	1,1-6,9	2,2-13,2
Øvre grenseverdi <sup>1)</sup>							50

<sup>1)</sup> Gjeldende grenser for pesticider på fôrområdet i Norge og EU. Øvre grenseverdier for sum pesticider er i henhold til fôrforskriften 2002/32/EC og «amendments» (senere tilførelser); med “molecular weight conversion factor” for summer.

### 2.3.2 Organfosfat pesticidforbindelser

I 2017 ble 40 fullfôr, 9 vegetabiliske fôrmidler (soyaprotein konsentrat, hvetegluten, maisgluten og solsikke pellet) og 9 vegetabiliske oljer analysert for organfosfat pesticidforbindelser (116 ulike forbindelser). Av alle forbindelsene som ble analysert (screenet) for var det kun klorpyrifos-metyl og pirimifos-metyl som ble funnet med konsentrasjoner over LOQ (10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for begge forbindelser). I fullfôrene ble det påvist klorpyrifos-metyl i 4 prøver, med konsentrasjoner fra 11 til 26  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , og pirimifos-metyl ble påvist i 6 av fullfôrene med konsentrasjoner fra 12 til 69  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Tre av fullfôrene inneholdt både klorpyrifos-metyl og pirimifos-metyl. I de vegetabiliske fôrmidlene ble ingen av pesticidene påvist, heller ikke klorpyrifos-metyl og pirimifos-metyl. I de vegetabiliske oljene ble det påvist pirimifos-metyl i 6 av 8 prøver analysert, der snittverdien var 29  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (konsentrasjonsområde fra <2 til 56  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Klorpyrifos-metyl ble ikke funnet i disse prøvene. Dataene tyder på at vegetabiliske oljer er hovedkilden til pirimifos-metyl i fullfôr. Det er fastsatt «maksimum residue limit» (MRL)<sup>18</sup> for pesticider i vegetabiliske næringsmidler. Vegetabiliske fôrmidler er ofte bearbeidet, og for bearbeidede produkter må det derfor korrigeres for fortykning/oppkonsentrering (prosesseringsfaktor) før man kan sammenlikne med MRL. Det er ikke gitt øvre grenseverdi for pesticider i fullfôr til fisk i EU eller Norge.

### 2.3.3 Glyfosat, AMPA og glufosinat

Glyfosat er det mest brukte ugressmiddelet både i Norge og globalt. I 2017 ble 40 fullfôr og de 9 vegetabiliske fôrmidlene analysert for glyfosat og nedbrytningsproduktet, amino-metyl-fosfonsyre (AMPA). Glyfosat ble påvist med verdier over LOQ (0,01 mg/kg) i 36 av 40 av de undersøkte fullfôrene.

<sup>18</sup> Spormengden pesticider funnet i produkter blir kallet “residues” (eller restmengde). MRL står for “maximum residue level”, og det er en grense for det høyeste nivå av pesticid som er lovlig tillatt i mat eller fôr. For mer info: [https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/max\\_residue\\_levels\\_en](https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/max_residue_levels_en)

Konsentrasjonene varierte fra <0,01 mg/kg til 0,50 mg/kg. Konsentrasjonene av AMPA i fullfôr i 2017 var noe lavere sammenlignet med glyfosat med en snittverdi på 0,02 mg/kg og et konsentrasjonsområde fra <0,01 mg/kg til 0,06 mg/kg. Det er ikke fastsatt MRL verdier for glyfosat eller AMPA i fullfôr. For vegetabiliske næringsmidler er det fastsatt MRL verdier for glyfosat og AMPA, men MRL er ikke gitt for prosesserte produkter som fôr og fôrmidler. MRL verdien for glyfosat i soyabønner er 20 mg/kg våt vekt. For bearbejdede produkter må det korrigeres for fortynning/oppkonsentrering som følge av prosesseringen. Glyfosat ble påvist i alle vegetabiliske fôrmiddel undersøkt, med unntak av en prøve av maisgluten. Snittverdien i de vegetabiliske fôrmidlene var 0,6 mg/kg med et konsentrasjonsområde fra <0,01 mg/kg til 1 mg/kg. Snittverdien for AMPA i vegetabiliske fôrmiddel var 0,11 mg/kg med et konsentrasjonsområde fra <0,01 mg/kg til 0,16 mg/kg.

Glufosinat er et bredspektret herbicid som brukes for å kontrollere ugress. Det ble analysert for glufosinat i 40 fullfôr og i 9 vegetabiliske formidler i 2017. Ingen av prøvene fikk utslag over LOQ for glufosinat. Dette har også blitt analysert for glufosinat i dette programmet tidligere år, der resultatene også da har vist at innholdet av glufosinat er ikke kvantifiserbart (under LOQ).

#### 2.3.4 PCB og dioksiner (PCDD/PCDF)

PCB (polyklorerte bifenyl) er bygd opp av to benzenringer som inneholder ulikt antall og plassering av kloratomer. Det kan teoretisk sett dannes 209 ulike kjemiske former (kongener) av PCB som blir delt inn i to hovedgrupper; Ikke-dioksinlignende PCB (i denne inngår PCB<sub>6</sub>) og dioksinlignende PCB (dl-PCB). Dioksinlignende-PCB har samme virkning som dioksiner. Når man snakker om dioksiner henviser man til to grupper av klorerte hydrokarboner; polyklorerte dibenzo-p-dioksin (PCDD) og polyklorerte dibenzofuraner (PCDF). Disse blir vanligvis behandlet som én gruppe, da de har svært lik kjemisk struktur. Fra 2012 ble det innført en grenseverdi på 40 µg/kg for ikke dioksin lignende PCBer i fullfôr. Grensen er satt for seks indikator PCBer; PCB<sub>6</sub>, der PCB-118 er tatt av PCB<sub>7</sub> - listen, i Norge og EU. PCB-118 inngår nå i sum av dl-PCB. PCB<sub>118</sub> utgjør normalt rundt 15 % av PCB<sub>7</sub> i marine prøver. Dette programmet har rapportert PCB<sub>7</sub>-tall frem til 2012, men siden 2012 er det PCB<sub>6</sub> tallene det har blitt lagt vekt på (Tabell 6). Resultater for PCB for 2017 rapporteres som PCB<sub>6</sub> som inkluderer PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 og PCB-180. Dette er nøkkelkongenere som det er mye av og vil fortelle noe om kildene til PCB.

Det ble analysert 72 prøver av fullfôr, 10 prøver av fiskemel, 9 prøver av fiskeolje og 2 prøver av fiskeproteinkonsentrat for PCB<sub>6</sub> i 2017 (Tabell 6). Resultatene i fullfôr for sum PCB<sub>6</sub> i 2017 varierte fra 1,0 til 11,1 µg/kg med et snitt på 5,5 µg/kg. Ingen av fôrene var over øvre grenseverdi for PCB<sub>6</sub> som er 40 µg/kg i fullfôr. For de 10 fiskemelsprøvene analysert i 2017 var snittet for sum PCB<sub>6</sub> 6,1 µg/kg, med et konsentrasjonsområde fra 3,7 til 11,0 µg/kg. Dette er under grenseverdien for fiskemel som er 30 µg/kg. For de 9 fiskeoljene analysert i 2017 var snittet for sum PCB<sub>6</sub> 31,8 µg/kg, med en variasjon fra 5,3 til 60,2 µg/kg. Dette er under grenseverdien for fiskeolje som er 175 µg/kg. I de to fiskeprotein-

konsentratene analysert i 2017 var nivåene for sum PCB<sub>6</sub> på 0,7 µg/kg og 0,9 µg/kg. Dette er under grenseverdien på 30 µg/kg. Når det gjelder de ulike kongenerne i både fiskemel, fiskeolje og fiskeproteinkonsentrat er det PCB-153 og PCB-138 som viser de høyeste konsentrasjonene.

**Tabell 6.** Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-max-verdier) av kongenerne PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 og PCB-180 og sum PCB<sub>6</sub> (µg/kg) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og fiskeproteinkonsentrat i 2017. Sum PCB<sub>6</sub> er «upper bound». Øvre grenseverdi er gitt under de analyserte verdiene (µg/kg). [Mean concentration and the range (min-max concentration) of PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 and PCB-180 and sum PCB<sub>6</sub> in fish feed, fishmeal, fish oil and fish protein concentrate for 2017. Sum PCB<sub>6</sub> is determined as “upper bound”. The maximum levels are given in the rows below the results (µg/kg).]

Prøve	PCB-28 (µg/kg)	PCB-52 (µg/kg)	PCB-101 (µg/kg)	PCB-138 (µg/kg)	PCB-153 (µg/kg)	PCB-180 (µg/kg)	Sum PCB <sub>6</sub> (µg/kg)
<b>Fullfôr</b>							
Snitt 2017 (n=72)	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>2,2</b>	<b>0,2</b>	<b>5,5</b>
Min–Maks	<0,1-0,3	0,1-0,9	0,2-2,1	0,2-2,7	0,4-4,7	0,1-0,3	1,0-11,1
Øvre grenseverdi fullfôr <sup>1</sup>							40
<b>Fiskemel</b>							
Snitt 2017 (n=10)	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>	<b>0,5</b>	<b>6,1</b>
Min–Maks	0,09-0,2	0,1-0,9	0,2-2,1	1,0-2,7	1,4-4,3	0,2-1,1	3,7-11,0
Øvre grenseverdi fiskemel <sup>1</sup>							30
<b>Fiskeolje</b>							
Snitt 2017 (n=9)	<b>0,8</b>	<b>2,5</b>	<b>5,2</b>	<b>7,4</b>	<b>12,6</b>	<b>3,3</b>	<b>31,8</b>
Min–Maks	<0,3-1,4	0,3-4,7	0,7-10,3	1,0-15,2	2,1-24,9	0,7-7,5	5,3-60,2
Øvre grenseverdi fiskeolje <sup>1</sup>							175
<b>Fiskeproteinkonsentrat</b>							
Snitt 2017 (n=2)	-	-	0,13	0,17	0,28	-	<b>0,8</b>
Min–Maks	<0,09	<0,09	0,10-0,15	0,14-0,19	0,23-0,34	<0,09	0,7-0,9
Øvre grenseverdi Fiskeproteinkonsentrat <sup>1</sup>							30

<sup>1)</sup> Gjeldende grenser for PCB på fôrområdet i Norge og EU, i henhold til förforskriften 2002/32/EC og «amendment» (senere tilførelser).

Dioksiner (summen av PCDD og PCDF blir uttrykt i toksisitetsekvivalenter (WHO-TEF toksisitetsekvivalensfaktor, 2005)<sup>19,20</sup>. For dioksin-lignende PCB (dl-PCB) inngår 12 planare PCB-kongener (non-orto PCB; PCB-77, 81, 126, 169, og mono-orto PCB; PCB-105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189). Konsentrasjonene for dl-PCB blir også uttrykt i toksisitetsekvivalenter (toksisitetsekvivalensfaktor, 2005). Summen av dioksiner og dl-PCB oppgis som sum totale toksikologiske ekvivalenter (sum TEQ)

<sup>19</sup> WHO-TEF til vurdering av helserisiko for mennesker, basert på konklusjoner fra WHO's ekspertmøte for det internasjonale programmet for kjemisk sikkerhet, som ble holdt i Genève i juni 2005.

<sup>20</sup> Van den Berg, M., et al., (2006) The 2005 World Health Organisation Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. Toxicological Sciences 93(2)223-241.

med toksisitetsekvivalensfaktor fra 2005. Det er grenseverdier i fullfôr, fiskemel og fiskeolje for dioksiner (PCDD/PCDF) og sum TEQ (dioksiner + dl-PCB).

I 2017 ble det analysert 72 prøver av fullfôr, 10 prøver av fiskemel, 9 prøver av fiskeolje og 2 prøver av fiskeproteinkonsentrat for dioksiner og dl-PCB (Tabell 7). Resultatene er presentert som «upper bound». Konsentrasjonen for de ulike kongenere blir multiplisert med sine respektive 2005 TEF verdier og summert.

Resultatene for dioksiner (sum av 17 former for PCDD/PCDF) i fullfôr varierte fra 0,15 til 0,59 ng TEQ/kg med et gjennomsnitt på 0,31 ng TEQ/kg (Tabell 7). Grenseverdi for fullfôr er på 1,75 ng TEQ/kg, og dermed er alle konsentrasjonene i fôr analysert i 2017 under grenseverdien. Det var heller ingen av de analyserte fullfôrene som hadde konsentrasjoner av dioksiner (sum PCDD/PCDF) over tiltaksgrensen som er på 1,25 ng TEQ/kg. Fullfôrene analysert i 2017 hadde en snittverdi av sum dl-PCB på 0,42 TEQ/kg med variasjon fra 0,15 til 0,87 ng TEQ/kg. Det er ingen grenseverdi for sum dl-PCB i fiskefôr, men en tiltaksgrense på 2,5 ng TEQ/kg. Ingen av fullfôrene var over denne tiltaksgrensen for sum dl-PCB i 2017. Sum TEQ (summen av dioksiner og dl-PCB) i fullfôr var i 2017 på 0,74 ng TEQ/kg og med en variasjon fra 0,30 til 1,46 ng TEQ/kg. Ingen av de analyserte fiskefôrene var over grenseverdi på 5,5 ng TEQ/kg.

Analyseresultatene for fiskemel i 2017 viste et snittinnhold av dioksiner (sum av PCDD/PCDF) på 0,42 ng TEQ/kg med en variasjon fra 0,30 til 0,66 ng TEQ/kg, og et snittinnhold av dl-PCB på 0,65 ng TEQ/kg med en variasjon fra 0,36 til 1,19 ng TEQ/kg (Tabell 7). Sum TEQ i fiskemel viste et snittinnhold på 1,07 ng TEQ/kg med et konsentrasjonsområde fra 0,67 til 1,58 ng TEQ/kg. Verken sum PCDD/PCDF eller sum TEQ for fiskemelet var over grenseverdiene på henholdsvis 1,25 ng TEQ/kg og 4,0 ng TEQ/kg. I de to prøver av fiskeproteinkonsentrat, viste resultatene et innhold av dioksiner (sum av PCDD/PCDF) på 0,31-0,38 ng TEQ/kg og et innhold av dl-PCB på 0,06-0,07 ng TEQ/kg. Sum TEQ i fiskeproteinkonsentratet var på 0,37 og 0,45 ng TEQ/kg (Tabell 7). Grenseverdien for fiskeproteinkonsentrat er den samme som fiskemel, altså 4,0 ng TEQ/kg, og ingen av fiskeproteinkonsentratene oversteg denne grenseverdien.

For fiskeoljer var gjennomsnittsinholdet av dioksiner (sum av PCDD/PCDF) i 9 prøver 1,36 ng TEQ/kg med en variasjon fra 0,51 til 2,70 ng TEQ/kg i 2017 (Tabell 7), noe som er lavere enn grenseverdi på 5,0 ng TEQ/kg. Gjennomsnittsinholdet av dl-PCB i prøvene av fiskeolje var 2,77 ng TEQ/kg med et konsentrasjonsområde fra 0,67 til 5,38 ng TEQ/kg. Sum TEQ i fiskeolje var 4,13 ng TEQ/kg med et konsentrasjonsområde fra 1,21 til 7,18 ng TEQ/kg i 2017 (Tabell 7) som er under den øvre grenseverdien som er på 20,0 ng TEQ/kg.

**Tabell 7.** Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-max-verdier) av sum dioksiner (sum PCDD og PCDF), sum dl-PCB og sum totale toksikologiske ekvivalenter (sum TEQ) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og fiskeproteinkonsentrat i 2017. Summeringen er «upper bound», og gitt i ng TEQ/kg<sup>1)</sup>. Øvre grenseverdier er gitt under de analyserte verdiene (ng TEQ/kg). [Mean concentration and the range (min-max concentration) of sum dioxins (PCDD and PCDF), sum dl-PCB and sum dioxins and dlPCB (sum TEQ) in fish feed, fishmeal, fish oil and fish protein concentrate in 2017. Sum is «upper bound» and in ng TEQ/kg. The maximum levels are given in the rows below the results (ng TEQ/kg)].

Prøve	Sum PCDD/PCDF (ng TEQ/kg <sup>a)</sup>	Sum dl-PCB <sup>b)</sup> (ng TEQ/kg)	Sum TEQ <sup>c)</sup> (ng TEQ/kg)
<b>Fullfôr</b>			
Snitt 2017 (n=72)	<b>0,31</b>	<b>0,42</b>	<b>0,74</b>
Min - Maks	0,15–0,59	0,15-0,87	0,30-1,46
Grenseverdi fullfôr <sup>d)</sup>	1,75		5,5
<b>Fiskemel</b>			
Snitt 2017 (n=10)	<b>0,42</b>	<b>0,65</b>	<b>1,07</b>
Min - Maks	0,30-0,66	0,36-1,19	0,67-1,58
Grenseverdi fiskemel, biprodukt (-olje) <sup>d)</sup>	1,25		4,0
<b>Fiskeolje</b>			
Snitt 2017 (n=9)	<b>1,36</b>	<b>2,77</b>	<b>4,13</b>
Min - Maks	0,51-2,70	0,67-5,38	1,21-7,18
Grenseverdi fiskeolje <sup>d)</sup>	5,0		20,0
<b>Fiskeproteinkonsentrat</b>			
Snitt 2017 (n=2)	<b>0,34</b>	<b>0,07</b>	<b>0,41</b>
Min - Maks	0,31-0,38	0,06-0,07	0,37-0,45
Grenseverdi <sup>d)</sup>	1,25		4,0

<sup>a)</sup> ng TEQ (WHO 2005)/kg (konsentrasjonen multiplisert med en gitt toksisitetsekvivalens-faktor)

<sup>b)</sup> Non-orto PCB kongenere (IUPAC code PCB 77, 81, 126 og 169) og mono-orto PCB kongenere (IUPAC code PCB 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 og 189)

<sup>c)</sup> Summen av dioksiner og dl-PCB oppgis som sum totale toksikologiske ekvivalenter (sum TEQ) med toksisitetsekvivalensfaktor fra 2005.

<sup>d)</sup> Fôrskrift om fôrvarer (EC 2002/32). Fiskeproteinkonsentrat har samme grenseverdi som fiskemel.

### 2.3.5 Polybromerte flammehemmere (PBDE, HBCD, TBBP-A)

Polybromerte flammehemmere er betegnelsen på en gruppe organiske stoffer som er brannhemmende. De brukes som tilsetninger i en rekke produkter, som elektriske artikler, elektroniske kretskort, tekstiler og bygningsmaterialer og kan ha alvorlige effekter både for helse- og miljø. Det er fem hovedklasser av polybromerte flammehemmere: tetrabromobisfenol A (TBBP-A), heksabromsyklododekan (HBCD), polybromerte difenyletere (PBDE), polybromerte bifenyler (PBB) og andre bromerte flammehemmere<sup>21</sup>. HBCD og TBBP-A blir brukt forholdsvis mye i Asia sammenlignet med Europa og Amerika, og med økende handel og transport av fôrmidler og matvarer er det viktig å vite noe om nivåene og utbredelse av disse forbindelsene. I EU er det restriksjoner, eller forbudt å bruke noen typer bromerte

<sup>21</sup> <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/brominated-flame-retardants>

flammehemmere, men siden de er persistente, finnes de likevel i miljøet. Nasjonalt har Miljødirektoratet laget en handlingsplan for reduksjon av utslipp av bromerte flammehemmere<sup>22</sup>.

I 2017 rapporterer vi sum PBDE<sub>7</sub>, sum HBCD (α, β og γ) og TBBP-A i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og i fiskeproteinkonsentrat. Det er ikke satt grenseverdier nasjonalt eller i EU for bromerte flammehemmere i fullfôr, fôrmidler eller mat, men det er et område EFSA etterspør data på i forhold til risikovurderinger. Resultater fra dette programmet deles med EFSA sin database på forekomster. Selv om det ikke foreligger grenseverdier er det viktig å følge utviklingen i konsentrasjonen av bromerte flammehemmere i og med at dette er stoff som fremdeles er i aktiv bruk. Det finnes også en gruppe bromerte flammehemmere som kalles «emerging and novel» bromerte flammehemmere, som er forbindelser det finnes få data på tilstedeværelsen i miljøet<sup>23</sup>. Disse har det ikke blitt analysert for i 2017, men det oppfordres til å inkludere også denne gruppen forbindelser i overvåkingsprogrammet for å se på tilstedeværelse i fôr og fôrmidler.

Når det gjelder PBDE er det 209 forskjellige kongener, navngitt etter antallet og plasseringen av bromatomene i ringstrukturene. I 2017 ble det analysert for PBDE kongenerne 28, 47, 99, 100, 153, 154 og 183 og summen av disse som PBDE<sub>7</sub> i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og fiskeproteinkonsentrat (Tabell 8). I 2017 ble det analysert 72 fullfôr og snittverdien for PBDE<sub>7</sub> var 0,55 µg/kg med et konsentrasjonsområde fra 0,16 µg/kg til 0,96 µg/kg. Resultatene viser at PBDE-47 er den dominerende kongeneren i fullfôr og utgjør 30-60 % av sum PBDE i fiskefôr. I 2017 ble det analysert 10 fiskemel og snittverdien for PBDE<sub>7</sub> var 0,63 µg/kg med et konsentrasjonsområde på 0,30 µg/kg til 1,12 µg/kg. Snittverdien for de 9 fiskeoljene som ble analysert i 2017 var 3,32 µg/kg med et konsentrasjonsområde på 0,55 µg/kg til 5,50 µg/kg. Kongenerprofilen viser at PBDE-47 også er den dominerende kongeneren i fiskeolje og fiskemel, som utgjør henholdsvis 30-60% og 50-60% av sum PBDE.

---

<sup>22</sup> <http://www.miljostatus.no/tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/Bromerte-flammehemmere/#B>

<sup>23</sup> EFSA, Scientific opinion on emerging and novel brominated flame retardants (BFRs) in Food, EFSA Panel on contaminants in the food chain, European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy, 2012;10(10):2908.

**Tabell 8.** Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-max-verdier) av polybromerte flammehemmere, PBDE kongenere ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og fiskeproteinkonsentrat i 2017. Summeringen er «upper bound». [Mean concentration and the range (min-max concentration) of PBDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) congeners in fish feed, fishmeal, fish oil and in fish protein concentrate in 2017. The sums are «upper bound»].

Prøve	PBDE-28 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-47 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-100 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-99 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-154 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-153 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-183 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum PBDE <sub>7</sub> ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
<b>Fullfôr 2017 (n=72)</b>	<b>0,02</b>	<b>0,30</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>0,55</b>
Min-Maks	<0,01- 0,04	0,05- 0,58	0,01- 0,15	0,01- 0,15	<0,01- 0,10	<0,01- 0,02	<0,02- <0,06	0,16-0,96
<b>Fiskemel 2017 (n=10)</b>	<b>0,02</b>	<b>0,36</b>	<b>0,10</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>0,63</b>
Min-Maks	<0,01- 0,03	0,20- 0,59	0,04- 0,15	0,02- 0,12	0,03- 0,20	0,01- 0,04	<0,03- <0,05	0,30-1,12
<b>Fiskeolje 2017 (n=9)</b>	<b>0,14</b>	<b>1,92</b>	<b>0,50</b>	<b>0,31</b>	<b>0,25</b>	<b>0,07</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>3,32</b>
Min-Maks	<0,03- 0,23	0,15- 3,44	0,04- 0,94	0,05- 0,55	0,03- 0,47	<0,05- 0,11	<0,08- <0,2	0,55-5,50
<b>Fiskeproteinkonsentrat (n=2)</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>n.d.</b>
Min-Maks	<0,09	0,05- 0,06	0,01-0,02	<0,015- 0,023	<0,009- 0,01	<0,02	<0,06	0,16-0,20

n.d. = ikke gitt («not determined») på grunn av få data (n=2).

I 2017 ble det analysert 72 fullfôr, 10 fiskemel, 9 fiskeoljer og 2 fiskeproteinkonsentrat for TBBP-A og tre HBCD kongenere ( $\alpha$ ,  $\beta$  og  $\gamma$ ) (Tabell 9). Snittverdien for summen («upper bound») av de tre HBCD kongenerne var 0,21  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i fullfôr, 0,15  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i fiskemel og 1,43  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i fiskeolje med maksverdier på henholdsvis 0,42  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0,51  $\mu\text{g}/\text{kg}$  og 3,77  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Den dominerende HBCD kongeneren i både fullfôr, fiskeolje og fiskemel var  $\alpha$ -HBCD, som utgjør typisk mellom 50 og 95 % av sum HBCD. Det var ingen av fullfôrene, fiskemelene eller fiskeoljene som hadde konsentrasjoner av TBBP-A over LOQ. De to prøvene av fiskeproteinkonsentrat inneholdt verken HBCD kongener eller TBBP-A over LOQ.



**Tabell 9.** Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-max-verdier) av HBCD kongenerne og TBBP-A ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og fiskeproteinkonsentrat i 2017. Summeringen er «upper bound». [Mean concentration and the range (min-max concentration) of HBCD congeners and TBBP-A ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in fish feed, fishmeal, fish oil and fish protein concentrate in 2017. The sums are “upper bound”].

Prøve	$\alpha$ -HBCD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	$\beta$ -HBCD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	$\gamma$ -HBCD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum HBCD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	TBBP-A ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
<b>Fullfôr</b>					
Snitt 2017 (n=72)	<b>0,18</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,21</b>	<b>&lt;LOQ</b>
Min-Maks	0,04-0,39	<0,01-0,02	<0,01-0,09	0,06-0,42	<0,09-<0,27
<b>Fiskemel</b>					
Snitt 2017 (n=10)	<b>0,13</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>0,01</b>	<b>0,15</b>	<b>&lt;LOQ</b>
Min-Maks	<0,01-0,50	<0,01	<0,01-0,03	0,02-0,51	<0,10
<b>Fiskeolje</b>					
Snitt 2017 (n=9)	<b>1,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,22</b>	<b>1,4</b>	<b>&lt;LOQ</b>
Min-Maks	0,03-3,02	<0,03-0,21	<0,03-0,54	0,43-3,77	<0,49-<0,61
<b>Fiskeproteinkonsentrat</b>					
Snitt 2017 (n=2)	<b>&lt;LOQ</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>&lt;LOQ</b>	<b>n.d.</b>	<b>&lt;LOQ</b>
Min-Maks	<0,03	<0,03	<0,03	0,08-0,09	<1,7

n.d. = ikke gitt («not determined») på grunn av få data (n=2).

### 2.3.6 Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)

I 2017 ble 40 fullfôr, 9 vegetabiliske fôrmidler og 8 vegetabiliske oljer og analysert for 16 PAH-forbindelser (Tabell 9). Til nå foreligger det ingen grenseverdier verken for fullfôr eller fôrmidler. PAH<sub>4</sub> er summen av de tyngre og kreftfremkallende PAH-forbindelsene: benzo(a)pyrene, benzo(a)antracene, chrysene og benzo(b)fluorantene. Beregninger av sum PAH<sub>4</sub> konsentrasjoner i denne rapporten er gitt som «upper bound».

I 2017 var flere av fullfôrene over LOQ for benzo(a)antracene (78 %), chrysene (78 %), benzo(b)fluorantene (53 %) (Tabell 9). I 2017 var det også fullfôr som hadde verdier over LOQ for benzo(a)pyrene (63 %), med et «upper bound» snitt på 0,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , og et konsentrasjonsområde på <0,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  til 3,2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Chrysene hadde også et «upper bound» gjennomsnitt på 0,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  i 2017 og med et konsentrasjonsområde på <0,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  til 2,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . De senere år er det flere funn av indikator-komponenten for tyngre kreftfremkallende PAH; benzo(a)pyrene i fullfôr sammenlignet med tidligere år, noe som kan skyldes økningen i bruk av vegetabiliske oljer.

**Tabell 9.** Konsentrasjonsområde (min-max-verdier) for PAH-forbindelser ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr, vegetabiliske fôrmidler og vegetabiliske oljer i 2017. Antall prøver over LOQ (%) viser prosentvis antall prøver som var over kvantifiseringsgrensen for den enkelte analytt. Sum PAH<sub>4</sub><sup>1)</sup> er "upper bound". [PAH's concentration range (min-max,  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in fish feed, plant protein and plant oil in 2017. The number of samples with concentrations over LOQ's for the respective PAH's are given in relation to the total number of samples analyzed (%)].

PAH-forbindelser	Fullfôr 2017 (n=40)		Vegetabiliske proteinfôrmidler 2017 (n=9)		Vegetabiliske oljer 2017 (n=8)	
	Min-max ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Prøver over LOQ (%)	Min-max ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Prøver over LOQ (%)	Min-max ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Prøver over LOQ (%)
<b>Benzo[a]antracene</b>	<0,3-3,2	78	<0,07-0,9	67	<0,7-4,4	75
<b>Chrysene</b>	<0,3-2,3	78	<0,07-1,0	67	<0,7-4,5	75
<b>Benzo[b]fluorantene</b>	<0,2-1,8	53	<0,07-0,7	67	<0,7-3,0	63
Benzo[k]fluorantene	<0,2-0,8	18	<0,07-0,3	56	<0,7-1,7	38
Benzo(j)fluorantene	<0,2-1,5	15	<0,07-0,3	67	<0,7-2,1	50
<b>Benzo[a]pyrene</b>	<0,3-4,4	63	<0,07-0,7	67	<0,7-5,7	88
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	<0,2-2,7	43	<0,07-0,4	67	<0,7-3,5	63
Dibenzo[a,h]antracene	<0,2-0,6	5	<0,07-0,1	11	<0,7-<3,5	<i>n.d.</i>
Benzo[g,h,i]perylene	<0,3-4,0	55	<0,07-0,4	67	<0,7-4,9	63
Dibenzo(a,l)pyrene	<1,0-<1,9	<i>n.d.</i>	<0,4-<0,5	<i>n.d.</i>	<2,9-<3,6	<i>n.d.</i>
Dibenzo(a,i) pyrene	<1,0-<1,5	<i>n.d.</i>	<0,4-<0,4	<i>n.d.</i>	<2,9-<3,6	<i>n.d.</i>
Dibenzo(a,h)pyrene	<1,0-<1,9	<i>n.d.</i>	<0,4-<0,5	<i>n.d.</i>	<1,0-<3,6	<i>n.d.</i>
Dibenzo(a,e)pyrene	<1,0-<1,9	<i>n.d.</i>	<0,4-<0,5	<i>n.d.</i>	<2,9-<3,6	<i>n.d.</i>
Cyclopenta(c,d)pyrene	<1,0-12,3	20	<0,07-0,3	22	<1,0-17,5	75
5-metylchrysene	<0,2-<1,0	<i>n.d.</i>	<0,07-<0,09	<i>n.d.</i>	<0,6-<0,7	<i>n.d.</i>
Benzo(c)fluorene	<0,2-0,4	13	<0,07-0,2	11	<0,7-1,1	25
<b><math>\Sigma</math> PAH<sub>4</sub><sup>2)</sup></b>	<b>2,1</b>		<b>1,3</b>		<b>7,6</b>	
<b>(min-maks)</b>	<b>1,0-11,7</b>		<b>0,3-3,2</b>		<b>&lt;2,0-17,5</b>	

<sup>1)</sup> Summen av Benzo[a]pyren, Benzo[a]antracene, Chrysene og Benzo[b]fluorantene, gitt som «upper bound».  
n.d. = ikke funnet («not detected»).

I 2017 ble det registrert et fullfôr med høye konsentrasjoner av flere PAH forbindelser; benzo(a)antracene (3,2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), chrysene (2,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), benzo(b)fluoranthene (1,80  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), benzo(a)pyrene (4,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), benzo(ghi)perylene (4,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) og cyclopenta(c,d)pyrene (12,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Dette vekstfôret hadde høye nivåer av de lettere, men potensielt karsinogene forbindelsene chrysene og benzo(a)antracene. Fôret hadde også høye konsentrasjoner av de tyngre PAH forbindelsene, som benzo(a)pyrene og benzo(ghi)perylene (Figur 2). PAH blir typisk produsert ved varmetørking av

oljebønner (for eksempel rapsbønner). De tyngre PAH forbindelser finner man vanligvis i lave konsentrasjoner i planteoljer sammenlignet med de lette PAH forbindelsene<sup>24</sup>.

Det som er spesielt med PAH i motsetning til andre organiske miljøgifter er at det kan være høyere konsentrasjoner i vegetabiliske oljer enn i fiskeoljer<sup>16,25</sup>. Dette kan skyldes at PAH ofte dannes ved høye temperaturer som f.eks. ved prosessering av vegetabiliske ingredienser. Men det har også blitt vist at fiskeolje kan være en hovedkilde til PAH<sup>26</sup>, avhengig av hvor oljen kommer fra. Resultatene for PAH i fullfôr for 2017 viste at Sum PAH<sub>4</sub> var 2,1 µg/kg. Gjennomsnittsverdien for Sum PAH<sub>4</sub> er lik gjennomsnittsverdien for 2016. PAH ble også målt i vegetabiliske fôrmidler (soyakonsentrat, maisgluten, hvetegluten og solsikke pellet) (Tabell 9). Fôrmiddelet av maisgluten hadde konsentrasjoner av benzo(a)pyrene, benzo(a)antracene, chrysene og benzo(b) fluorantene over kvantifiseringsgrensen, med sum PAH<sub>4</sub> på 3,2 µg/kg. Med unntak av dette fôrmiddelet, og to soyakonsentrat som hadde konsentrasjoner av noen av PAH-forbindelsene over kvantifiseringsgrensa, hadde resten av fôrmidlene ikke kvantifiserbare verdier for PAH i 2017.

I vegetabiliske oljer som ble analysert i 2017 ble indikatorkomponenten benzo(a)pyren påvist over kvantifiseringsgrensen i alle prøver analysert, og «upper bound» snittet var på 2,2 µg/kg, med et konsentrasjonsområde fra <0,7 til 5,7 µg/kg. Chrysene ble også påvist i alle vegetabiliske oljer analysert i 2017, og snittet var 2,1 µg/kg i 2017 med et konsentrasjonsområde fra <0,7 µg/kg til 4,5 µg/kg. I 2017 var det én rapsolje som hadde særlig høyt konsentrasjon av cyclopenta(c,d)pyrene, med en konsentrasjon på 17,5 µg/kg. Konsentrasjonene av flere av de andre PAH-forbindelsene (benzo(a)antracene; 4,4 µg/kg, benzo(a)pyren; 5,7 µg/kg og chrysene; 4,5 µg/kg) var også høy i denne oljen. Det er interessant å se at PAH-profilen for denne oljen er relativt lik som fullfôret som ble funnet med høye konsentrasjoner av PAH (Figur 2). Begge prøvene var fra det samme geografiske området, noe som kan tyde på at forurensingen har samme opprinnelse.

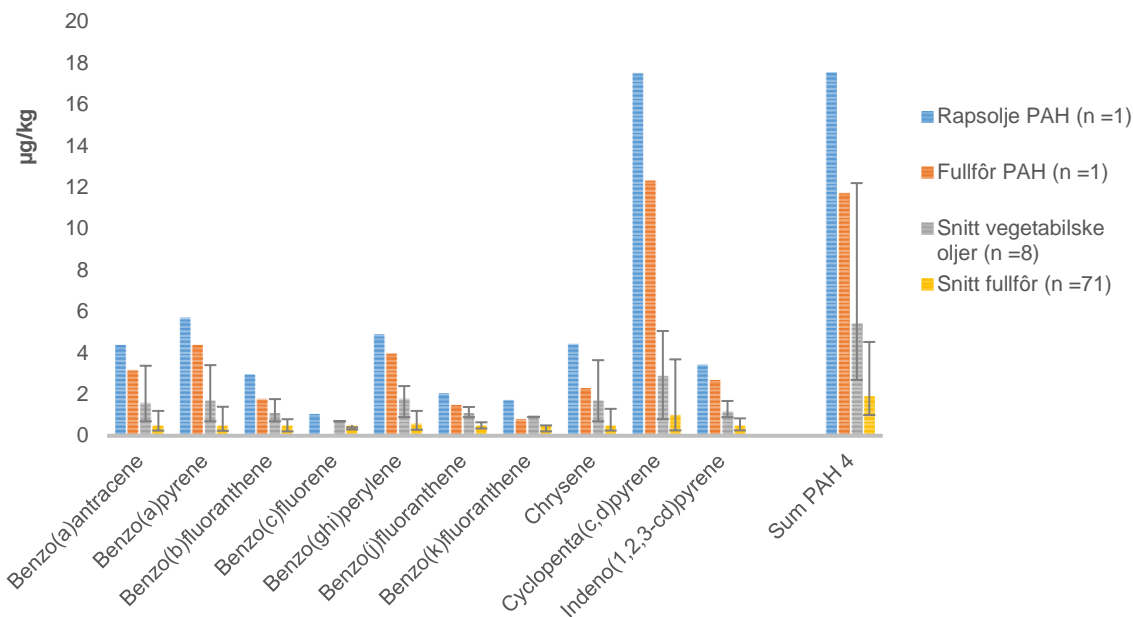
Sum PAH<sub>4</sub> i de analyserte vegetabiliske oljene var 7,6 µg/kg i 2017. Om rapsoljen med høye verdier for PAH ikke blir medregnet, blir snittet av sum PAH<sub>4</sub> 5,4 µg/kg. Snittet for sum PAH<sub>4</sub> er noe som er noe høyere enn snittet for 2016 (3,5 µg/kg), men lavere enn snittene for sum PAH<sub>4</sub> i 2015 (8,8 µg/kg).

---

24 Berntssen, M.H.G., Ørnstrud, R., Hamre, K., Lie, K.K. (2015) Polyaromatic hydrocarbons in aquafeeds, source, effects and potential implications for vitamin status of farmed fish species: a review. *Aquaculture Nutrition*. 21(3): p. 257-273.

25 Berntssen MHG, Julshamn K, Lundebye AK. (2010). Chemical contaminants in aquafeeds and Atlantic salmon (*Salmo salar*) following the use of traditional- versus alternative feed ingredients. *Chemosphere* 78: 637-646.

26 Nacher-Mestre J, Serrano R, Benedito-Palos L, Navarro JC, Lopez FJ, Kaushik S, et al. 2010. Bioaccumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.) Exposed to Long Term Feeding Trials with Different Experimental Diets. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 59(1): 137-146.



**Figur 2.** Konsentrasjoner av PAH-forbindelser ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i ett fullfôr (rød) og i én vegetabilsk olje (blå) som ble registrert å ha høye nivåer sammenlignet med snitt av fullfôr ( $n=71$ ; gul) og snitt vegetabiliske oljer ( $n=8$ ; grå) analysert i 2017. Min-max-området er indikert for fullfôrene og de vegetabiliske oljene. [Concentrations of PAH's ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in one sample of fish feed (red) and in one sample of plant based oil (blue) containing high levels of PAH's, and compared to the average PAH concentrations in fish feeds ( $n=71$ ; yellow) and in plant oils ( $n=8$ ) analysed in 2017. Min-max values are indicated for the feeds and the plant based oils].

### 2.3.7 Perfluorerte forbindelser (PFAS)

Perfluorerte forbindelser (PFAS), slik som er perfluorooktan sulfonate (PFOS) and perfluorooktansyre (PFOA), er en gruppe forbindelser som inneholder flere fluor-atomer. Forbindelsene har blitt brukt i både industrielle sammenhenger og i produkter, f.eks. som vanntette middel for tøy og tepper, oljebestandige middel til matpapir, brannskum og i gruve- og oljeutvinning og som overflatemiddel. I 2017 ble 40 fullfôr analysert for 15 ulike PFAS forbindelser<sup>27</sup>. Det var ingen av prøvene som ble analysert som hadde konsentrasjoner av PFAS over kvantifiseringsgrensene. Vi har liten kunnskap om utbredelsen av PFAS i fôr og i fôrråvarer, og derfor kommer vi til å anbefale å fortsette å innhente data på disse forbindelsene i dette programmet fremover. Dataene kommer også til å bli delt med EFSA, som har hatt fokus på å innhente data på perfluorerte forbindelser (i mat) siden 2010<sup>28</sup>.

<sup>27</sup> Forbindelsene analysert for: PFBA, PFBS, PFDA, PFDoDA, PFDS, PFHpA, PFHxA, PFHxS, PFNA, PFOA, PFOS, PFOSA, PFTeDA, PFTrDA, PFUdA.

<sup>28</sup> <https://www.efsa.europa.eu/en/consultations/call/101216>

## 2.4 Uønskede stoff, uorganiske

Mineraler og tungmetaller blir beskrevet to ulike steder i denne rapporten. De som blir omtalt i denne første delen er de grunnstoffene som primært er uønsket, som inkluderer arsen og tungmetallene kadmium, kvikksølv og bly. For noen metaller og mineraler er det viktig å dokumentere hvilke kjemiske former (metall spesier) grunnstoffet foreligger, da det er store forskjeller i giftighet mellom forskjellige kjemiske former. I denne rapporten analyserer vi uorganisk arsen og metylkvikksølv i tillegg til total arsen og total kvikksølv.

### 2.4.1 Arsen (As)

Resultatene for arsen i fullfôr viste et gjennomsnitt på 2,8 mg/kg, med en konsentrasjon som varierte fra 1,3 til 6,4 mg/kg (Tabell 11). Dette er under den øvre grenseverdien for arsen, som er 10 mg/kg. I 2017 ble 40 fullfôr analysert for total arsen og 25 av disse fullfôrene også for uorganisk arsen (Tabell 11). Resultatene viser at det er generelt lite uorganisk arsen i forhold til total arsen, med et gjennomsnitt på 0,10 mg/kg, og en konsentrasjon som varierte fra 0,01 mg/kg og 0,23 mg/kg (Tabell 11). I fôrforskriften er det presisert at uorganisk arsen skal være lavere enn 2 mg/kg. De vegetabiliske fôrmidlene som ble undersøkt hadde et lavt innhold av total arsen med et gjennomsnitt på 0,05 mg/kg, og en konsentrasjon som varierte fra <0,01 mg/kg til 0,16 mg/kg (Tabell 11). Dette er under den øvre grenseverdien på 2 mg/kg. Marine råvarer bidrar generelt med mer arsen enn plantebaserte råvarer, og tidligere undersøkelser har vist at kolmule og øyepål kan inneholde mer arsen enn lodde og tobis<sup>29</sup>. Detaljer om innhold av total- og uorganisk arsen i marine råvarer er publisert i Julshamn m.fl. (2012)<sup>30</sup>. Fiskeolje kan også inneholde relativt høye nivåer av total arsen, der hovedforbindelsene er lipidløselige arsenolipider<sup>31</sup>. Det har ikke blitt analysert for total arsen i fiskeoljer eller i fiskemel de siste årene (Fiskefôrrapport for 2008). I 2017 ble 9 mineralpremikser analysert for total arsen og gjennomsnittet var på 0,5 mg/kg. Resultatene viser at premikser kan bidra med arsen, men med relativt lave nivåer (Tabell 11). Samtidig må en ta hensyn til at kjemisk form på arsen i premikser sannsynligvis er annerledes enn i andre marine og vegetabiliske ingredienser. Det er ingen grenseverdier for total arsen i premikser.

---

<sup>29</sup> Heidi Amlund, Jens J Sloth, Marc H Berntssen, Anne-Kathrine Lundebye, Kåre Julshamn (2006). Arsen i fiskeolje som føringrediens til oppdrettsfisk – en ny utfordring? Norsk fiskeoppdrett, Nummer 4.

<sup>30</sup> Kåre Julshamn, Bente Merete Nilsen, Sylvia Frantzen, Stig Valdersnes, Amund Måge, Kjell Harald Nedreaas, Jens Jørgen Sloth. (2012) Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters. *Food Additives and Contaminants*; Volum 5.(4) S. 229-235

<sup>31</sup> Sele, V, Sloth, J.J., Lundebye, A.-K., Larsen, E., Berntssen, M.H.G., Amlund, H. (2012). Arsenolipids in marine oils and fats: A review of occurrence, chemistry and future research needs. *Food chemistry* 133 s.618-630

**Tabell 11.** Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-max-verdier) av total arsen (As), uorganisk As (iAs), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), metylkvikksølv (MeHg) og bly (Pb) i fullfôr, vegetabiliske fôrmiddel og mineralpremikser i 2017 (mg/kg). Siste kolonne viser gjeldende grenseverdier<sup>1)</sup>. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of total arsenic (As) and inorganic arsenic (iAs), cadmium (Cd), total mercury (Hg) and methylmercury (MeHg), and lead (Pb) in fish feed, plant protein, plant oil and mineral premixes in 2017 (mg/kg). The current maximum levels are presented in the last column].

Spormetall	Analyser (N)	Gjennomsnitt (mg/kg)	Min-max (mg/kg)	Grenseverdi (mg/kg)
<b>Arsen (As), total</b>				
Fullfôr	40	<b>2,8</b>	1,3-6,4	10,0
Veg fôrmiddel	9	<b>0,05</b>	<0,01-0,16	2,0
Veg olje	8	<b>0,05</b>	<0,01-0,14	2,0
Mineralpremikser	9	<b>0,5</b>	0,1-1,1	-
<b>Uorganisk arsen (iAs)</b>				
Fullfôr	25	<b>0,10</b>	0,01-0,23	2,0
<b>Kadmium (Cd)</b>				
Fullfôr	40	<b>0,19</b>	0,08-0,40	1,0
Veg fôrmiddel	9	<b>0,07</b>	0,01-0,39	1,0
Veg olje	8	<b>&lt;LOQ</b>	<0,004-0,01	1,0
Mineralpremikser	9	<b>0,68</b>	0,08-1,28	15
<b>Kvikksølv (Hg), total</b>				
Fullfôr	40	<b>0,03</b>	<0,005-0,09	0,2
Veg fôrmiddel	9	<b>0,01</b>	<0,005-0,02	0,1
Veg olje	8	<b>&lt;LOQ</b>	<0,005-0,01	0,1
Mineralpremikser	9	<b>0,02</b>	<0,005-0,05	-
<b>Metylkvikksølv (MeHg)</b>				
Fullfôr	20	<b>0,02</b>	<0,006-0,04	-
<b>Bly (Pb)</b>				
Fullfôr	40	<b>0,04</b>	<0,02-0,10	5
Veg fôrmiddel	9	<b>0,05</b>	<0,02-0,08	10
Veg olje	8	<b>&lt;LOQ</b>	<0,02	10
Mineralpremikser	9	<b>2,5</b>	0,5-6,6	200

<sup>1)</sup> Gjeldende grenser på fôrområdet i Norge og EU, i henhold til fôrforskriften 2002/32/EC (med senere endringer).

#### 2.4.2 Kadmium (Cd)

Kadmiumkonsentrasjonene i fullfôr, vegetabiliske fôrmidler og premikser for 2017 er gitt i Tabell 11. Gjennomsnittet for kadmium i fullfôr var 0,19 mg/kg og varierte mellom 0,08 til 0,40 mg/kg. Grenseverdien for kadmium i fullfôr til fisk er på 1 mg/kg og ingen av prøvene var over grenseverdien. I de vegetabiliske fôrmidlene var snittverdien for kadmium i 2017 på 0,07 mg/kg (min-maks-konsentrasjoner på 0,01-0,39 mg/kg). I vegetabiliske oljer var det kun én rapsolje som hadde konsentrasjon av kadmium over LOQ til metoden, med konsentrasjon på 0,01 mg/kg. Mineralpremikser og tilsetningsstoffer kan bidra med kadmium til fullfôr. I 2017 analyserte vi 9 mineralpremikser, og gjennomsnittet var på 0,68 mg/kg med konsentrasjoner fra 0,08 til 1,28 mg/kg. Dette er under grenseverdien for kadmium i premikser som er på 15 mg/kg.

### 2.4.3 Kvikksølv (Hg)

Det ble analysert 40 fullfôr for kvikksølv og 20 fullfôr for metylkvikksølv i 2017, og resultatene er gitt i Tabell 11. Resultatene for 2017 viser at fullfôr inneholdt konsentrasjoner av kvikksølv fra under deteksjonsgrensen (<0,005 mg/kg) til 0,09 mg/kg med en gjennomsnittsverdi på 0,03 mg/kg fullfôr. Ingen av fullfôrene oversteg øvre grenseverdi på 0,2 mg/kg i fullfôr. Fullfôr analysert i 2017 hadde et gjennomsnittsnivå av metylkvikksølv på 0,02 mg/kg med en variasjon fra 0,01 til 0,04 mg/kg. Prosentmessig utgjør metylkvikksølv nær 100 % av den totale mengden kvikksølv. Kvikksølvkonsentrasjonen i vegetabiliske fôrmidler og oljer var lav, der kun 2 av 9 fôrmiddel og 1 av 8 oljer var over LOQ med 0,02 mg/kg som høyeste nivå målt (Tabell 11). Kvikksølv ble også undersøkt i 9 mineralpremikser og resultatene viste en snittverdi på 0,02 mg/kg med et konsentrasjonsområde på <0,005 mg/kg til 0,05 mg/kg. Det er ingen grenseverdi for kvikksølv i premikser.

### 2.4.4 Bly (Pb)

Blykonsentrasjonen i fullfôr, vegetabiliske fôrmidler og premikser for 2017 er vist i Tabell 11. Resultatene viser at det er svært lave konsentrasjoner av bly både i fullfôr og i vegetabiliske fôrmidler, og dette stemmer også overens med resultater fra tidligere år. Blykonsentrasjonen i fullfôr varierte fra mindre enn LOQ (<0,02 mg/kg) til 0,10 mg/kg i 2017, med et gjennomsnitt på 0,04 mg/kg. Dette er under den øvre grenseverdi for bly i fullfôr på 5 mg/kg. I 2017 hadde vegetabiliske fôrmidler et snitt på 0,05 mg/kg med et konsentrasjonsområde på <0,02 mg/kg til 0,08 mg/kg. Det var ingen vegetabiliske oljer som hadde kvantifiserbare konsentrasjoner av bly. Mengde bly ble også undersøkt i de 9 mineralpremiksene og resultatene viser en snittverdi på 2,5 mg/kg med et konsentrasjonsområde fra 0,5 mg/kg til 6,6 mg/kg. Alle premiksene var under øvre grenseverdien som er 200 mg/kg for bly.

## 2.5 Tilsetningsstoff

Tilsetningsstoffer er i denne rapporten gruppert i flere undergrupper, blant annet antioksidanter, mikromineraler og vitaminer. Fargestoffer er også tilsetningsstoff, men i 2017 ble det ikke analysert for noen fargestoffer (for eksempel astaxanthin og cantaxanthin) i dette programmet. For noen tilsetningsstoffer, for eksempel vitaminer og mineraler vil det være bidrag fra fôrmidlene. Regelverket<sup>32</sup> om tilsetningsstoffer slår ikke inn med mindre stoffet er tilsatt. For noen stoffer, som for eksempel noen vitaminer og mineraler, kan det være analytisk vanskelig å skille mellom det som er tilsatt, og det som er naturlig fra fôrmidlene.

---

<sup>32</sup> Forskrift om merking og omsetning og Forskrift om tilsetningsstoffer til bruk i fôrvarer. Regulation (EC) No 1831/2003 on additives for use in animal nutrition

### 2.5.1 Antioksidanter

Det er flere syntetiske antioksidanter som er tillatt å bruke i fiskefôr i Norge og EU blant annet propylgallat, oktylgallat, butylhydroksyanisol (BHA), butylhydroksytoluen (BHT), ethoxyquin (EQ) og syntetiske former av askorbinsyre (vitamin C) og tokoferol (vitamin E). I 2017 ble det målt BHA, BHT og EQ (Tabell 11).

#### **BHA, BHT & EQ**

Syntetiske antioksidanter blir tilsatt både i fôrråstoff og i ferdig fôr for å unngå harskning og for å forbedre holdbarheten av fullfôr og fôrmidler. For fiskemel, har den internasjonale maritime organisasjonen, IMO et krav om at antioksidanter må tilsettes før transport med båt. Dette er for å beskytte mot oksidasjon, og på denne måten forhindre selvantennelse og eksplosjon. Ethoxyquin (EQ) er den type antioksidant som er blitt benyttet i fiskemel, og fiskemelet må tilsettes EQ dersom det skal transporteres med båt ([www.unece.org](http://www.unece.org))<sup>33</sup>. Det høyeste tillatte innhold av EQ, butylhydroksytoluen (BHT) og butylhydroksyanisol (BHA) alene, eller summen av disse, i fullfôr til fisk er på 150 mg/kg fôr. EQ er ikke godkjent til bruk i næringsmidler i Norge eller EU. Hovedsakelig blir det brukt EQ i fiskemel og andre marine mel og BHT i marine oljer, mens BHA blir i liten grad brukt i fiskefôr. I fullfôr, som også kan ha en egen tilsetning av antioksidanter, får vi da en blanding av de ulike antioksidantene.

Det ble analysert for tre syntetiske antioksidanter 72 fullfôr i 2017. Som i tidligere år gir vi data på sum antioksidanter som er summen av BHA, BHT og EQ. Konsentrasjonen av sum antioksidanter i fullfôr varierte fra 3,3 til 90,2 mg/kg med gjennomsnittsverdi på 26,5 mg/kg i 2017 (Tabell 12). Det var ingen fullfôr som oversteg det høyeste tillatte innhold på 150 mg/kg. Konsentrasjonen av EQ i fullfôr varierte fra <0,009 til 47,9 mg/kg, med snittverdi på 6,7 mg/kg i 2017. Gjennomsnittnivået av ethoxyquin var noe lavere i årets undersøkte fullfôr sammenlignet med tall fra 2016 (snitt på 11,6 mg/kg, n = 74). Flere oksidasjonsprodukt kan dannes fra EQ, og det har blitt vist at EQ i fôr kan omdannes til minst 15 ulike produkter når en utsetter det for kontrollert oksidasjon<sup>34</sup>. EQDM var det mest dominerende produktet som ble dannet. EQDM omfattes ikke av regelverket. Det ble likevel analysert for EQDM i 72 fullfôr i 2017. Konsentrasjonene var mellom <0,07 og 18,5 mg/kg, med en gjennomsnittverdi på 1,0 mg/kg. For summen («upper bound») av EQ og EQDM var gjennomsnittverdien 7,7 mg/kg, med et konsentrasjonsområde fra 0,1 til 61,1 mg/kg.

---

<sup>33</sup> Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods and on the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals. United Nations Secretariat.

<sup>34</sup> Negreira, N., Regueriso, J., Valdresens, S., Berntssen, M.H.G., Ørnstrud, R. (2017) Comprehensive characterization of ethoxyquin transformation products in fish feed by traveling-wave ion mobility spectrometry coupled to quadrupole time-of flight mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 965;72-82.



**Tabell 12.** Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-max-verdier) av ethoxyquin (EQ), BHA og BHT (mg/kg) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje, vegetabilsk fôrmiddel og fiskeproteinkonsentrat i 2017. Det høyeste tillatte innhold av EQ + BHA + BHT, alene eller for sum antioksidanter er 150 mg/kg<sup>1)</sup>. Sum er gitt som «upper bound» LOQ. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of ethoxyquin (EQ), BHA and BHT (mg/kg) in fish feed, fishmeal, fish oil, plant protein and fish protein concentrate for 2017. The maximum level for EQ + BHA + BHT in feed, alone or combined is 150 mg/kg].

Prøve	EQ (mg/kg)	BHA (mg/kg)	BHT (mg/kg)	Sum Antioksidanter (mg/kg) <sup>1)</sup>
<b>Fullfôr</b>				
Snitt 2017 (n=72)	<b>6,7</b>	<b>7,4</b>	<b>12,3-29,3</b>	<b>26,5</b>
Min-Maks	<0,009-47,9	<0,002-77,6	<0,04-84,5	3,3-90,2
<b>Fiskemel</b>				
Snitt 2017 (n=10)	<b>58,8</b>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Min-Maks	13,4-97,7			
<b>Fiskeolje</b>				
Snitt 2017 (n=9)	<i>n.a.</i>	<b>14,9</b>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Min-Maks		<0,002-55,8		
<b>Veg fôrmiddel</b>				
Snitt 2017 (n=9)	<b>&lt;LOQ</b>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Min-Maks	<0,009			
<b>Fiskeproteinkonsentrat</b>				
Snitt 2017 (n=2)	<b>46,3</b>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Min-Maks	41,6-50,9			

<sup>1)</sup> Sum antioksidanter er EQ + BHA + BHT  
*n.a.* = not analysed (ikke analysert).

Konsentrasjonen av EQ og EQDM ble også bestemt i fiskemel, vegetabilske fôrmiddel og i to prøver FPC i 2017. Gjennomsnittsverdiene var henholdsvis 58,8 mg/kg og 3,9 mg/kg for EQ og EQDM i fiskemel, mens både EQ og EQDM var under LOQ i de vegetabilske formidler analysert i 2017. I FPC-prøvene var gjennomsnittskonsentrasjonene for EQ og EQDM henholdsvis 46,2 mg/kg og 0,8 mg/kg. De høyeste verdiene av EQ fant vi i fiskemel der resultatene varierte fra 13,4 mg/kg til 97,7 mg/kg. Gjennomsnittnivået av ethoxyquin var noe lavere i årets undersøkte fiskemel sammenlignet med tall fra 2016 (snitt på 117 mg/kg, n = 10).

I oppdrett blir EQ overført fra fôr til fillet, der EQ blir omdannet til andre forbindelser, eller metabolitter<sup>35</sup>. Det er blitt vist at en rekke transformeringsprodukt kan være tilstede i laksefilet, der det mest signifikante forbindelsen var EQDM. Bruken av EQ er under revurdering innen EU og autorisasjonen er trukket tilbake inntil man har mer kunnskap om virkningen av stoffet.

<sup>35</sup> Ørnstrud, R. Faglig sluttrapport for prosjekt «Safe use of the antioxidant ethoxyquin» (FHF prosjekt nr 901327); Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning, Bergen, p. 1-6.

I 2017 ble det analysert et fiskemel som var merket «EQ fritt». Analyser av dette melet viste lav konsentrasjon av EQ, med konsentrasjon på 0,8 mg/kg, og EQDM under LOQ. Også nivåer av BHA (4,03 mg/kg) og BHT (<0,002 mg/kg) var lave i dette fiskemelet. Melet ble også målt for vitamin E, og viste en konsentrasjon på 22,1 mg/kg (sum tocoferoler og tocotrienoler). I 2016 ble fullfôr analysert for vitamin E og gjennomsnittsverdiene var da 21 mg/kg med et konsentrasjonsområde fra 6 mg/kg til 47 mg/kg<sup>36</sup>.

I 2017 målte vi også BHA i fiskeolje i tillegg til fullfôr. Gjennomsnittsverdiene var henholdsvis 7,4 mg/kg og 14,9 mg/kg for fiskeolje og fullfôr.

### **2.5.2 Mikromineraler**

#### **Jern (Fe)**

Det ble i 2017 analysert jern i 40 fullfôr. Jern i fiskefôr kommer hovedsakelig fra mineralpremikser og fiskemel, hvor konsentrasjonen varierer noe, samt at noe av dette jernet kan komme fra selve produksjonsprosessen (jernspon). Det er stor forskjell på i hvilken grad ulike former av jern er blir tatt opp og utnyttet (biotilgjengelighet) og en høy konsentrasjon i fôr fører ikke nødvendigvis til høyt opptak av jern i fisken hvis kilden er lite biotilgjengelig<sup>37</sup>. I fullfôr varierte konsentrasjonen fra 108 til 340 mg/kg med en gjennomsnittsverdi på 172 mg/kg. Ingen av fullfôrene inneholdt jern over det høyeste tillatte innhold som er 750 mg/kg (Tabell 13). I vegetabiliske fôrmidler varierte konsentrasjonen fra 39 til 464 mg/kg med en gjennomsnittsverdi på 174 mg/kg. Det var en prøve av hvetegluten som inneholdt 39 mg/kg, og også tidligere år er det blitt målt lave verdier av jern i hvetegluten. I vegetabiliske oljer varierte konsentrasjonen av jern fra 1,1 mg/kg til 2,8 mg/kg med et gjennomsnitt på 1,8 mg/kg. Teoretisk kan nivåene av noen mineraler, inkludert jern, være på samme nivå, eller til og med høyere i ingredienser fra planter sammenlignet med fiskemel<sup>38</sup>. Men andre faktorer, som tilstedeværelsen av forbindelsen phytat kan påvirke opptaket av jern i fisken, og jern fra produkter av marin opprinnelse er relativt mer biotilgjengelig enn jern fra plantebaserte fôrmidler<sup>39</sup>. I 2017 ble 9 mineralpremikser analysert for innhold av jern. Gjennomsnittverdien for jern i mineralmiksene var på 20.089 mg/kg, og variere fra 730 mg/kg til 45.500 mg/kg.

---

<sup>36</sup> Sanden, M., Hemre, G.-I., Måge, A., Lunestad, B.T., Espe, M., Lie, K.K., Lundebye, A.K., Amlund, H., Waagbø, R., Ørnstrud, R. (2017) Program for overvåking av fiskefôr. Årsrapport for prøver innsamlet i 2016. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning. Bergen, p. 51.

<sup>37</sup> Maage A og Sveier H (1998) Addition of dietary iron (III) oxide does not increase iron status of growing Atlantic salmon. *Aquaculture International*, 1998, 6: 249-252

<sup>38</sup> Prabhu, P. A.J. Minerals in fish: does the source matter? PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, NL (2015). ISBN: 978-94-6257-480-9.

<sup>39</sup> Standal, H., Dehli, A., Rorvik, K.A., Roem, A. (1999). Iron status and dietary levels of iron affect the bioavailability of haem and nonhaem iron in Atlantic salmon salar, *Aquaculture Nutrition* 5(3):193-198.

**Tabell 13.** Innhold av jern, sink, mangan, kobber, kobolt, molybden og selen i fullfôr, vegetabiliske fôrmidler og premikser i 2017. Verdiene er gitt som snittverdier i mg/kg med minimums- og maksimumsverdier. Det høyeste tillatte innhold er gitt under de analyserte verdiene og er gitt i ppm (mg/kg)<sup>1</sup>. [Concentrations of Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo and Se in fish feed, plant based feed ingredients and premixes in 2017. Mean values are given as mg/kg sample with min and max values. The maximum content are given below the analyzed values in mg/kg].

Prøve	Jern (Fe) (mg/kg)	Sink (Zn) (mg/kg)	Kobber (Cu) (mg/kg)	Mangan (Mn) (mg/kg)	Kobolt (Co) (mg/kg)	Molybden (Mo) (mg/kg)	Selen (Se) (mg/kg)
<b>Fullfôr</b>							
Snitt 2017 (n=40)	<b>172</b>	<b>170</b>	<b>11</b>	<b>47</b>	<b>0,09</b>	<b>1,5</b>	<b>0,8</b>
Min-Maks	108-340	126-232	7-14	21-70	0,03-0,23	0,3-3,5	0,3-1,8
Det høyeste tillatte innhold <sup>1)</sup>	750	200	25	100	2	2,5	0,5
<b>Veg fôrmiddel</b>							
Snitt 2017 (n=9)	<b>174</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>31</b>	<b>0,08</b>	<b>3,1</b>	<b>0,10</b>
Min-Maks	39-464	11-94	4-32	5-44	<0,02-0,15	0,6-5,0	<0,01-0,35
<b>Veg olje</b>							
Snitt 2017 (n=8)	<b>1,8</b>	<b>1,3</b>	<b>0,12</b>	<b>0,5</b>	-	-	-
Min-Maks	1,1-2,8	0,7-2,3	<0,09-0,13	0,2-0,7	<0,02	<0,09-<0,1	<0,009-0,01
<b>Mineral premiks</b>							
Snitt 2017 (n=9)	<b>20.089</b>	<b>65.580</b>	<b>2.796</b>	<b>15.301</b>	<b>10</b>	<b>0,5</b>	<b>23</b>
Min-Maks	730-45.500	26.500-129.000	41-6.500	927-42.500	1-30	0,3-1,6	0,2-86

<sup>1)</sup> Det høyeste tillatte innhold gjelder for summen av det naturlig forekommende og tilsatt mengde i fôrvaren, men bare hvis stoffet er tilsatt. Forskrift om merking og omsetning og Forskrift om tilsetningsstoffer til bruk i fôrvarer<sup>40</sup>.

### Sink (Zn)

Sinkinnholdet i analyserte fullfôr varierte i 2017 fra 126 mg/kg til 232 mg/kg, med en gjennomsnittsverdi på 170 mg/kg (Tabell 13). Det var 6 fullfôr som oversteg det høyeste tillatte innhold for sink som er 200 mg/kg. De vegetabiliske fôrmidlene hadde en gjennomsnittsverdi på 50 mg/kg, og varierte fra 11 mg/kg til 94 mg/kg. De vegetabiliske oljene hadde en snittverdi på 1,3 mg/kg, der konsentrasjonene varierte fra 0,7 mg/kg til 2,3 mg/kg i prøvene analysert i 2017. Fra disse dataene fremgår det dermed at vegetabiliske fôrmidler bidrar til sink i fôr. Men ettersom nivåene i vegetabiliske ingredienser generelt er lavere enn i marine råvarer, vil en høy vegetabilisk innblanding i fôr kunne føre til for lave nivå av sink i fôr. I tillegg kan biotilgjengeligheten av sink også bli redusert ved høyt innhold av planteråstoff på grunn av tilstedeværelse av forbindelsen phytat. I 2017 ble 9 premikser analysert for innhold av sink og snittverdien var på 65.580 mg/kg med et konsentrasjonsområde på 26.500 mg/kg til 129.000 mg/kg.

<sup>40</sup> Forskrift om merking og omsetning og Forskrift om tilsetningsstoffer til bruk i fôrvarer.

Også den kjemiske formen av sink kan påvirke opptak i fisken. Ved HI arbeides det nå med å se på sammenhengen mellom ulike former av sink og biotilgjengelighet hos laks.

### ***Kobber (Cu)***

I 2017 ble 40 fullfôr analysert for kobber. Det høyeste tillatte innhold for kobber i fullfôr er på 25 mg/kg og analysene av kobber i fullfôr (Tabell 13) viser en snittverdi på 11 mg/kg med et konsentrasjonsområde fra 7 til 14 mg/kg. I de vegetabiliske fôrmidlene varierte kobberkonsentrasjonen fra 4 til 32 mg/kg med et gjennomsnitt på 10 mg/kg, mens kobber konsentrasjonen i vegetabiliske oljer generelt var lavt, der kun to av de åtte oljene som ble analysert hadde konsentrasjoner over LOQ med høyest verdi på 0,13 mg/kg olje (Tabell 13). I 2017 ble 9 premikser analysert for innhold av kobber og snittverdien var på 2.796 mg/kg med variasjon fra 41 mg/kg til 6.500 mg/kg.

### ***Mangan (Mn)***

Manganinnholdet i de 40 analyserte fullfôrene varierte fra 21 til 70 mg/kg fôr med en gjennomsnittsverdi på 47 mg/kg (Tabell 13). Alle fôrene undersøkt var under det høyeste tillatte innhold på 100 mg/kg (tilsatt form). I de vegetabiliske fôrmidlene varierte mangankonsentrasjonen fra 5 til 44 mg/kg med en gjennomsnittsverdi på 31 mg/kg (Tabell 13). Fiskemel ble ikke analysert for mangan i 2017, mens vegetabiliske oljer hadde lavt innhold av mangan med en snittverdi på 0,5 mg/kg. Fra årets og fjorårets resultater kan det tyde på at hvetegluten og maisgluten er de vegetabiliske fôrmidlene som inneholder de laveste nivåene av mangan sammenlignet med soya. I 2017 ble 9 premikser analysert for innhold av mangan og snittverdien var på 15.301 mg/kg med et konsentrasjonsområde på 927 mg/kg til 42.500 mg/kg.

### ***Kobolt (Co)***

Kobolt ble også analysert i 40 fullfôr, 9 vegetabiliske fôrmidler og 9 premikser i 2017 (Tabell 13). Konsentrasjonen av kobolt i fullfôr varierte fra 0,03 til 0,23 mg/kg i 2017 med en gjennomsnittsverdi på 0,09 mg/kg. Alle fôrene var under det høyeste tillatte innhold på 2 mg/kg, som gjelder hvis kobolt tilsettes. Det foreligger fremdeles lite behovsdata for kobolt hos fisk. Kobolt er en essensiell bestanddel i vitaminet B12 (kobalamin). Koboltkonsentrasjonen i vegetabiliske fôrmidler var generelt lavt, og var for alle soyaprotein konsentrater under eller ved LOQ, <0,02 -0,03 mg/kg. For maisgluten og solsikkepellet var konsentrasjonene av kobolt noe høyere, henholdsvis 0,07 og 0,15 mg/kg. Som for 2016, hadde heller ingen av de vegetabiliske oljene analysert i 2017 koboltinnhold over LOQ (<0,02 mg/kg). I 2017 ble 9 premikser analysert for kobolt og snittverdien var på 10 mg/kg med et konsentrasjonsområde på 1 mg/kg til 30 mg/kg.

### **Selen (Se)**

Det ble analysert for selen i 40 fullfôrprøver. Variasjonen var mellom 0,3 og 1,8 mg/kg med en gjennomsnittsverdi på 0,8 mg/kg (Tabell 13). Det høyeste tillatte innhold av selen er på 0,5 mg/kg i fullfôr. Mange av prøvene ligger over det høyeste tillatte innhold av selen i fullfôr. Fiskemel kan bidra med selen til fôret, der undersøkelser fra tidligere år har vist konsentrasjoner av selen mellom 1,3 og 10 mg/kg (Fôrrapport, 2008 (for 2007 prøver)). Avhengig av selen nivået i jordsmonn, kan også vegetabiliske råvarer bidra med selen til fôret. I de vegetabiliske fôrmidlene var gjennomsnittsverdien for selen på 0,10 mg/kg med et konsentrasjonsområde fra <0,01-0,35 mg/kg, mens vegetabiliske oljer analysert i 2017 ikke hadde seleninnhold over LOQ. I 2017 ble 9 premikser analysert for innhold av selen, konsentrasjonene varierte fra 0,2 mg/kg til 86 mg/kg. Dette samsvarer også med resultatene for 2016, og viser at selen generelt inngår i premikser.

Det ble utført noen selen spesieringsanalyser av utvalgte fiskefôr i 2017 (n = 3). Fôrene som ble undersøkt varierte fra 0,7 til 17 mg Se/kg<sup>41</sup>. Spesieringsanalyser viste at det prosentvise innholdet av uorganisk selen, i form av selenitt, varierte fra 4% til 89% av den totale mengden av selen i fôret. Den mest vanlige naturlige forekommende selenformen i marine fôrmidler er trolig den organiske selenforbindelsen selenomethionine<sup>42,43</sup>. Det er ikke mulig å skille naturlig forekommende former av selen fra tilsatt form av selen ved analyser. Det er lite data tilgjengelig på selenspesier i fôrmidler og i fôr. Det har blitt vist at formene av selen kan ha stor betydning for opptak og utskillelse i laks, samt at laks tåler et høyere konsentrasjonsnivå av den organiske formen sammenlignet med den uorganiske formen<sup>44</sup>.

### **Molybden (Mo)**

Innholdet av molybden i fullfôr var i gjennomsnitt 1,5 mg/kg, og varierte fra 0,3 til 3,5 mg/kg. Det høyeste tillatte innhold for molybden er på 2,5 mg/kg. Det var fire fullfôr som oversteg det høyeste tillatte innhold for molybden i 2017. De vegetabiliske fôrmidlene inneholdt i gjennomsnitt 3,1 mg molybden/kg, og varierte fra 0,6 til 5,0 mg/kg (Tabell 13). Den store variasjonen skyldes store forskjeller i molybdeninnhold mellom soyaprodukter (høy) og hveteprodukter (lav), noe som også er vist tidligere år. Rapsolje har svært lavt innhold av molybden (<0,09-<0,1 mg/kg). I 2017 ble 9 premikser analysert for molybden

---

<sup>41</sup> Fôr fra overvåkingsprogrammet, ankommet i 2016 (Fôrrapport 2017).

<sup>42</sup> Sele, V., Ørnsrud, R., Sloth, J.J., Berntssen, M.H. & Amlund, H. (2018). Selenium and selenium species in feeds and muscle tissue of Atlantic salmon. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 47:124-133.

<sup>43</sup> Malgorzata A.B. & Maage, A. (2015). Determination of selenium and its compounds in marine organisms. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 29:91-98.

<sup>44</sup> Berntssen, M.H. Amlund, H., Sele, V., Ørnsrud, R (2018). Project Report. "Evaluation of the maximum limits for selenium in Atlantic salmon feeds. FHF" (Prosjekt nr 900871). Rapport fra Havforskningen, p.186.

og det ble funnet kvantifiserbare verdier av molybden i alle prøvene. Snittverdien var 0,5 mg/kg, og variasjon fra 0,3 til 1,6 mg/kg. Resultatene tyder på at i tillegg til vegetabiliske råvarer så bidrar premikser også med molybden til fullfôr.

I 2017 ble mikroelementene sink, selen og molybden funnet over det høyeste tillatte innhold i noen fullfôr. Regelverket<sup>45</sup> om tilsetningsstoffer slår inn hvis stoffet er tilsatt. Resultater fra 2017, og også tidligere år, tyder på at disse mikromineraler generelt er tilstede i premikser. Det er analytiske utfordringer med å skille mellom det som er tilsatt og det som er naturlig form av mikromineraler og vitaminer i fullfôr.

### 2.5.3 *Vitaminer*

#### *Vitamin D<sub>3</sub>*

I 2017 ble 72 fullfôr og 9 vitaminblandinger analysert for vitamin D<sub>3</sub>. Hvis vitamin D<sub>3</sub> tilsettes fullfôr, slår den øvre grensen på 0,075 mg/kg (3000 I.E./kg) inn. Snittverdien i 2017 var 0,11 mg/kg med variasjon fra 0,04 til 0,31 mg/kg. De fleste analyserte fôrene i 2017 (57 av 72 prøver) hadde høyere innhold av vitamin D<sub>3</sub> enn det høyeste tillatte innhold. Vitamin D<sub>3</sub> vil også være tilstede i fiskefôr fra fôrmidler<sup>46</sup>. Det ble ikke analysert noen fôrmidler for Vitamin D<sub>3</sub> i 2017. Det ble analysert 9 vitaminblandinger for innhold av vitamin D<sub>3</sub>. Snittverdien for vitamin D<sub>3</sub> i vitaminblandingene var på 22 mg/kg med variasjon fra 4 mg/kg til 37 mg/kg. Dette kan tyde på at vitamin D<sub>3</sub> generelt inngår i premikser.

## 2.6 Områder med behov for mer bakgrunnsdata

### 2.6.1 *Fettsyresammensetning i fullfôr*

Fettsyresammensetningen i ett fullfôr kan fortelle oss noe om råvarene som er benyttet i fôret, da råvarer fra marine kilder har en annen fettsyreprofil enn plantebaserte råvarer. Dagens fullfôr inneholder mer av vegetabiliske ingredienser, som rapsolje og soyaprotein konsentrat enn mer tradisjonelle marinbaserte fôr med mer fiskemel og fiskeolje. Når fiskeolje blir erstattet med vegetabiliske oljer er det også viktig å se på om fisken får dekket sitt minimumsbehov av de typisk marine og essensielle fettsyrene EPA og DHA.

---

<sup>45</sup> Forskrift om merking og omsetning og Forskrift om tilsetningsstoffer til bruk i fôrvarer. Regulation (EC) No 1831/2003 on additives for use in animal nutrition

<sup>46</sup> Sissener, N.H., Julshamn, K., Espe, M., Lunestad, B.T., Hemre, G.-I., Waagbø, R., Måge, A. (2013). Surveillance of selected nutrients, additives and undesirables in commercial Norwegian fish feeds in the years 2000-2010. *Aquaculture Nutrition* 19:555-572.

I 2017 ble 10 fullfôr analysert for fettsyresammensetning (Tabell 14). Det ble ikke differensiert mellom ulike typer fôr, så noen av fôrene var smolt- og ferskvannsfôr. Snitt for sum av EPA og DHA i de 10 fullfôrene i 2017 var 22,1 mg/g. Minimumsverdien for sum EPA og DHA var 17,8 mg/g (6,0 % av totale fettsyrer) som er over antatt minimumsbehov hos laks i sjøvann for vekst (>2,7% av totale fettsyrer)<sup>47-48</sup>. Tabell 14 viser at snitt n-3/n-6 forholdet var 1,1 med minimumsverdi på 0,9. Tre av 10 fullfôr analysert i 2017 hadde et n-3/n-6 forhold lavere enn 1, og dermed mer omega-6 enn omega-3.

**Tabell 14.** Fettsyresammensetning i fullfôr for 2017 (mg/g fôr, n=10). [Fatty acid composition in fish feed in 2017. Mean values are given as mg/g ww sample with min and max values (n=10)].

Fettsyre	Gjennomsnitt (mg/g)	Min verdi (mg/g)	Maks-verdi (mg/g)
14:0	7,6	6,2	10,0
16:0	25,3	22,9	29,2
18:0	8,9	6,1	12,5
<b>Sum mettede fettsyrer</b>	<b>47,2</b>	<b>41,8</b>	<b>54,5</b>
18:1 n-9	112	67,1	137
22:1n-9 (erukasyre)	1,1	0,7	1,4
<b>Sum enumettede fettsyrer</b>	<b>150</b>	<b>102</b>	<b>184</b>
18:2 n-6	38,8	24,3	45,7
20:4 n-6 (arakidonsyre)	0,9	0,7	1,3
<b>Sum n-6</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>47</b>
18:3 n-3	16,5	9,1	19,8
20:5 n-3 (EPA)	10,5	8,6	13,1
22:6 n-3 (DHA)	11,7	9,0	15,5
Sum EPA og DHA	22,1	17,8	28,0
<b>Sum n-3</b>	<b>44,1</b>	<b>36,4</b>	<b>50,0</b>
Sum flerumettet fett	84,7	62,7	97,0
Sum fettsyrer	288	212	340
<b>Ratio n-3/n-6</b>	<b>1,1</b>	<b>0,9</b>	<b>1,5</b>
<b>Σ EPA and DHA % av totale fettsyrer</b>	<b>7,9</b>	<b>6,0</b>	<b>10,8</b>

I 2017 inneholdt fullfôrene nivåer av arakidonsyre (20:4n-6) fra 0,7 mg/g til 1,3 mg/g. Dette er mindre spredning enn for 2016 prøvene (0,6-5,4 mg/g fôr). Noen studier har vist at høyere nivå arakidonsyre i fôret kan være gunstig i perioder med stress slik som blant annet overgangen fra ferskvann til sjøvann<sup>49</sup>.

<sup>47</sup> Rosenlund, G., Torstensen, B. E., Stubhaug, I., Usman, N. & Sissener, N. H. (2016). Atlantic salmon require long-chain n-3 fatty acids for optimal growth throughout the seawater period. *Journal of Nutritional Science*, 5.

<sup>48</sup> Sissener, N. H., Torstensen, B. E., Stubhaug, I. & Rosenlund, G. (2016). Long-term feeding of Atlantic salmon in seawater with low dietary long-chain n-3 fatty acids affects tissue status of the brain, retina and erythrocytes. *British Journal of Nutrition*, 115, 1919-1929.

<sup>49</sup> Bell, J. G. & Sargent, J. R. (2003). Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. *Aquaculture*, 218, 491-499.

Det kan dermed være viktig å skille mellom ulike typer fôr når vi ser på fettsyresammensetningen. En annen fettsyre som har vært i fokus den siste tiden er erukasyre (22:1n-9). Dette er en langkjedet fettsyre som kan forekomme i høye konsentrasjoner spesielt i frø fra arter i familien *Brassicaceae* (f.eks. raps). Marine fôringredienser inneholder imidlertid også høye konsentrasjoner av erukasyre. I 2017 var snittverdien for erukasyre i fullfôr 1,1 mg/kg med variasjon fra 0,7 til 1,4 mg/kg, noe som er i det samme konsentrasjonsområdet som prøver undersøkt i 2016. EFSA<sup>50</sup> kom nylig ut med en vitenskapelig vurdering av risiko for dyrehelse og folkehelse ved tilstedeværelse av erukasyre i fôr og mat. Det ble konkludert med at det var for lite data tilgjengelig til å utføre en risikovurdering for fisk. Det trengs mer kunnskap om innholdet av erukasyre i fiskefôr og hvilke effekter dette kan ha på fiskehelse.

### **2.6.2 Fiskeproteinkonsentrat som fôrmiddel**

I 2017 fikk vi inn to prøver fiskeproteinkonsentrat (FPC). FPC er biprodukt av fisk som er syrebehandlet og behandlet med endogen hydrolyse (vha. enzymer), som bryter produktet ned til peptider. Produktet er deretter varmebehandlet. I likhet med fiskemel, inngår FPC i regelverket som et fôrmiddel av animalsk opprinnelse, og må behandles med en behandlingsmetode som sikrer at materialet ikke inneholder smittestoffer. Det er også et kannibalismeforbud som gjelder for FPC og fiskemel, dvs. at det er ikke tillatt å benytte for eksempel avskjær av laks i fôr til laks. Men om det er hydrolyserte proteiner (med en molekylvekt < 10 000 Dalton), er det lov å benytte produktet.

I årets program ankom to prøver FPC som ble analysert for en rekke organiske fremmedstoffer (PCB og PCDD/PCDF, HBCD, TPPB-A), i tillegg til syntetiske antioksidanter (EQ, BHT, BHA). Det ble ikke analysert for noen av de typisk vannløselige forbindelsene, som metaller og mikroelementer. Undersøkelser har vist at noen elementer, som for eksempel innholdet av sink, kan teoretisk oppkonsentreres i et slikt produkt. Det vil derfor rådes til å undersøke FPC (og andre biprodukter) for sink, og andre elementer og metaller fremover for å få et bedre datagrunnlag for disse fôrmidlene.

## **2.7 Redelig handel –kontroll av deklarete næringsstoff**

### **2.7.1 Hovednæringsstoff**

De deklarete hovednæringsstoffene blir analysert i fullfôr for å kunne følge utviklingstrender i norskprodusert fiskefôr. En annen motivasjon er å muliggjøre kontroll av analysert verdi mot deklart verdi på fullfôret. Det er for øvrig laget nye akseptgrenser for avvik på dette feltet (*Forskrift om merking og omsetning av fôrvarer*, jf. EU-forordning 767/2009).

---

<sup>50</sup> Erucic acid in feed and food. Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA Journal: 2016; 14(11):4593 [173 pp.]. doi: 10.2903/j.efsa.2016.4593



I 2017 ble det analysert 72 fullfôr for fettmengde og mengden fett varierte fra 17 til 38 % og med et gjennomsnitt på 31 %. Hovedbestanddelene i laksefôr er fett og proteiner, mens karbohydrater utgjør en mindre andel. Karbohydrater (stivelse, glykogen, sukker og fiber) bidrar med energi og gir i tillegg fôret god vannbindingsevne, og for lite karbohydrater kan gi et teknisk dårlig fôr som lekker næringsstoffer. Glykogen finnes i fôrmidler som fiskemel, mens alger og planter inneholder stivelse. I 2017 ble alle 72 fullfôrene analysert for tørrstoff. Snittverdien på tørrstoff i fullfôrene var 93 % med variasjon fra 91 % til 96 %. Grenseverdier for uønskede stoffer i fôrvarer inkludert fullfôr er satt for et vanninnhold på 12 % (tørrstoff på 88 %). Ingen tallverdier i rapporten er korrigert for tørrstoffinnhold.

### 3 Konklusjon

Overvåkings- og kartleggingsprogrammet «Program for overvåking av fiskefôr» som denne rapporten omhandler, har som hovedmål å følge utviklingen av innholdet av uønskede stoffer og næringsstoffer i fiskefôr (fullfôr), fôringredienser (fôrmidler), både marint og vegetabilsk basert, og i premikser, som benyttes i fiskefôrproduksjonen i Norge. I 2017 ble totalt 129 prøver analysert: 72 fullfôr, 12 fiskemel, 9 vegetabiliske fôrmidler, 8 vegetabiliske oljer, 9 fiskeoljer, 2 fiskeproteinkonsentrat og 16 vitamin- og mineralpremikser.

Det ble ikke påvist bestanddeler fra drøvtyggere i fiskemel og i fiskeproteinkonsentrat. Heller ikke spor av DNA fra drøvtyggere ble funnet i disse produktene ved bruk av molekylærbiologisk metode (PCR), som er en sensitiv metode for artsbestemmelse.

Den generelle mikrobiologiske kvaliteten, undersøkt ved *Salmonella* og Enterobacteriaceae, var gjennomgående tilfredsstillende, der ingen prøver inneholdt disse bakteriene.

Fullfôr og vegetabiliske formidler ble analysert for mykotoksiner, både de tradisjonelle og noen av de mer fettløselige forbindelsene. Av de tradisjonelle mykotoksinene, var det 7 av 40 fullfôr og et fôrmiddel som fikk utslag over kvantifiseringsgrensene, men ingen utslag over grenseverdi eller veiledende verdier. Når det gjelder de mer fettløselige mykotoksiner som har blitt analysert i dette programmet, inneholdt en relativt stor andel av fullfôrene Enniatin over kvantifiseringsgrensen (LOQ). Det er ikke satt øvre grenseverdier eller veiledende verdier for de fettløselige mykotoksinene i fullfôr eller i fôrmidler. Analyser av de mer fettløselige mykotoksiner ble startet opp i 2016 i dette programmet, og det er dermed så langt få data på disse forbindelsene både i fôr og i fôrmidler. Det er behov for mer kunnskap om konsentrasjoner av mykotoksiner og deres metabolitter som finnes i fullfôr, og hvordan disse kan ha innvirkning på fiskehelse, samt kunnskap om potensiell overføring fra fôr til de spiselige deler av fisk. HI starter nå et prosjekt finansiert av Norges Forskningsråd som skal undersøke disse problemstillingene.

Resultatene for 2017 viser ingen overskridelser i fullfôr og fôrmidler for uønskede stoffer, hverken for organiske eller uorganiske fremmedstoffer. Det ble i 2017 funnet relativt høye nivåer av PAH i ett fullfôr og i én vegetabilsk olje i 2017. Både fullfôret og den vegetabiliske oljen hadde høye nivåer av benzo(ghi)perylene, og fullfôret hadde også høye nivåer av Sum PAH<sub>4</sub>. PAH-forbindelser blir typisk produsert ved varmetørking av oljebønner (for eksempel rapsbønner), men også andre fôrmidler (fiskeolje) kan være en kilde til PAH i fullfôr. Det ikke er fastsatt øvre grenseverdi for PAH i fullfôr eller i fôrmidler innen EU eller Norge.

I 2017 ble det screenet for 116 ulike organofosfat pesticidforbindelser i fullfôr og i vegetabiliske fôrmidler og vegetabiliske oljer. Av de analyserte organofosfat pesticidforbindelsene var det klorpyrifos-metyl og pirimifos-metyl som ble funnet i fullfôr og vegetabiliske oljer, mens i vegetabiliske fôrmidler ble ingen organofosfatpesticider funnet. Dataene tyder på at vegetabiliske oljer er hovedkilden til pirimifos-metyl i

fullfôr. Ugressmiddelet glyfosat, og nedbrytingsproduktet AMPA, ble påvist i 36 av 40 undersøkte fullfôr, men i relativt lave konsentrasjoner. Analyser av pesticider i fôrmidler og fullfôr bør ha også videre fokus i overvåkingsprogrammet da laksefôr har en relativt høyt andel av planteprodukter.

I 2017 ble det også analysert for en ny gruppe organiske industrielt produserte fremmedstoffer, perfluorerte forbindelser (PFAS). Dette er en gruppe persistente organiske miljøgifter som ikke har blitt målt tidligere i dette programmet. Det finnes få data på tilstedeværelse og nivåer av PFAS i mat og i fôr. Det ble i 2017 analysert for 15 ulike PFAS forbindelser i 40 fullfôr. Resultatene viste ingen konsentrasjoner over LOQ for disse forbindelsene i fullfôrene analysert.

For de syntetiske antioksidantene BHT, BHA og ethoxyquin, var det ingen fullfôr som oversteg det høyeste tillatte innhold. Gjennomsnittsnivået av ethoxyquin var lavere i årets undersøkte fullfôr og fiskemel, sammenlignet med tall fra 2016. Det har vært mye diskusjoner rundt bruken av ethoxyquin og stoffet er oppe for reevaluering i EU. I 2017 kom det også inn et fiskemel som var merket «ethoxyquin-fritt». Det ble funnet å inneholde lave nivå av de syntetiske antioksidantene, inkludert ethoxyquin. Det kan forventes at ethoxyquin blir erstattet med andre typer syntetiske, eller naturlige antioksidanter, i årene fremover, og det er dermed viktig å følge med på hvilke andre antioksidanter som erstatter funksjonen til ethoxyquin i blant annet fiskemel.

Flere av fullfôrene som har blitt analysert i 2017, inneholdt tilsetningsstoffene selen, sink, molybden og vitamin D3 over grenseverdiene som er satt. Også tidligere år har flere mikromineraler, og vitamin D<sub>3</sub>, vist å være tilstede i fullfôr over de høyeste tillatte innhold satt i Forskrift om tilsetningsstoffer til næringsmidler. Denne grensen gjelder for summen av tilsatt mengde og det som naturlig er tilstede i fôrmidlene, og gjelder bare dersom stoffene er tilsatt. Analyser av premikser viser at flere mikromineraler, inkludert selen, og vitamin D<sub>3</sub> generelt inngår i premikser. Det er per i dag analytiske utfordringer med å skille mellom det som er tilsatt og det som er naturlig form av mikromineraler og vitaminer i fullfôr.

Det ble også analysert for fettsyreprofil i utvalgte fôr i 2017. Hensikten er å få bedre bakgrunnsdata på ernæringskvalitet i fullfôr, og følge denne utviklingen over tid på fettsyreprofil i fullfôr. Minimumsverdien for sum EPA og DHA i fullfôrene var 6,0 % av totale fettsyrer som er over antatt behov hos laks i sjøvann for god vekst.

Vi anbefaler fortsatt overvåking av norsk fiskefôr og fôrmidler, både med tanke på fremmedstoffer, men også ernæringskvalitet. Videre overvåking og kartlegging av fremmedstoffer og deres metabolitter, og næringsstoffer blir særlig viktig når nye fôrmidler blir tatt i bruk.

## 4 Conclusion

The aim of this monitoring program on fish feed is to survey the content of undesirable substances and nutrients in fish feed and feed ingredients (of marine and terrestrial origin) used in fish feed production in Norway. In 2017, a total of 129 samples were analysed including 72 complete feeds, 12 fish meals, 9 plant proteins, 8 plant oils, 9 fish oils and 16 mineral- and vitamin-premixes.

The overall microbiological quality, examined by *Salmonella* and Enterobacteriaceae, was consistently satisfactory and no samples contained these bacteria.

No traces of ruminant bones, or DNA from ruminant material was detected in any of the fish meal or fish protein concentrates analysed.

In 2017, complete feeds and plant based feed ingredients were analysed for mycotoxins, both for the “traditional compounds”, such as Aflatoxins and Ochratoxin A, and for some of the more lipid-soluble mycotoxins; Beauvericin and Enniatin. Of the “traditional” mycotoxins, 7 of 40 analysed feeds contained one of the following, or a combination of, Deoxynivalenol, Fuminisin, Ochratoxin A and Zearalenone over the quantification limit (LOQ). None of the levels exceeded the guidance value for the compounds. For the more lipid-soluble compounds, 68% of the feeds examined in 2017 contained Enniatin B and B1 over the LOQ, with concentrations varying from 11 to 120 µg/kg. There are currently few data available on the presence of mycotoxins in fish feed as well as in feed ingredients, and it is important to maintain the surveillance on this group of undesirable substances.

None of the feeds or feed ingredients analysed in 2017, had levels of undesirable substances which exceeded the maximum levels established for organic contaminants or metals. Relative high concentrations of several PAH's, including sum PAH<sub>4</sub> and benzo(ghi)perylene were detected in one sample of fish feed and in one sample of plant based oil in 2017. There are currently no maximum limits for PAH's in fish feed or feed ingredients in the EU or Norway.

In 2017, a range of organophosphate pesticides (116 compounds), were screened for in fish feeds, plant based meal and in plant based oil. Only chlorpyrifos-methyl and pirimiphos-methyl were detected in some of the feeds and plant based oils analysed, whereas no organophosphate pesticides were detected in plant based meal analysed in 2017. These results suggest that plant based oil is the main source for pirimifos-methyl in fish feed. Also, glyphosate and its degradation-product aminomethyl phosphonic acid (AMPA) were detected in 36 of 40 examined feeds, however, at relative low concentrations.

Selected feed samples were analysed for a group of 15 different perfluoroalkylated compounds (PFAS) in 2017. Important subgroups of PFAS are perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA). PFAS are compounds released into the environment from several industrial and consumer applications. This is the first time that this group of organic undesirable substances has been included

in the monitoring program. Results show that none of the feeds contained levels of PFAS above the LOQs. There are few data on the presence of PFAS in food and feed, and it is therefore, recommended to include this group of compounds also in the future analysis of feed and feed ingredients.

Both feeds and fishmeal were analysed for the synthetic antioxidants BHT, BHA and ethoxyquin in 2017. No samples exceeded the maximum limit for the sum of antioxidants. The average concentration of ethoxyquin in fish feed and fishmeal were lower in samples analysed in 2017 compared to levels in samples analysed in 2016. There is an on-going discussion regarding the use of ethoxyquin within both the EU and Norway, since this compound is being re-evaluated in the EU. In 2017, the program also received a fish meal labeled «ethoxyquin-free». It contained low levels of the synthetic antioxidants analysed, and also, relative low levels of vitamin E. Since ethoxyquin may be replaced with other types of antioxidants, it is important to include other types of antioxidants in future surveillance.

Several of the complete feeds were above the maximum content with respect to the feed additives; zinc, molybdenum, selenium and vitamin D<sub>3</sub>. Results suggest that minerals and vitamins that exceed the maximum content (Zn, Mo, Se and vitamin D<sub>3</sub>) are generally included in premixes.

Selected feeds were also analysed for fatty acids in 2017, with the aim to improve the data on nutrients in fish feed, and to follow fatty acid profiles over time. The minimum value for total EPA and DHA in the feed analysed in 2017 was 6,0% of the total fatty acids, which is above the expected requirement for salmon in seawater.

It is recommended to continue the monitoring of fish feed and feed ingredients in the years to come, both with regards to undesirable substances and nutritional composition, and this will be particularly important in view of changes in the feed composition.

## 5 Metoder

Metodene som anvendes i programmet er akkrediterte og/eller validerte. Hver metode er beskrevet under med referanser.

Vitamin D <sub>3</sub> , Metode 036*	Vitamin D <sub>3</sub> analyseres ved at et homogenat av prøven forsåpes, ekstraheres og renses på en preparativ kolonne, prinsipp for separasjon er omvendt fase HPLC, og med UV-deteksjon 254 nm abs. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. <b>Metoden kan finnes som CEN metode NS-EN 12821 (200).</b> CEN (Comité Européen de Normalisation), NS-EN 12821 (2009), Foodstuffs – Determination of vitamin D by high performance liquid chromatography - Measurement of cholecalciferol (D3) or ergocalciferol (D2). <i>Akkreditert metode.</i>
Vitamin E, tokoferol og isomerer Metode 251*	Tokoferoler. Prøvehomogenatet forsåpes, og ekstraheres. De ulike tokoferolformene separeres vha. HPLC, og bestemmes ved fluorescens. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er en CEN-metode: CEN (Comité Européen de Normalisation), prEN 12822 (1999), Foodstuffs – Determination of vitamin E by high performance liquid chromatography - Measurement of tocopherols. Metoden er beskrevet i: Hamre, K., Kolås, K., Sandnes, K., (2009) Protection of fish feed, made directly from marine raw materials, with natural antioxidants. Food Chemistry, 119, 270-278. <i>Akkreditert metode.</i>
Fettsyrer, absolutte mengder, Metode 041*	Fett ekstraheres fra prøvehomogenat, filtreres, dampes inn, forsåpes og metyleres før selve analysen vha. gasskromatografi (GLC), bestemmelse ved flammeionisasjonsdeteksjon, og følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er beskrevet i: Lie, Ø. and Lambertsen, G., 1991. Fatty acid composition of glycerophospholipids in seven tissues of cod ( <i>Gadus morhua</i> ), determined by combined high-performance liquid chromatography and gas chromatography. J. Chromatogr. 1991 Apr 19, 565, 119-129. <i>Akkreditert metode.</i>
Fett etter syrehydrolyse, Metode 083*	Homogenat av prøven pre-ekstraheres med petroleumbensin på soxtec, dampes inn, hydrolyseres i HCl, og syren filtreres av. Tørket prøve ekstraheres, og inndampingsrest veies. Sum av de to inndampingsvektene utgjør % fettinnhold. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Referanser: EU kommisjonenes direktiv 84/4 EØF, De europeiske Fellesskapers Tidende, nr. L 15/28, 18.1.84, metode B. Kommisjonens direktiv 98/64/EF, De europeiske Fellesskapers Tidende, nr. L257/23, 19.9.98, del B Tecator application note AN 301, "Solvent Extraction using the Soxtec System". <i>Akkreditert metode.</i>
Ruminant DNA Metode 408	DNA renses fra prøvehomogenatet vha. Wizard® Magnetic DNA Purification System for Food" kit, som benytter magnetkule-basert teknologi (MagneSil® Paramagnetic Particles) for å binde DNA til seg. Renset DNA amplifiseres vha. DNA polymerase og identifiseres vha. gjenkjenning av gitt primer, her ruminant spesifikk primere (real-time PCR). Pakningsvedlegg for GoTaq Hot Start DNA polymerase fra Promega Pakningsvedlegg for Platinum® Taq DNA Polymerase High Fidelity fra Invitrogen <a href="http://allserv.rug.ac.be/~avierstr/principles/pcr.html">http://allserv.rug.ac.be/~avierstr/principles/pcr.html</a> <a href="http://www.brinkmann.com/PCR_appl_protocolsMC.asp">http://www.brinkmann.com/PCR_appl_protocolsMC.asp</a> <i>Ikke akkreditert metode.</i>
Ethoxyquin, Metode 229	Ethoxyquin og ethoxyquin dimer stabiliseres i prøven ved tilsetning av EDTA eller askorbinsyre, og hydrolyseres ved tilsetning av etanol, NaCl og NaOH. Det uforsåpbare ekstraheres med heksan, dampes inn og løses i acetonitril. Prøven separeres ved revers-fase HPLC og detekteres ved fluorescens. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er beskrevet i: C.J. Schreier and R.J. Greene. Determination of ethoxyquin in feeds by liquid chromatography: Collaborative study. Journal of AOAC International, Vol. 80, No. 4, 1997, 725-731; He and R. Ackman.

	HPLC determination of ethoxyquin and its major oxidation products in fresh and stored fish meals and fish feeds. J. Sci. Food Agric., Vol. 80, 2000, 10-16. <i>Ikke akkreditert metode.</i>
BHT, Metode 250*	BHT (buthylhydroxytoluen) i prøven beskyttes mot oksidasjon ved å tilsette askorbinsyre i ekstraksjonsvæsken acetonitril. Separasjon gjøres på omvendt-fase HPLC, og bestemmes ved fluorescens. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er beskrevet i: C.J. Schreier and R.J. Greene. Determination of ethoxyquin in feeds by liquid chromatography: Collaborative study. Journal of AOAC International, Vol. 80, No. 4, 1997, 725-731; He and R. Ackman. HPLC determination of ethoxyquin and its major oxidation products in fresh and stored fish meals and fish feeds. J. Sci. Food Agric., Vol. 80, 2000, 10-16. <i>Akkreditert metode.</i>
BHA, Metode 294*	BHA (butylhydroxyanisol) ekstraheres fra prøvehomogenatet vha acetonitril tilsatt askorbinsyre, og separeres ved omvendt fase HPLC. Fluorescens brukes til deteksjon. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er beskrevet i: B.D.Page. Liquid chromatographic method for the determination of nine phenolic antioxidants in butter oil: Collaborative study. Journal of AOAC international, Vol.76, No.4, 1993, 765-779 K.J.Hammond. The determination of butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT) and individual gallate esters in fats and oils by HPLC. J. Assoc. Publ Analysts, 1978, 16, 17-24. <i>Akkreditert metode.</i>
Vanninnhold Metode 377*	Prøven homogeniseres, veies, fryses, og vannet trekkes ut ved vakuum ved at is går over direkte til damp. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. <i>Akkreditert metode.</i>
Multielementer Metode 382*	Prøven bestemmes for Na, Mg, K, Ca og P, ved å tilsette syre, og fullstendig dekomponere vha. varme (mikrobølger). Kvantitativt innhold bestemmes vha. ICPMS. <i>Akkreditert metode.</i>
Multielementer Metode 197*	Prøven dekomponeres ved hjelp av konsentrert syre og ultrawave system. Induktivt koplet plasma massespektrometer (ICP-MS) blir benyttet til kvantifisering av følgende metaller og elementer: jern, kobber, sink, selen, mangan, molybden, kobolt, arsen, tinn, kadmium, kvikksølv og bly. Rhodium ble benyttet som intern standard for å korrigere for eventuell drift i instrumentet og gull ble brukt som stabilisator for kvikksølvbestemmelsen. <i>Akkreditert metode*.</i> *Ikke akkreditert for V, Mn, Fe, Co, Mo, Ag, Cr, Ni
Uorganisk As Metode 261*	Prøvehomogenat tilsettes syre, ekstraheres over varmebad. Prøven blir analysert ved bruk av HPLC som kobles til ICPMS, for separasjon og deteksjon av uorganisk arsen. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er CEN Comité Européen de Normalisation) NS-EN 16802:2016: Næringsmidler- Bestemmelse av elementer og deres kjemiske forbindelser- Bestemmelse av uorganisk arsenikk i næringsmidler av marin opprinnelse og planteopprinnelse ved anion-bytte HPLC-ICP-MS etter vannbadekstraksjon. Metoden er beskrevet i: Sloth, J.J., Larsen, E.H., Julshamn, K. (2005). Survey of inorganic arsenic in seafood and marine certified reference materials by anion-exchange HPLC-ICPMS. Journal of Food and Agricultural Chemistry. Sloth, J.J., Julshamn, K., Lundebye, A.-K. (2005). Total arsenic and inorganic arsenic content in Norwegian fish feed products. Aquaculture Nutrition. <i>Akkreditert metode</i>
Metylkvikksølv, Metode 390*	Prøvehomogenat spikes og tilsettes TMAH, dekomponeres, pH justeres og derivatiseres, før det ekstraheres i heksan. Separasjon og deteksjon skjer ved GC-ICP-MS, og kvantifisering vha. isotopfortynning. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er beskrevet i: N. Poperechna and K. G. Heumann, Anal. Bioanal. Chem. 383 (2), 153 (2005). R. Harte, M. Sargent, and C. Harrington (2002), Guidelines for achieving high accuracy in isotope dilution mass spectrometry (IDMS), edited by Editor. (Royal Society of Chemistry, Cambridge). <i>Akkreditert metode*</i> *Metoden for metyilkvikksølv er akkreditert i sjømat- og sjømatprodukter inkludert fiskemel, men ikke fullfôr.
Dioksiner, PCB, furaner og PBDE, Metode 292*	Prøvehomogenat tilsettes internstandard og ekstraheres med heksan vha Accelerated Solvent Extraction ASE. Fettet brytes ned v syre i kiselgel. Ekstraktet renses på silica, alumina og karbon kolonner (Power Prep). Dioxin og furan (tetra-octa klorerte dibenso-para-dioxiner (PCDD), tetra-

	<p>octaklorerte dibenso-para-furaner (PCDF), Non-orto PCB (77, 81, 126, 169) bestemmes ved «isotope dilution» på høyoppløsende GC/MS. Polybromerte difenyl etere (PBDE) (28, 47, 99, 100, 153, 154, 183) på GC/MS. Mono-orto PCB (118, 114, 105, 156, 157, 167, 189) og PCB 6 (28, 52, 101, 138, 153, 180) på GC-MSMS. PBDE 66, 119 og 138 bestemmes på GC/MS, og mono-orto PCB-123 bestemmes på GC-MSMS. Resultatene kvantifiseres vha. intern standard. PBDE vha. kalibreringskurve. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument. Metoden er videreutviklet og tilpasset ved NIFES basert på:</p> <p>United States Environmental Protection Agency metode 1613: "Tetra- through Octa Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS", EPA no 821-B-94-005, October 1994.</p> <p>Metode 1668 rev. A: "Chlorinated Biphenyl Congeners in Water, Soil, Sediment and Tissue by HRGC/HRMS." EPA no. 821-R-00-002 December 1999. Akkreditert metode.</p> <p>SANCO/1562/01-rev 1 "Methods of analysis in feed and food". Working document-. Erstattet av Com.reg 252/2012 (food) og Com.reg 278/2012 (feed)</p> <p>Bjorklund, E / Muller, A / von Holst, C. (2001). Comparison of fat retainers in accelerated solvent extraction for the selective extraction of PCBs from fat-containing samples. Analytical Chemistry, Vol. 73, Nr. 16, 15., 4050-4053</p> <p>Muller, A / Bjorklund, E / von Holst, C (2001). On-line clean-up of pressurized liquid extracts for the determination of polychlorinated biphenyls in feedingstuffs and food matrices using gas chromatography-mass spectrometry, Journal of Chromatography A Vol. 925, Nr. 1-2, 197-205.</p> <p>SANCO/3116/99-rev1 European Commission, Simplified method for the determination of polychlorinated biphenyls (PCBs) in food and feedingstuffs samples by GC/MS – Working document Dionex; Application Note ASE 322; Selective Extraction of PCBs From Fish Tissue Using Accelerated Solvent Extraction (ASE). Dionex Corporation: Sunnyvale, CA, 1996.</p> <p><i>Akkreditert metode.</i></p>
Enterobacteriaceae Metode 383*	<p>Prøven homogeniseres og fra ulike fortynninger overføres en kjent mengde til et avmerket område på en 3M™ petrifilm™, som er belagt med et selektivt næringsmedium (modifisert fioletrød-gallesalt-glukoseagar) med tetrazolium som indikator for vekst. Etter inkubering ved 37 °C i 24 timer, leses resultatene og oppgis som antall bakterier i familien Enterobacteriaceae/g. Metoden er i samsvar med 3M™ Petrifilm™ Enterobacteriaceae Count Plate, AFNOR 3M-01/6-09/97.</p> <p><i>Akkreditert metode.</i></p>
Salmonella (rapid), Metode 422*	<p>Metoden er basert på Bio-Rad Rapid` <i>Salmonella</i> kort protokoll, som inkluderer selektiv oppformering i buljong, etterfulgt av utplating på et selektivt kromogent agarmedium. Metodikken er i samsvar med metodestandarden AFNOR BRD 07/11-12/05. Dersom det påvises <i>Salmonella</i> bakterier, blir isolatet sendt til det nasjonale referanselaboratoriet for nærmere karakterisering, inkludert serovariantbestemmelse.</p> <p><i>Akkreditert metode.</i></p>
Klorerte pesticider (30) *	<p>Prøven bestemmes for innhold av Aldrin; Chlordane, cis-; Chlordane, oxy-; Chlordane, trans-; Dieldrin; Endrin; gamma-HCH (Lindane); HCH, alpha-; HCH, beta-; HCH, delta-; Heptachlor; Heptachlor epoxide, cis-; Heptachlor epoxide, trans-; Hexachlorobenzene (HCB); Mirex; Nonachlor, trans-; o,p'-DDD; o,p'-DDE; o,p'-DDT; Octachlorstyrene; p,p'-DDD; p,p'-DDE; p,p'-DDT; Pentachlorobenzene; Toxaphene Parlar 26; Toxaphene Parlar 50; Toxaphene Parlar 62, endosulfan (-alpha,-beta,-sulfat), toxaphene -26, -50, -60. Alle klorerte pesticider (30) ble analysert hos Eurofins. Akkrediteringsnummer D-PL-14629-01-00). For mer informasjon kontakt Eurofins GfA Lab Service GmbH (Hamburg).</p> <p><i>Akkreditert metode.</i></p>
PAH (16) Polyaromatiske hydrokarboner*	<p>Metoden bestemmer de 16 EFSA PAH'ene (EU 208/2005). Prøven ble ekstrahert med organiske løsemidler vha. ASE (accelerated solvent ekstraktro). Fatted ble fjernet, og ekstraktene videre rensert på SPE kolonner. Til slutt ble de ulike PAH-forbindelsene bestemt med GC-MS analyse. Metoden følger NMKL-prosedyre nr. 3, 4, 5 og 9, og NIFES valideringsdokument.</p> <p>Metoden er beskrevet i: V. Varlet, T. Serot, F. Monteau, B. Le Bizec, C. Prost. (2007). Determination of PAH profiles by GC-MS/MS in salmon muscle meat processerd with four cold smoking techniques. Food Addit. Contam., 24(7).744-757</p> <p><i>Akkreditert metode.</i></p>
HBCD og TBBPA*	<p>Metoden bestemmer alfa, beta og gamma hexabromocyclododecane (HBCD), samt sum HBCD med LC-MS-MS. Tetrabromobisphenol-A (TBBPA) blir bestemt med LRMS. Metodene er akkreditert (akkrediteringsnummer D-PL-14629-01-00). Flytende LOQ. For mer informasjon kontakt Eurofins GfA lab Service GmbH (Hamburg).</p> <p><i>Akkreditert metode.</i></p>
Glyfosat og Ampa *	<p>Metoden bestemmer glyfosat og dens nedbrytningsprodukt aminomethylphosphonic acid (AMPA). Analyttene blir syreekstrahert, nøytralisert og derivatisert med FMOC og deretter analysert på LC-</p>



	MS/MS. Akkrediteringsnummer D-PL-19579-02-00. Fast LOQ 0,01 mg/kg. For mer informasjon kontakt Eurofins Sofia GnbH (Berlin). <i>Akkreditert metode</i>
Organofosfat pesticidforbindelser*	Pesticidene blir bestemt med GC-FPD. Akkrediteringsnummer D-PL-14198-01-00. LOQ chlorpyrifos-metyl og pirimifos-metyl: 0,01 mg/kg i fullfôr og 0,02 mg/kg i oljer. For mer informasjon kontakt Eurofins Dr. Specht Laboratorien GmbH (Hamburg). <i>Akkreditert metode.</i>
Aflatoksiner*	Aflatoksin B1, B2, G1 og G2 blir bestemt med denne metoden med en fast LOQ på 0,1 µg/kg. Blir analysert med HPLC og fluorescens deteksjon. Akkrediteringsnummer D-PL-14602-01-00. For mer informasjon kontakt eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg). <i>Akkreditert metode.</i>
Ochratoxin A*	Ochratoxin A blir bestemt med denne metoden med en fast LOQ på 0,2 µg/kg. Blir analysert med HPLC og fluorescens deteksjon. Metoden er akkreditert (akkrediteringsnummer D-PL-14602-01-00). For mer informasjon kontakt eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg).
Fusarium toksiner*	Deoxynivalenol, zearalenon, T-2 toksin, HT-2 toksin og sum T-2 toksin og HT-2 toksin blir bestemt med denne metoden med en fast LOQ på 10-20 µg/kg. Blir analysert med LC-MS/MS. Metoden er akkreditert (akkrediteringsnummer D-PL-14602-01-00). For mer informasjon kontakt eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg).
Fumonisin*	Fumonisin B1, B2 og sum B1 og B2 blir bestemt med denne metoden med en fast LOQ på 20 µg/kg. Blir analysert med LC-MS/MS. Metoden er akkreditert (akkrediteringsnummer D-PL-14602-01-00). For mer informasjon kontakt eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg).
Beauvericin, Enniatin (A, A1, B, B1) *	Beauvericin, Enniatin (A, A1, B, B1) blir bestemt med denne metoden med en fast LOQ på 10 µg/kg. Blir analysert med LC-MS/MS. Ekstraksjon med ACN/H <sub>2</sub> O, SPE Clean-up. Metoden er akkreditert (akkrediteringsnummer D-PL-14602-01-00). For mer informasjon kontakt eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg).
PFAS	Metoden er validert for bestemmelse av PFAS i fiskefôr (PFBA, PFBS, PFDA, PFD <sub>o</sub> DA, PFDS, PFHpA, PFHxA, PFHxS, PFNA, PFOA, PFOS, PFOSA, PFTeDA, PFTrDA, PFUdA) og metoden er akkreditert for følgende analytter: PFOS, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUdA, PFD <sub>o</sub> DA og PFTrDA. Prøvehomogenatet ekstraheres med metanol i ultralydbad. Etter sentrifugering dekanteres supernatanten over i en sprøyte og filtreres gjennom 0,45 µm nylonfilter før vann tilsettes etterfulgt av opprensing på ASPEC. Ekstraktet fra ASPEC renses videre opp ved filtrering gjennom 3K ultrafilter. Prøvene analyseres til slutt på LCMS/MS og kvantifiseres ved hjelp av internstandard Metoden er beskrevet i: N. Yamashita, K. Kannan, S. Taniyasu et al.(2004) Environ. Sci. Technol. 38(21): 5522. <i>Akkreditert metode.</i>
Selen spesiering	Prøvehomogenat tilsettes svak basisk løsning og ekstraheres i rotator over natt. Prøven blir analysert ved bruk av HPLC som kobles til ICPMS, for separasjon og deteksjon av uorganisk selenforbindelsene selenitt og selenat. Metoden er beskrevet i: Sele, V., Ørnsrud, R., Sloth, J.J., Berntssen, M.H. & Amlund, H. (2018). Selenium and selenium species in feeds and muscle tissue of Atlantic salmon. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 47:124-133. <i>Metoden er ikke akkreditert</i>

Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**Institute of Marine Research**

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes  
NO-5817 Bergen  
Tlf.: +47 55 23 85 00  
E-post: [post@hi.no](mailto:post@hi.no)

**[www.hi.no](http://www.hi.no)**

