



# PROGRAM FOR OVERVÅKING AV FISKEFÔR

Årsrapport for prøver innsamlet i 2023

Anne-Katrine Lundebye, Kai Kristoffer Lie, Julia Storesund og Veronika Sele (HI)



**Tittel (norsk og engelsk):**

Program for overvåking av fiskefôr  
Monitoring program for fish feed

**Undertittel (norsk og engelsk):**

Årsrapport for prøver innsamlet i 2023  
Annual report for samples collected in 2023

**Rapportserie:**

Rapport fra havforskningen  
ISSN:1893-4536

**År - Nr.:**

2024-28

**Dato:**

13.05.2024

**Forfatter(e):**

Anne-Katrine Lundebye, Kai Kristoffer Lie, Julia Storesund og Veronika Sele (HI)

Forskningsgrupeleder(e): Marc Berntssen (Marin toksikologi)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre Programleder(e):  
Robin Ørnsrud

**Distribusjon:**

Åpen

**Prosjektnr:**

15937

**Oppdragsgiver(e):**

Mattilsynet

**Oppdragsgivers referanse:**

43389

**Program:**

Fremtidens havbruk  
Trygg og sunn sjømat

**Forskningsgruppe(r):**

Marin toksikologi

**Antall sider:**

42

## Sammendrag (norsk):

Overvåknings- og kartleggingsprogrammet for fiskefôr utføres på vegne av Mattilsynet. I 2023 fikk HI tilsendt 76 fiskefôr, 8 fiskemel, 9 fiskeoljer, 16 vegetabiliske mel, 7 vegetabiliske oljer og 2 insektmel, fra kommersielle produksjonsfasiliteter i Norge. Årets undersøkelser var fokusert på fremmedstoffer i fiskefôr. Det ble analysert for flere uønskede stoffer, mykotoksiner, mikrobiologisk kvalitet, prosesserte animalske proteiner (PAP) og tilsetningsstoffer. I tillegg ble noen uønskede stoffer, mineraler og fettyrer undersøkt i startfôr, smoltfôr og i vekstfôr til salmonider.

Resultatene fra årets analyser av uønskede stoffer viser ingen overskridelser av øvre grenseverdier satt i regelverket for uønskede organiske eller uorganiske stoffer. Fôr og fôrmidler ble analysert for en rekke uønskede stoffer som ikke har øvre grenseverdier som per- og polyfluoreerte alkyl stoffer (PFAS), bromerte flammehemmere og pesticider for å etablere forekomst data.

Analyser av mikrobiologisk kvalitet viser ingen overskridelser av grenseverdi for bakterier i familien Enterobacteriaceae, eller funn av *Listeria monocytogenes*. Det ble ikke påvist ruminant DNA, blod eller beinrester (PAP) fra virveldyr.

Resultatene for 2023 viste at de fleste prøver av fiskefôr, vegetabilisk mel og insektmel hadde nivå av PFAS under kvantifiseringsgrensen (LOQ). I fiskemel ble flere PFAS forbindelser funnet med konsentrasjonsnivåer over LOQ (38-88%) med høyest konsentrasjon av forbindelsen PFOS (perfluoroktylsulfonat). I fiskeolje ble det funnet målbare konsentrasjoner av flere PFAS forbindelser, der PFOSA (perfluorooktansulfonamid) ble målt over LOQ i flest prøver. I fiskeolje ble det også funnet høyest konsentrasjon av PFOS. Det er ikke etablert grenseverdier for PFAS i fôr eller fôrmidler.

For de screenede pesticider ble stoffene pirimifos-metyl, cypermetrin, deltametrin, piperonyl butoksid, glyfosat og AMPA detektert i fullfôr og i vegetabiliske fôrmidler. I de vegetabiliske oljene ble også boscalid og malation funnet med konsentrasjoner over LOQ i noen av de undersøkte prøvene. I to vegetabiliske oljer ble klorpyrifos-metyl registrert med konsentrasjoner over LOQ.

Fleire av fôrene inneholdt mineralene selen, sink og molybden i konsentrasjoner over grensen for det høyeste tillatte innhold, gitt i regelverket for tilsetningsstoffer for fôr. Det er ikke kjent om mineralene er tilsatt eller kommer naturlig fra fôrmidler. For fettsyrene viste resultatene at ratioen mellom EPA og DHA i fôrene var noe mer variabelt enn tidligere år.

For analyser av startfôr, smoltfôr og vekstfôr til salmonider viste resultatene at metallene arsen, kadmium og kvikksølv og de organiske miljøgiftene dioksiner, sum dioksiner og dl-PCB og PCB6 var høyere i startfôr og smoltfôr sammenlignet med vekstfôrene undersøkt. En mulig forklaring kan være at start- og smoltfôr inneholder mer marine råvarer enn i vekstfôr. Det er kjent at marine ingredienser som fiskemel og fiskeolje har høyere nivåer av arsen, kvikksølv, dioksiner og PCB enn plantebaserte ingredienser.

## Sammendrag (engelsk):

This annual monitoring program is performed on behalf of the Norwegian Food Safety Authority. In 2023, samples of 76 fish feeds, 8 fishmeals, 9 fish oils, 16 plant meals, 7 plant oils and 2 insect meals were analyzed for undesirable substances, feed additives and nutrients. The results from 2023 show compliant values for those organic and inorganic contaminants which are regulated according to EC 2002/32. Samples were analysed for a range of undesirable substances, including per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs), brominated flame retardants and pesticides, to document the occurrence in samples of fish feed and feed materials where maximum levels are not established.

Microbial analyses showed no exceedance of the maximum limits for Enterobacteriaceae, or any presence of *Listeria monocytogenes* in the samples analysed. Processed animal proteins of ruminant origin were not detected in any of the samples.

The results showed that most samples of the feed, plant meal and insect meal had levels of PFCs below the level of quantification (LOQ). Several fishmeal samples (between 38-88%) had levels of PFAS above the LOQ, with the highest concentration found for perfluorooctane sulfonic acid (PFOS). Several samples of fish oil also contained levels of PFASs above the LOQ, with the most frequently occurring compound being perfluorooctansulfonamide (PFOSA), and the highest concentration found of PFOS. There are no maximum limits for PFAS in feed or feed materials.

Of the screened pesticides, pirimifos-metyl, cypermetrin, deltametrin, piperonyl butoxide, glyphosate and its metabolite aminomethylphosphonic acid (AMPA) were detected above the LOQ in feed and plant meals. In some plant oils, also boscalid and malathion were above the LOQ. Two plant oils contained levels of chlorpyrifos-methyl above the LOQ.

Several of the feeds had concentrations of the trace elements selenium, zinc, molybdenum and iron above the upper

limit given in the legislation for feed additives. It is not known whether the feeds have been supplemented with these minerals or they originate from the feed materials. The ratio between the fatty acids EPA and DHA were more variable in the feeds than found previously in this monitoring programme.

Fish feed for different life stages of salmonid fish including starter feeds, smolt feeds and grower feeds were analysed for a range of undesirable substances, minerals, and fatty acids. Levels of arsenic, mercury, cadmium, dioxins, and sum dioxins and dl-PCBs, and PCB6 were higher in starter- and smolt feed than in grower feeds analysed. A possible explanation is that starter- and smolt feeds contain more marine ingredients. It has been shown that fishmeal and fish oil have higher levels of arsenic, mercury, dioxins and PCB than plant-based ingredients.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b>	6
<b>2</b>	<b>Resultater og diskusjon</b>	7
2.1	Prosesserte animalske proteiner	7
2.2	Mikrobiologisk kvalitet og toksiner	7
2.2.1	<i>Mikrobiologiske analyser</i>	7
2.2.2	<i>Mykotoksiner</i>	7
2.3	Uønskede stoffer	8
2.3.1	<i>Metaller</i>	8
2.3.2	<i>PCB og dioksiner</i>	8
2.3.3	<i>Klorerte pesticider</i>	8
2.3.4	<i>Pesticider og ugressmidler</i>	9
2.3.5	<i>Bromerte flammehemmere</i>	9
2.3.6	<i>Perfluorerte forbindelser (PFAS)</i>	9
2.3.7	<i>Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)</i>	10
2.4	Tilsetningsstoffer	10
2.4.1	<i>Syntetiske antioksidanter</i>	10
2.4.2	<i>Mineraler og sporelementer</i>	10
2.4.3	<i>Fettsyresammensetning</i>	11
2.5	Kontaminanter i fôr til ulike livsstadier	11
<b>3</b>	<b>Tabeller</b>	12
	Tabell 1. Mykotoksiner	13
	Tabell 2. Mykotoksiner - Beauvericin og enniatin	15
	Tabell 3. Mykotoksiner - Alternaria toksiner	16
	Tabell 4. Metaller	17
	Tabell 5. PCB	19
	Tabell 6. Dioksiner og dioksin-lignende-PCB	20
	Tabell 7. Klorerte pesticider	21
	Tabell 8. DDT	22
	Tabell 9. Sprøytemidler og ugressmidler	23
	Tabell 10. PBDE	23
	Tabell 11. HBCD og TBBP-A	27
	Tabell 12. PFAS	28
	Tabell 13. PAH	28
	Tabell 14. Syntetiske antioksidanter	32
	Tabell 15. Mineraler og sporelementer	33
	Tabell 16. Mineraler i fôr til ulike livsstadier	34
	Tabell 17. Fettsyrer	35
	Tabell 18. Metaller i fôr til ulike livsstadier	36
	Tabell 19. Organiske kontaminanter i fôr til ulike livsstadier	37
	Figur 1. Kontaminanter i fôr til ulike livsstadier	38
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	39
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	40

# 1 - Bakgrunn

Overvåknings- og kartleggingsprogrammet for fiskefôr utføres på vegne av Mattilsynet som en del av Norges oppfølging av nasjonalt og Europeisk regelverk på dyrefôr. Programmet gjennomføres for å få et situasjonsbilde av fôrområdet med hensyn på potensielle risikofaktorer for folkehelse, dyrehelse og miljø. Programmet har blitt gjennomført årlig siden 1996.

I 2023, fikk HI tilsendt 76 fiskefôr, 8 fiskemel, 9 fiskeoljer, 16 vegetabiliske mel, 7 vegetabiliske oljer og 2 insektmel i dette programmet. Av fullfôrene var 14 startfôr, 14 smoltfôr og 48 vekstfôr tiltenkt salmonider, hovedsakelig laks. Prøvene ble analysert for en rekke uønskede stoffer, syntetiske antioksidanter og fettsyrer.

Dataene som framkommer i dette programmet rapporteres fortløpende med elektronisk analysebevis til Mattilsynet. Ved funn av verdier som overstiger grenseverdiene blir Mattilsynet varslet gjennom et eget varslingsystem. I tillegg rapporteres data på fremmedstoffer i fôr og fôrmidler fra dette programmet årlig til det Europeiske mattrykksorganet European Food Safety Authority (EFSA).

Prøvene blir tatt ut fra registrerte virksomheter som produserer fôrblandinger til fisk i Norge. Virksomhetene har ulik geografisk fordeling, og prøvene blir tatt på ulike tidspunkt av året. Mattilsynet er ansvarlige for uttak av prøvene, og det er Mattilsynets hovedkontor som utarbeider en årlig prøvetakningsplan. Målet er å få et representativt utvalg av fiskefôr (fullfôr) og fôringredienser (fôrmidler) benyttet i norsk fiskefôrproduksjon. I 2023 ble det tatt prøver fra Cargill/Ewos, Skretting AS, Biomar AS, Polarfeed og Mowi ASA. Dataene rapportertes anonymisert med tanke på fôrprodusent.

Prøvene blir tatt av Mattilsynets inspektører og sendt til Havforskningsinstituttet (HI). Ved mottak hos HI blir prøvene registrert og anonymisert før analyse. Laboratoriene ved HI er akkreditert av [Norsk akkreditering](#) etter standarden ISO-EN 17025 for en rekke kjemiske og mikrobiologiske metoder. HI er nasjonalt referanselaboratorium ([NRL](#)) for flere av områdene. Det blir benyttet underleverandør for noen av analysene, der laboratoriet som benyttes er også akkreditert etter ISO-EN 17025.

Noen av resultatene i denne rapporten er gitt som «<LOQ», som vil si at konsentrasjonene er under kvantifiseringsgrensen for metoden (LOQ; «limit of Quantification»). LOQ er den konsentrasjonene av et stoff man kan kvantifisere med en gitt måleusikkerhet, og avhenger blant annet av prøvetype. For å kunne ta med disse prøvene i beregningene av gjennomsnitt eller summer blir konsentrasjoner som «<LOQ» satt lik LOQ-nivået. Dette prinsippet kalles «upper-bound LOQ» og er standard prosedyre ved beregning av sum dioksiner [1, 2]. Den reelle konsentrasjonen, som ikke er kvantifiserbar, vil være mellom 0 og LOQ.

I denne rapporten brukes «upper-bound» prinsippet for utregning av gjennomsnitt for alle uønskede stoffer, med unntak av noen stoffgrupper (bl.a. mykotoksiner og PFAS) der dette er presisert i regelverket at det skal benyttes «lower-bound LOQ». Lower-bound LOQ vil si at konsentrasjoner under LOQ settes til 0. Det er i denne rapporten valgt å gjennomsnittverdier for analytter når 20% av prøvene har konsentrasjoner over LOQ.

## 2 - Resultater og diskusjon

### 2.1 - Prosesserte animalske proteiner

Forbudte prosesserte animalske proteiner (PAP), dvs mel av kjøtt, bein og innmat, blodmel og blodprodukter fra drøvtyggere ble undersøkt i 8 fiskemel i 2023. Det ble ikke påvist DNA av ruminant DNA, blod eller bein rester fra virveldyr. Det ble påvist gjellelev, otolitt og skjellrester fra fisk.

### 2.2 - Mikrobiologisk kvalitet og toksiner

#### 2.2.1 - Mikrobiologiske analyser

Bakteriene Enterobacteriaceae og *Listeria monocytogenes* ble undersøkt i henholdsvis 10 fiskemel og 20 fiskefôr. Det var ingen utslag over påvisningsgrensene (LOQ, <10 CFU/g) for Enterobacteriaceae i fiskemel.

Det har de siste årene vært flere tilfeller av listeriose, infeksjon med bakterien *Listeria monocytogenes*, både i Norge og andre steder i Europa som har blitt sporet tilbake til lakseprodukter. *Listeria monocytogenes* er en gram positiv bakterie som fins naturlig i miljøet. Den kan føre til alvorlige infeksjoner, spesielt hos mennesker med nedsatt immunforsvar. Bakterien kan danne biofilmer i produksjonslokalene og kan så smitte over på matvarer. *Listeria monocytogenes* tåler ikke varmebehandling, og er derfor hovedsakelig et problem i matvarer som ikke skal varmebehandles før konsum, som røkte, gravede og rakede laks- og ørretprodukter. *Listeria* kan følge med fisken inn i slakteriene ved å feste seg på gjeller eller fiskens overflate, men det har også blitt spekulert i om bakteriene kan være til stede i fiskefôr, og bli overført til slakteriene via mage/tarmsystemet hos fisken. Det ble i 2023 valgt å analysere fiskefôr for *Listeria monocytogenes* for å undersøke omfanget av forekomsten av bakterien i fôr. Det ble ikke påvist *Listeria monocytogenes* i noen av de 20 prøvene undersøkt i 2023.

#### 2.2.2 - Mykotoksiner

Mykotoksiner ble undersøkt i 47 fiskefôr, 16 vegetabiliske fôrmidler og 7 vegetabiliske oljer. Totalt 19 forskjellige mykotoksiner ble analysert i fôr og formidler (Tabell 1 og 2), mens i vegetabiliske oljer ble kun de fem mest lipofile mykotoksinene analysert (Tabell 2). Resultater for mykotoksiner viste ingen overskridelser av grenseverdier eller referanseverdier i prøvene fra 2023. Enniatin B ble funnet i nivåer over kvantifiseringsgrensen (LOQ) i en del fiskefôr (28%) men i færre enn i 2022 (60% av prøvene), og med relativt lave konsentrasjoner (Tabell 2). I motsetning til i 2022, hadde ingen av de vegetabiliske fôrmidlene høye nivåer av beauvericin. Den høyeste konsentrasjon var 14 µg/kg i vegetabiliske fôrmiddel, mens det var 530 µg/kg i en av prøvene analysert i 2022. Høye nivåer har også blitt observert tidligere i enkelte prøver av hvete gluten [3]. Mens alle prøver av vegetabiliske oljer inneholdt Enniatin B i prøver analysert i 2022, var det kun målbare (over LOQ) nivåer i 43 % av de vegetabiliske oljene undersøkt i 2023.

Det er ikke etablert grenseverdi eller referanseverdi for enniatiner i fôr eller fôrmidler, men studier på laks viser at høye nivåer av enniatin B i laksefôr kan utgjøre en risiko for redusert vekst [4]. Trenden i fiskefôr har tidligere vist at enniatin B er mest forekommende etterfulgt av deoxynivalenol (DON) zearalenone (ZEN) og fumonisin (FUM) [3]. Enniatin B og Ocratoxin A ble målt med konsentrasjoner over LOQ i henholdsvis 28 og 26% av fôr prøvene undersøkt i 2023, mens ingen av fôrene inneholdt ZEN og FUM over LOQ. Forekomst av beauvericin i fôr var høyere i prøver undersøkt i 2023 (i 13% av prøvene) enn i tidligere år [5].

Av de fem Alternaria toksiner som ble analysert i vegetabiliske fôrmidler og vegetabiliske oljer var det tenuazonic syre som hadde høyest forekomst og nivåer (Tabell 3). Fire av de fem toksinene ble funnet i konsentrasjoner over LOQ i vegetabiliske mel, mens nivåene av alternariol og tentoksin var under kvantifiseringsgrensen i

vegetabiliske oljene undersøkt. Noen av disse toksinene kan ødelegge avlinger, men kan også være genotoksisk hos rotter. EFSA har belyst kunnskapshull om forekomst data for alternaria toksiner i fôr samt og data om toksisitet for oppdrettsarter [6].

## 2.3 - Uønskede stoffer

### 2.3.1 - Metaller

Uorganiske metaller, inkludert arsen (As), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), bly (Pb) og nikkel (Ni) ble målt i 76 fullfôr, 8 fiskemel og 2 insektmel i 2023 (Tabell 4). I fullfôr varierte nivåene av As fra 0,7 til 5,0 mg/kg, Hg fra <0,006 til 0,1 mg/kg, Cd fra 0,04 til 0,26 mg/kg, Pb fra <0,02 til 0,34 mg/kg og Ni fra 0,2 til 3,8 mg/kg. Uorganisk arsen og metylkvikksølv ble undersøkt i et utvalg fôrprøver (Tabell 4). Arsen spesieringsanalyser viser at uorganisk As utgjør opp til 4% av total mengde As, mens den organiske formen arsenobetaine utgjør opp til 63% av total As. Metylkvikksølv utgjør over 72% av Hg i alle fôr. I 2023 var det høyest Cd nivå i fiskemel 0,14 mg/kg mens i 2022 var det to prøver av fiskemel som hadde høyere konsentrasjoner av Cd (2,0 og 2,2 mg/kg). Grenseverdien for Cd er 2 mg/kg for fiskemel gitt i regelverk [EC 2002/32](#). Insektmel hadde nivåer av metaller sammenlignbar med tidligere år, bortsett fra bly som var mye lavere (snitt 0,05 mg/kg) enn tidligere (0,3 mg/kg i 2022) [5].

### 2.3.2 - PCB og dioksiner

Uønskede organiske stoffer, inkludert dioksiner (sum PCDD/PCDF), dioksinlignende (dl)-PCB, samt seks ikke-dioksinlignende PCB (sum PCB6) ble undersøkt i 76 fullfôr, 8 fiskemel og 9 fiskeoljer i 2023 (Tabell 5 og Tabell 6).

I fullfôr varierte nivåene av sum PCB6 mellom 0,6 og 11,2 µg/kg (Tabell 5). Dette var sammenlignbart med resultatene for fôrene innsamlet i 2021 [5], mens det høyeste nivået i 2022 var betydelig lavere (5,5 µg/kg). Gjennomsnitt konsentrasjon på 3,5 µg/kg var tilsvarende snittet i tidligere år [5]. Alle prøver var under øvre grenseverdi for Sum PCB6 i fullfôr som er 40 µg/kg, gitt i [EU directive 2002/32/EC](#). Gjennomsnittsnivåene av Sum PCB6 i fiskemel og i fiskeolje var 3,0 og 21,5 µg/kg, til sammenligning var det lavere gjennomsnitt i 2022 for fiskeolje (13,5 µg/kg). Resultatene var betydelig lavere enn øvre grenseverdien på 30 µg/kg i fiskemel og 175 µg/kg i fiskeoljer (Tabell 5). Det pågår en diskusjon i EU om å redusere øvre grenseverdier for dioksin og sum dioksin og dl-PCB i både fôr og mat. Bakgrunnen for dette er at EFSA innførte en reduksjon av tolerabelt ukentlig inntak for disse stoffene i 2018 [7].

I fullfôr varierte nivåene av dioksiner fra 0,1 til 0,5 ng TEQ/kg, og nivåene av sum dioksin og dl-PCB fra 0,1 til 1,2 ng TEQ/kg, som er under øvre grenseverdiene på henholdsvis 1,75 ng TEQ/kg og 5,5 ng TEQ/kg (Tabell 6). Nivåene av dl-PCB i fôr hadde større spredning enn i 2022, og den høyeste konsentrasjonen var 1,2 ng TEQ/kg mens den var 0,7 ng TEQ/kg i 2022. For fiskemel og fiskeolje var også nivåene under øvre grenseverdier for dioksiner og sum dioksiner og dl-PCB. Nivåene av dl-PCB, og dermed var også sum dioksiner og dl-PCB noe høyere i fiskeolje enn i 2022 [5].

### 2.3.3 - Klorerte pesticider

Klorerte pesticider inkludert dieldrin/aldrin, toksafen, klordan, endosulfan, HCB, HCH og DDT ble undersøkt i 37 fullfôr, 8 fiskemel og 9 fiskeoljer i 2023 (Tabell 7 og 8). Klorerte pesticider er fettløselige, persistente miljøgifter som per i dag ikke lenger blir brukt i de fleste land, men kan akkumulere i det marine miljø. Fiskefôr inneholdt et snitt for sum dieldrin/aldrin, sum endosulfan, sum toksafen, sum klordan, sum heptaklor, sum HCH, HCB og sum DDT på henholdsvis 1,6 µg/kg, 1,5 µg/kg, 4,0 µg/kg, 1,5 µg/kg, 0,6 µg/kg, <0,3 µg/kg, 1,4 µg/kg (Tabell 7)



og 5,5 µg/kg (Tabell 8). Nivåene for de fleste persistente organiske miljøgiftene var tilnærmet lik nivåer sett i fullfôr undersøkt tidligere år i dette programmet [5]. Nivåene av alpha-, beta- og delta-HCH var under kvantifiseringsgrensene i alle fôrene, mens i 2022 var nivåene av sum HCH mellom 1,9 og 9,1 µg/kg [5]. Alle analyseresultatene var under de øvre grenseverdiene for klorerte pesticider i fullfôr.

### 2.3.4 - Pesticider og ugressmidler

Ikke-klorerte pesticider, som per i dag blir brukt på planteprodukter, ble undersøkt i 50 fullfôr, 16 vegetabiliske mel, 7 vegetabiliske oljer og 2 insektmel i 2023. For de screenede pesticider ble pirimifos-metyl, cypermetrin, deltametrin, glyfosat og dens nedbrytningsprodukt aminometylfosfonsyre (AMPA) detektert med konsentrasjoner over LOQ i fullfôrene og i vegetabiliske fôrmidler (Tabell 9).

I de vegetabiliske oljene undersøkt i 2023 ble pirimifos-metyl, boscalid, malation, cypermetrin og piperonyl butoksid funnet med konsentrasjonsnivå over LOQ (Tabell 9). Det finnes per i dag ikke spesifikke MRL (maximum residue level) for pesticider i prosesserte fôrmidler eller fullfôr, men det er etablert [MRL for pesticider i råvarer og noen matprodukter](#), men ikke for sjømat. Det er etablert MRL for pirimifos-metyl (0,5 mg/kg), boscalid (1,0 mg/kg), malation (0,02 mg/kg) og cypermetrin (0,2 mg/kg) i oljefrø av raps. En av de vegetabiliske oljene hadde konsentrasjon av malathion på 0,03 mg/kg. Piperonyl butoksid ble funnet i 66% av fôrene, 13% av vegetabiliske fôrmidler og 57% av de vegetabilisk oljene analysert. Dette stoffet tilsettes i noen pesticider for å øke effekten. Det er ikke satt MRL for piperonyl butoksid.

Fornyelsen av autorisasjonen for klorpyrifos og klorpyrifos-metyl ble ikke godkjent [i EU i 2020](#), og det er krav om at analysemetoder skal ha en deteksjonsgrense (LOD) på [0,01 mg/kg](#) for dette pesticidet. Klorpyrifos-metyl ble detektert i to vegetabiliske oljer i 2023, med konsentrasjoner på 0,007 mg/kg og 0,041 mg/kg.

Ugressmiddelet glyfosat ble påvist i 88% av alle fôrene undersøkt, med konsentrasjoner fra 0,01 til 0,17 mg/kg. Til sammenligning, ble glyfosat påvist i alle fôrene undersøkt i 2022, og den høyeste konsentrasjonen var 0,25 mg/kg. Flere av de vegetabiliske fôrmidlene undersøkt i 2023 hadde også nivå av glyfosat og AMPA over LOQ (Tabell 9). Helseeffektene av glyfosat på laks er ikke fullt kjent, men noen studier tyder på at det kan ha negative påvirkninger på nyre- og leverfunksjonen til fisken etter vanneksposering [8, 9].

### 2.3.5 - Bromerte flammehemmere

Bromerte flammehemmere (PBDE) ble undersøkt i 76 fullfôr, 8 fiskemel, og 9 fiskeoljer i 2023 (Tabell 10). Det er åtte PBDEer som EFSA påpeker som særlig interessante med tanke på mattrygghet [9]. Disse er BDE-28, -47, -99, -100, -153, -154, -183 og -209. I tidligere overvåking har de syv første av disse blitt slått sammen til sum PBDE7, mens BDE 209 først ble inkludert i fôrovervåkingen i 2021. For å kunne sammenligne mellom årene blir PBDE 7 presentert i denne rapporten. Snitt for sum PBDE 7 var 0,3 µg/kg i fullfôr, 0,31 µg/kg i fiskemel og 1,29 µg/kg i fiskeolje (Tabell 10), og dette er i samme konsentrasjonsområde som i prøver undersøkt både i 2021 og 2022 [5]. Det er ikke etablert øvre grenseverdier for PBDE i fôr og fôrmidler.

De bromerte flammehemmere HBCD og TBBP-A ble analysert i fiskemelene og fiskeoljene. HBCD ble funnet over LOQ i de fleste prøver av fiskemel og fiskeolje, hovedsakelig som  $\alpha$ -HBCD (Tabell 11). HBCD kan overføres fra fôr til fisk, men EFSA konkluderte i 2021 at nivået i mat ikke utgjør en helseisiko [10]. Tetrabromobisfenol-A (TBBP-A) ble ikke påvist hverken i fiskemel eller i fiskeolje, mens i 2022 ble det påvist i én av 10 fiskeoljer analysert.

### 2.3.6 - Perfluorete forbindelser (PFAS)

Perfluorete forbindelser (PFAS) ble undersøkt i 50 fullfôr, 8 fiskemel, 9 fiskeoljer, 16 vegetabiliske mel, 7 vegetabiliske oljer og 2 insektmel i 2023 (Tabell 12). I fiskefôr var det kun PFOS (perfluorooctane sulfonate) og

PFNA (perfluorononanoic acid) som hadde nivåer over metodens LOQ (0,5 µg/kg). I prøver av fiskemel var det flere PFAS forbindelser med konsentrasjonsnivåer over LOQ (38-88%, Tabell 12). Høyest konsentrasjon av PFOS ble registrert i både fiskemel og fiskeolje, der konsentrasjonen var opp til 8,0 µg/kg. Til sammenligning ble det i 2022 målt nivå av PFOS i fiskemel opp til 2,0 µg/kg [5]. I fiskeolje ble det funnet målbare konsentrasjoner av PFAS forbindelser (i 11-56% av prøvene), og PFOSA var den forbindelsen som ble målt over LOQ i flest prøver (5 av 9 fiskeoljer), med konsentrasjoner opp til 1,9 µg/kg (Tabell 12). I vegetabiliske fôrmiddel ble PFHxS, PFBA og PFBS funnet over LOQ i én av prøvene undersøkt, mens to av prøvene inneholdt nivåer av PFOA (perfluorooctanoic acid) over LOQ. I de vegetabiliske oljene var det PFAS forbindelser i noen av prøverne (Tabell 12). PFOS var den eneste PFAS som ble detektert over LOQ i insektmel, hvor den ene prøven inneholdt 0,02 µg/kg.

Det ble etablert øvre grenseverdi for PFAS i mat og sjømat produkter i januar 2022, noe som har satt denne gruppen stoffer i søkelyset både i EU og i Norge. I fillet av de fleste fiskearter er øvre grenseverdier satt for PFAS forbindelsene PFOS, PFOA, PFNA og PFHxS, og grenseverdien for summen av disse er 2,0 µg/kg, gitt i regelverket [EU 2023/915](#). Det er ikke etablert øvre grenseverdi for fôr eller fôrmidler, men det kan forventes å komme. I Danmark ble det rapportert om PFAS i økologiske egg, som ble videre sporet til bruk av fiskemel i fôret [11]. Studier har vist at ulike fiskeslag kan ha ulike konsentrasjoner av PFAS [11], og dette kan forårsake variasjoner i disse forbindelser i fiskemel.

### 2.3.7 - Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Prosesskontaminantene polyaromatiske hydrokarboner (PAH) ble undersøkt i 15 vegetabiliske fôrmidler i 2023. Konsentrasjonene for sum PAH4 var fra 0,3 til 5,0 µg/kg i vegetabiliske fôrmidler (Tabell 13). Nivåene var sammenlignbare med konsentrasjonene målt i 2020, 2021 og 2022 [5]. Det er ikke etablert øvre grenseverdier for PAH i fôr eller fôrmidler, men det er øvre grenseverdi for sum PAH4 i røkt fisk på 12 µg/kg våtvekt.

## 2.4 - Tilsetningsstoffer

### 2.4.1 - Syntetiske antioksidanter

De syntetiske antioksidantene butylert hydroksytoluen (BHT), butylert hydroksyanisol (BHA) og propylgallat ble undersøkt i 76 fullfôr og 8 fiskemel, og 9 fiskeoljer ble analysert for BHA (Tabell 14). Nivåene av BHA og BHT i både fôr og fiskemel var litt lavere enn i 2022. Snitt konsentrasjonene i fôr var 4,1 mg BHA/kg og 10,3 mg BHT/kg i 2023, mens de var 5,4 mg BHA/kg og 15,8 mg BHT/kg i 2022 [5]. Propylgallat var under LOQ for alle fullfôr, i likhet med tidligere undersøkelser. BHA ble funnet i nivåer over LOQ i 7 av de 9 undersøkte fiskeoljene med varierende konsentrasjoner (<0,3 til 47 mg/kg), og snittet var 16,7 mg/kg, mens det var 2,3 mg/kg for de 9 fiskeoljene målt i 2022. Det er ingen grense for øverste tillate innhold av BHT eller BHA i fôrmidler, men grenseverdien for sum syntetiske antioksidanter i fiskefôr er 150 mg/kg.

### 2.4.2 - Mineraler og sporelementer

Sporelementer ble analysert i 76 fullfôr, 8 fiskemel, og 2 insektmel i 2022 (Tabell 15). Av fullfôrene som ble undersøkt var 14 startfôr, 14 smoltfôr og 48 vekstfôr (Tabell 16). De essensielle mineralene er regulert som tilsetningsstoffer i EU og det er satt grenser for det høyeste tillate innhold i [EU regelverket for tilsetningsstoffer](#). Det høyeste tillate innhold for selen (Se) er 0,5 mg/kg, molybden (Mo) er 2,5 mg/kg, mangan (Mn) er 100 mg/kg, sink (Zn) er 180 mg/kg, og jern (Fe) er 750 mg/kg for fôr til salmonider, når tilsatt fôret.

Flere av fôrene undersøkt i 2023 var over det høyeste tillate innhold for Se (84% av fôrene), Zn (13% av fôrene) og Mo (30% av fôrene). Dette har også blitt observert i tidligere år i dette programmet for Se, Zn og Mo. I motsetning til 2022 var det ingen av fôrene som hadde nivåer av Mn eller Fe over høyeste tillat innhold.

Konsentrasjonene av Se var høyere i smoltfôr (snitt på 1,0 mg/kg), enn startfôr (snitt på 0,8 mg/kg) og vekstfôr (snitt på 0,7 mg/kg) (Tabell 16). Tilsvarende i 2022 var konsentrasjonene av Se høyere i smoltfôr (snitt på 1,0 mg/kg), enn startfôr (snitt på 0,8 mg/kg) og vekstfôr (snitt på 0,6 mg/kg). Snittkonsentrasjonene av krom, jern, mangan, og molybden var også høyere i startfôr, enn smoltfôr og vekstfôr.

Det var et startfôr der det kan tyde på at nivået av Zn er over grensen for høyeste tillatte innhold av Zn på 180 mg/kg, når Zn er tilsatt i fôret. Det var 4 smoltfôr og 5 vekstfôr som også oversteg denne grensen. Sink og selen i fiskefôr kommer fra både ingredienser og premikser, og av råvarene undersøkt er det fiskemel som bidrar mest Se (Tabell 15). Sporelementene Zn og Se er begrensende i plantebaserte fôr, særlig i smolt og post-smolt faser [12, 13]. Behovet for selen til post-smolt laks fôret på plantebasert fôr er estimert å være 0,65 mg/kg [13], og studier har vist at nivåer av Zn og Se henholdsvis under 180 mg/kg og 0,65 mg/kg kan påvirke laksens helse negativt [12, 13].

Mangan (Mn) nivå i fem av fullfôrene (1 startfôr, 1 smoltfôr og 3 vekstfôr) var lavere enn behovet, som er estimert å være 26 til 34 mg/kg til post-smolt laks fôret på plantebasert fôr [14]. Generelt var nivåene av flere mineraler, inkludert Se, Zn, Mn, Cr og Fe høyere start- og smoltfôr enn i vekstfôrene (Tabell 16).

### 2.4.3 - Fettsyresammensetning

Fettsyresammensetningen ble målt i 60 fullfôr i 2023. Av disse var 14 i kategorien startfôr, 14 smoltfôr og 32 vekstfôr. Hovedandelen av fett i alle fôrene var enumettet fett (som for eksempel 18:1n-9), som utgjorde henholdsvis 50, 48 og 51% av fettsyrene i startfôr, smoltfôr og vekstfôr (Tabell 17). Mettede fettsyrer var ganske stabile i nivå både mellom og innad i fôrtypene startfôr, smoltfôr og vekstfôr, med snitt på henholdsvis 18, 18 og 16% av fettsyrene. Ratio mellom n-3/n-6 nivå i fôrene lå høyere i start-, og smoltfôr (1,6 og 1,7) enn i vekstfôr (1,3). Andel EPA og DHA i fôrene var også litt høyere i start-, og smoltfôrene (10% av fettsyrene i begge fôr typene) enn i vekstfôrene (8% av fettsyrene). Det laveste nivå av EPA og DHA målt i fôrene var 7% av fettsyrene, som var ganske likt det lavest i 2022 (6,3% av fettsyrene). Ratioen mellom EPA og DHA er mistenkt å kunne påvirke helsen til laksen om den blir for ubalansert [15]. Snittverdien for ratioen mellom EPA og DHA var mellom 1,3 og 1,7, og varierte noe mer enn fôrene i 2022 [5].

## 2.5 - Kontaminanter i fôr til ulike livsstadier

Gjennomsnittsnivåene av arsen, kadmium og kvikksølv i startfôr og smoltfôr var signifikant høyere enn i vekstfôr (Tabell 18). Det er også spredning i konsentrasjoner i de ulike fôrtypene, som vist for arsen i Figur 1A. Konsentrasjonene av de organiske miljøgiftene dioksiner, sum dioksiner og dl-PCB og PCB6 var også signifikant lavere i vekstfôr enn i start- og smoltfôr (Tabell 19). For denne gruppe kontaminanter var det mer spredning i konsentrasjonene i start- og smoltfôr sammenlignet med vekstfôr som vist i Figur 1B for sum dioksin og dl-PCB. En mulig forklaring kan være at start- og smoltfôr inneholder mer marine råvarer enn i vekstfôr. Det er kjent at marine ingredienser som fiskemel og fiskeolje har høyere nivåer av arsen, kvikksølv, dioksiner og PCB enn plantebaserte ingredienser [16].

## 3 - Tabeller

---

Tabell 1. Mykotoksiner

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) for mykotoksiner ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr og vegetabilsk fôrmiddel i 2023 <sup>1)</sup>. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ, snitt gitt som "lower-bound LOQ". Siste rad viser øvre grenseverdi eller anbefalt referanseverdi for mykotoksiner i fullfôr og fôrmidler <sup>2-5)</sup>.  
[Mean and range (min-max) of mycotoxins ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in fish feed and plant meal in 2023. Mean is given when 20% or more of the results were over LOQ, using "lower-bound LOQ". The maximum level or recommended guidance values for mycotoxins in feed and feed materials are given in the rows below the results].

Prøver	Aflatoxin B1 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Deoxy-nivalenol (DON) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Fumonisin B1 (FUM B1) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Fumonisin B2 (FUM B2) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Ocratoxin A ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Zearalenone (ZEN) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum T-2 HT-2 toxin ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Fusarenone X (FX) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Nivalenol (NIV) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	T-2 toxin ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	HT-2 toxin ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Fullfôr (n =47)											
Snitt	< LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	<1	<20	<200	<200	<1	<10	<20	<20	<20	<10	<10
Maks		23			4.7						
Prøver over LOQ	0	1 (2%)	0	0	12 (26%)	0	0	0	0	0	0
Anbefalt referanseverdi 2)	10 <sup>3)</sup>	2 000 <sup>4)</sup>	10 000 <sup>5)</sup>	10 000 <sup>5)</sup>	1 000 <sup>2)</sup>	1 000 <sup>2)</sup>	250				
Vegetabilske fôrmiddel (n=16)											
Snitt	0,57	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Min	<0.1	<20	<20	<20	<0,5	<10	<20	<20	<20	<10	<10
Maks	1,3	35			15						13
Prøver over LOQ	7 (44%)	2 (13%)	0	0	8 (50%)	0	0	0	0	0	1 (6%)
Anbefalt referanseverdi <sup>2)</sup>	20 <sup>3)</sup>	8 000 <sup>4)</sup>	60 000 <sup>5)</sup>	60 000 <sup>5)</sup>				250	2 000-3 000		

<sup>1)</sup> Det ble også analysert fôr og vegetabiliske fôrmiddel for toksinene Diacetoxyscirpenol (DAS), Acedylde oxynivalenol (15-ADON) og Acedylde oxynivalenol (3-ADON). Alle prøver var under LOQ som var 10 µg/kg for DAS og 20 µg/kg for 15-ADON og 3-ADON.

<sup>2)</sup> Anbefalte referanseverdi i fullfôr for innhold av muggsopp og mykotoksiner i fôrvarer. «Anbefalte grenseverdier for sopp og mykotoksiner i fôrvarer», (Mattilsynet, 13.mars 2019)

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

<sup>4)</sup> Den norske anbefalte grenseverdien for DON er 2 000 µg/kg, EU kommisjonens anbefalte referanseverdi er 5 000 µg/kg. For mais og maisprodukter er referanseverdien 12 000 µg/kg.

<sup>5)</sup> Anbefalte referanseverdi for fullfôr er 10 000 µg/kg (sum av FB1 og FB2), mens for fôrmiddel er den 60 000 µg/kg (sum av FB1 og FB2).

## Tabell 2. Mykotoksiner - Beauvericin og enniatin

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) for beauvericin og enniatin ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr, vegetabiliske fôrmiddel og vegetabiliske oljer i 2023. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ, gitt som "lower-bound LOQ". [Mean and range (min-max) of beauvericin and enniatin ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in fish feed, plant meal and plant oil in 2023. Mean is given when 20% or more of the results are over LOQ, using "lower-bound LOQ").].

Prøver	Beauvericin ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	EnniatinA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	EnniatinA1 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	EnniatinB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	EnniatinB1 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Fullfôr (n=47)					
Snitt	<LOQ	<LOQ	<LOQ	29	<LOQ
Min	<10	<10	<10	<10	<10
Maks	93			56	21
Prøver over LOQ	6 (13%)	0	0	13 (28%)	8 (17%)
Vegetabiliske fôrmiddel (n=16)					
Snitt	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ
Min	<10	<10	<10	<10	<10
Maks	14			17	14
Prøver over LOQ	3 (19%)	0	0	3 (19%)	1 (6%)
Vegetabiliske oljer (n=7)					
Snitt	<LOQ	<LOQ	<LOQ	40,3	3,7
Min	<10	<10	<10	<10	<10
Maks			12	180	55
Prøver over LOQ	0	0	1 (14%)	3 (43%)	3 (43%)

### Tabell 3. Mykotoksiner - Alternaria toksiner

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) for Alternaria toksiner\* ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i vegetabiliske mel og vegetabiliske oljer i 2023. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ, gitt som "lower-bound LOQ". [Mean and range (min-max) of Alternaria toxins\* ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in plant meal and plant oil in 2023. Mean is given when 20% or more of the results are over LOQ, using "lower-bound LOQ"].

Prøver	AOH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	AME ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	TEN ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	TEA ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Vegetabiliske førmiddel (n=16)				
Snitt	93,9 <sup>1)</sup>	49,2 <sup>1)</sup>	107,8	1270 <sup>1)</sup>
Min	<2	<2	<10	<10
Maks	200	94	160	6200
Prøver over LOQ	6 (44%)	6 (44%)	6 (38%)	11 (69%)
Vegetabiliske oljer (n=7)				
Snitt	<LOQ	<LOQ	<LOQ	93
Min	<2	<2	<10	<10
Maks		3,8		260
Prøver over LOQ	0	1 (14%)	0	6 (86%)

<sup>1)</sup> n=15

\*Alternaria toksiner: AOH: Alternariol, AME: Alternariol monometyleter TEN: tentoksin TEA: Tenuazonic syre.  
 Alle prøvene hadde konsentrasjoner av Altenuene (ALT) under LOQ (<10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).



## Tabell 4. Metaller

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av arsen (As), uorganisk arsen (iAs), arsenobetain (AB) kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), metylkvikksølv (MeHg), bly (Pb) og nikkel (Ni) (mg/kg) i fullfôr, fiskemel, vegetabiliske fôrmiddel og insektsmel i 2023. Snitt gitt som "upper-bound LOQ". Øvre grenseverdier er gitt under de analyserte verdiene. [Mean and range (min-max) of As, iAs, AB, Cd, Hg, MeHg, Pb and Ni (mg/kg) in fish feed, fishmeal, plant protein and insect meal in 2023. Mean is given using "upper-bound LOQ". The maximum levels are given in the rows below the results].

Prøver	As (mg/kg)	iAs (mg/kg)	AB (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	MetHg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Fullfôr (n=76)								
Snitt	2,3	0,04 <sup>1)</sup>	0,7 <sup>1)</sup>	0,11	0,025	0,022 <sup>1)</sup>	0,04	1,3
Min	0,73	<0,007	0,1	0,04	<0,006	0,005	<0,02	0,2
Maks	5,0	0,09	2,0	0,26	0,097	0,047	0,34	3,8
Prøver over LOQ	76 (100%)	19 (95%)	20 (100%)	76 (100%)	64 (84%)	20 (100%)	66 (87%)	76 (100%)
Grenseverdi	10	2	-	1	0,2	-	5	-
Fiskemel (n=8)								
Snitt	5,3	-	-	0,4	0,07	-	0,07	1,5
Min	0,3	-	-	0,17	0,007	-	0,02	0,3
Maks	9,1	-	-	1,5	0,14	-	0,20	6,0
Prøver over LOQ	7 (88%)	-	-	7 (88%)	5 (63%)	-	5 (63%)	1 (13%)
Grenseverdi	25	-	-	2	0,5	-	10	-
Vegetabilsk fôrmiddel (n=16)								
Snitt	0,03	-	-	0,22	<LOQ	-	0,05	6,0

Min	0,01	-	-	0,01	<0,007	-	0,02	0,3
Maks	0,06	-	-	0,70		-	0,14	24
Prøver over LOQ	15 (94%)	-	-	15 (94%)	0	-	9 (56%)	13 (81%)
Grenseverdi	2	-	-	1	0,1	-	10	-
Insektmel (n=2)								
Snitt	0,04	-	-	0,79	<LOQ	-	0,05	0,4
Min	0,03	-	-	0,71	<0,007	-	0,05	0,3
Maks	0,06	-	-	0,87		-	0,05	0,5
Prøver over LOQ	2 (100%)	-	-	2 (100%)	0	-	2 (100%)	1 (50%)
Grenseverdi	2	-	-	2	0,1	-	10	-

<sup>1)</sup> N=20

## Tabell 5. PCB

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av kongenerne PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 og PCB-180 og sum PCB6 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2023. Snitt av kongener og sum PCB6 er gitt som "upper-bound LOQ". Øvre grenseverdi er gitt for sum PCB6 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). [Mean and range (min-max) of PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 and PCB-180 and sum PCB6 in fish feed, fishmeal and fish oil in 2023. Mean and sum PCB6 is given using "upper-bound LOQ". The maximum levels are given for sum PCB6 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )].

Prøver	PCB-28 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PCB-52 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PCB-101 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PCB-138 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PCB-153 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PCB-180 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum PCB6 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Fullfôr (n=76)							
Snitt	0,1	0,3	0,6	0,8	1,3	0,3	3,5
Min	<0,092	<0,095	0,07	0,1	0,2	<0,06	0,6
Maks	0,33	0,85	1,7	3,5	3,9	0,92	11,2
Prøver over LOQ	43 (57%)	68 (89%)	76 (100%)	76 (100%)	76 (100%)	74 (97%)	-
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	40
Fiskemel (n=8)							
Snitt	0,1	0,3	0,5	0,7	1,2	0,3	3,0
Min	<0,07	<0,07	<0,04	0,05	0,09	0,04	0,4
Maks	0,15	0,5	0,9	1,2	2,0	0,44	5,2
Prøver over LOQ	6 (75%)	7 (88%)	7 (88%)	8 (100%)	8 (100%)	8 (100%)	-
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	30
Fiskeolje (n=9)							
Snitt	0,8	1,9	3,4	5,4	8,3	1,8	21,5
Min	<0,3	<0,3	<0,2	<0,2	<0,4	<0,2	1,9
Maks	1,8	5,0	9,9	18,0	21,0	5,0	60,7
Prøver over LOQ	5 (56%)	6 (67%)	8 (89%)	8 (89%)	8 (89%)	8 (89%)	-
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	175

## Tabell 6. Dioksiner og dioksin-lignende-PCB

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av sum dioksiner (sum PCDD og PCDF), sum dioksinlignende (dl)-PCB og sum dioksiner og dl-PCB i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2023. Snitt og summer er gitt som «upper-bound LOQ», og gitt i ng TEQ/kg<sup>1</sup>. Øvre grenseverdier er gitt under de analyserte verdiene (ng TEQ/kg). [Mean and range (min-max) of sum dioxins (PCDD and PCDF), sum dioxin-like (dl)-PCB and sum dioxins and dl-PCB in fish feed, fishmeal and fish oil in 2023. Mean and sums are given using «upper-bound LOQ» and in ng TEQ/kg. The maximum levels are given in the rows below the results (ng TEQ/kg)].

Prøver	Sum PCDD/PCDF (ngTEQ/kg)	Sum dl-PCB (ngTEQ/kg) <sup>2)</sup>	Sum dioksiner og dioksin-lignende PCB (ngTEQ/kg) <sup>3)</sup>
<b>Fullfôr (n=76)</b>			
Snitt	0,2	0,3	0,6
Min	0,1	0,1	0,2
Maks	0,5	1,2	1,6
Øvre grenseverdi fullfôr <sup>1)</sup>	1,75	-	5,5
<b>Fiskemel (n=8)</b>			
Snitt	0,2	0,4	0,6
Min	0,06	0,04	0,1
Maks	0,4	0,5	0,9
Øvre grenseverdi fiskemel <sup>1)</sup>	1,25	-	4,0
<b>Fiskeolje (n=9)</b>			
Snitt	0,8	2,0	2,9
Min	0,2	0,4	0,6
Maks	1,6	5,7	7,3
Øvre grenseverdi fiskeolje <sup>1)</sup>	5,0	-	20,0

<sup>1)</sup> ng TEQ (WHO 2005)/kg (konsentrasjonen multiplisert med en gitt toksisitetsekvivalens-faktor).

<sup>2)</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>3)</sup> Summen av dioksiner og dl-PCB oppgis som sum totale toksikologiske ekvivalenter (sum TEQ) med WHO toksisitetsekvivalensfaktor fra 2005.

## Tabell 7. Klorerte pesticider

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av klorerte pesticider ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje undersøkt i 2023. Snitt og summer er gitt som «upper-bound LOQ» og molekylvektet. Øvre grenseverdi er gitt i den siste raden ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). [Mean and range (min-max) of chlorinated pesticides in fish feed, fish meal and fish oil analysed in 2023. Mean and sums are given using «upper-bound LOQ» and molecular weighted].

Prøver	Sum Dieldrin og Aldrin ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) <sup>1)</sup>	Sum Endosulfan ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum Toksafen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum Klordan ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum Heptaklor ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum HCH ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) <sup>2)</sup>	HCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) <sup>3)</sup>
Fullfôr (n=37)							
Snitt	1,6	1,5	4,0	1,5	0,6	<LOQ	1,4
Min	0,2	1,3	2,0	0,7	0,5	<0,3	0,5
Maks	3,2	3,6	8,8	3,8	0,8		3,7
Øvre grenseverdi	20	50	20	20	10	-	10
Fiskemel (n=8)							
Snitt	1,1	1,3	2,8	1,3	0,6	<LOQ	1,4
Min	0,2	1,3	2,0	0,7	0,5		0,5
Maks	1,9	1,3	6,0	2,4	0,6		2,6
Øvre grenseverdi	20	100	20	20	10	-	10
Fiskeolje (n=9)							
Snitt	8,1	3,3	15,1	3,2	2,4	1,9	6,4
Min	0,4	3,3	5,1	1,2	1,9	1,0	1,3
Maks	25,5	3,3	56,4	13,4	3,8	4,3	24,0
Øvre grenseverdi	100	100	200	50	200	-	200

<sup>1)</sup> Dieldrin uttrykt som dieldrin alene, Alle resultater for aldrin er under LOQ,

<sup>2)</sup> Sum av alfa, beta og gamma heksaklorsyklusheksan, Alle resultater var under grenseverdien for enkeltisomerene, Grenseverdiene er 20, 10 og 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for henholdsvis  $\alpha$ -,  $\beta$ - og  $\gamma$ -HCH i fôrmidler og fôrblandinger, og 200, 100 og 2000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  for henholdsvis  $\alpha$ -,  $\beta$ - og  $\gamma$ -HCH i fett og olje,

<sup>3)</sup> Snitt for HCB er «upper bound».

## Tabell 8. DDT

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av DDT-isomerer ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2023. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Snitt og sum er gitt som «upper-bound LOQ», og sum er molekylvektet. Øvre grenseverdi er gitt for sum DDT ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). [Mean and range (min-max) of DDT isomers in fish feed, fishmeal and fish oil analysed in 2023 (when 20% or more of the results are over LOQ). Mean and sum are given using «upper-bound LOQ», and sum is molecular weighted].

Prøver	op-DDD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	op-DDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	op-DDT ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	pp-DDD ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	pp-DDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	pp-DDT ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum DDT ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
<b>Fullfôr (n=37)</b>							
Snitt	0,2	< LOQ	0,4	0,9	2,9	0,6	5,5
Min	0,1	<0,1	0,11	0,5	0,5	0,12	1,2
Maks	0,7		0,88	1,82	6,4	1,05	11,9
Prøver over LOQ	19 (51%)	7 (19%)	24 (65%)	37 (100%)	37 (100%)	36 (97%)	
Øvre grenseverdi							50
<b>Fiskemel (n=8)</b>							
Snitt	0,2	0,1	0,2	0,9	2,9	0,4	4,9
Min	0,1	0,1	0,1	0,33	0,27	0,15	0,8
Maks	0,5	0,2	0,5	1,3	5,2	0,7	9,1
Prøver over LOQ	6 (75%)	3 (38%)	3 (38%)	7 (88%)	8 (100%)	4 (50%)	
Øvre grenseverdi							50
<b>Fiskeolje (n=9)</b>							
Snitt	0,7	0,4	0,6	5,6	18,5	2,2	29,6
Min	<0,25	<0,25	<0,25	0,57	2,3	0,3	3,8
Maks	2,4	1,1	2,8	21,2	67,4	12,5	114
Prøver over LOQ	6 (67%)	3 (33%)	3 (33%)	9 (100%)	9 (100%)	9 (100%)	
Øvre grenseverdi							500

**Tabell 9. Sprøytemidler og ugressmidler**

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av pirimifos-metyl, klorpyrifos, malation, boscalid, cypermetrin, deltametrin, piperonyl butoksid, glyfosat, aminometylfosfonysyre (AMPA) og glufosinat (mg/kg) i fullfôr, vegetabiliske fôrmiddel, vegetabiliske oljer og insektmel i 2023. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Snitt og summer er gitt som «upper-bound LOQ». [Mean and range (min-max) of pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, malathion, boscalid, cypermethrin, deltametrin, piperonyl butoxide, glyphosate, aminomethylphosphonic acid (AMPA) and glufosinate (mg/kg) in fish feed, plant meal, plant oil and insect meal analysed in 2023. Mean is given when 20% or more of the results are over LOQ, using «upper-bound LOQ»].

Prøver	Pirimifos-metyl (mg/kg)	Klorpyrifos (mg/kg)	Malation (mg/kg)	Boscalid (mg/kg)	Cypermetrin (mg/kg)	Deltametrin (mg/kg)	Piperonyl butoksid (mg/kg)	Glyfosat (mg/kg)	AMPA (mg/kg)	Glufosinat (mg/kg)
Fullfôr (n=50)										
Snitt	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-	0,012	<LOQ	0,04	0,07	0,02	<LOQ
Min	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	<0,01
Maks	0,02				0,031	0,02	0,27	0,17	0,10	
Prøver over LOQ	9 (18%)	0	0	-	11 (22%)	2 (4%)	33 (66%)	44 (88%)	17 (34%)	0
Vegetabiliske fôrmiddel (n=16)										
Snitt	<LOQ	<LOQ	-	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,05	<LOQ	<LOQ
Min	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Maks	0,065		-		0,032	0,01	0,92	0,50	0,09	
Prøver over LOQ	2 (13%)	0	-	0	1 (6%)	1 (6%)	2 (13%)	5 (31%)	1 (6%)	0
Vegetabilisk olje (n=7)										

Snitt	0,04	0,010	<LOQ	0,006	0,011	<LOQ	0,012	-	-	-
Min	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,01	<0,005	-	-	-
Maks	0,08	0,041	0,03	0,013	0,013	-	0,024			
Prøver over LOQ	7 (100%)	2 (29%)	1 (14%)	2 (29%)	4 (57%)	0	4 (57%)	-	-	-
Insektmel (n=2)										
Snitt <sup>1)</sup>	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,011	0,022	<LOQ
Min	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	<0,01
Maks	-	-	-	-	-	-	0,035	0,011	0,023	
Prøver over LOQ	0	0	0	-	0	0	1 (50%)	1 (50%)	2 (100%)	0

<sup>1)</sup> Snitt er ikke gitt siden det er kun to prøver.



Tabell 10. PBDE

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av polybromerte flammehemmere, PBDE kongenere ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2023. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Snitt og sum PBDE7 er gitt som «upper-bound LOQ». [Mean and range (min-max) of PBDE ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) congeners in fish feed, fishmeal and fish oil in 2023. Mean is given when 20% or more of the results are over LOQ. Mean and sum of PBDE7 are given using «upper-bound LOQ»].

Prøver	PBDE-28 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-47 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-99 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-100 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-153 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-154 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-183 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Sum PBDE7 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-49 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-66 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-75 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PBDE-209 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Fullfôr (n=76)												
Snitt	0,012	0,17	0,03	0,04	0,02	0,04	<LOQ	0,33	0,06	0,01	0,01	0,12
Min	0,004	0,05	0,02	0,02	0,003	0,01	0,003	0,12	0,01	0,003	0,002	0,04
Maks	0,029	0,47	0,09	0,12	0,04	0,13	0,004	0,88	0,17	0,02	0,02	0,33
Prøver over LOQ	66 (87)	73 (96%)	56 (74%)	64 (84%)	24 (32%)	54 (71%)	6 (8%)	-	74 (97%)	30 (39%)	39 (51%)	18 (24%)
Fiskemel (n=8)												
Snitt	0,01	0,16	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	0,31	0,05	0,01	0,01	<LOQ
Min	0,002	0,03	0,008	0,006	0,002	0,005	0,002	0,05	0,01	0,003	0,002	<0,03
Maks	0,013	0,25	0,06	0,06	0,02	0,10	0,01	0,49	0,12	0,01	0,03	0,13
Prøver over LOQ	8 (100%)	8 (100%)	8 (100%)	8 (100%)	3 (38%)	8 (100%)	2 (25%)	-	8 (100%)	5 (63%)	5 (63%)	1 (13%)
Fiskeolje (n=9)												
Snitt	0,07	1,1	0,23	0,28	0,08	0,20	<LOQ	1,29	-	0,07	-	-

Min	0,02	0,17	0,08	0,08	0,03	0,08	0,008	0,46	-	0,04	-	-
Maks	0,15	2,6	0,51	0,59	0,14	0,57	0,10	2,66	-	0,13	-	-
Prøver over LOQ	7 (78%)	9 (100%)	7 (78%)	6 (67%)	4 (44%)	6 (67%)	1 (11%)	-	-	6 (67%)	-	-

## Tabell 11. HBCD og TBBP-A

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av HBCD kongenerne  $\alpha$ ,  $\beta$  og  $\gamma$  og TBBP-A ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i fiskemel, fiskeolje og insektmel i 2023. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over kvantifiseringsgrensen (LOQ). Summen er «upper bound». [Mean concentration and the range (min-max) of HBCD congeners and TBBP-A ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in fish feed, fishmeal, fish oil and insect meal in 2023. The average and sums are “upper bound”].

Prøver	$\alpha$ -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 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Fiskemel (n=8)					
Snitt	0,05	<LOQ	<LOQ	0,06	<LOQ
Min	0,006	<0,006	<0,006	0,02	<0,04
Maks	0,14			0,15	
Prøver over LOQ	7 (88%)	0	0	-	0
Fiskeolje (n=9)					
Snitt	0,54	<LOQ	0,05	0,63	<LOQ
Min	0,04	<0,03	<0,03	0,1	<0,2
Maks	1,87	0,09	0,12	1,9	
Prøver over LOQ	9 (100%)	1 (11%)	5 (56%)	-	0

Tabell 12. PFAS

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av perfluorerte forbindelser (PFAS, µg/kg) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2023. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Snitt og sum av 4PFAS (PFOS/PFOA/PFNA/PFHxSA) er gitt som «lower-bound LOQ» som gitt i regelverket [EU 2023/915](#). [Mean and range (min-max) of perfluorinated compounds (PFOS/PFAS, µg/kg) congeners in fish feed and fishmeal in 2023. Mean is given when 20% or more of the results are over LOQ. Mean and sum of 4PFAS are given using «lower-bound LOQ» as specified in the regulation].

Prøver	PFHxS (µg/kg)	PFOA (µg/kg)	PFOS (µg/kg)	PFOSA (µg/kg)	PFDA (µg/kg)	PFTTrA (µg/kg)	PFNA (µg/kg)	PFUnA (µg/kg)	PFTeDA (µg/kg)	PFDoA (µg/kg)	PFHpA (µg/kg)	PFHxSA (µg/kg)	Sum PFOS/PFOA/PFNA/PFHxSA
Fullfôr (n=50)													
Snitt	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-	<LOQ	<LOQ	2,8
Min	<0,5	<0,5	<0,5		<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	<0,5	<0,2	0,6
Maks			2,4				0,8						3,2
Prøver over LOQ	0	0	4 (8%)		0	0	3 (6%)	0	0	-	0	0	4 (8%)
Fiskemel (n=8)													
Snitt	0,20	0,43	2,5	0,38	0,24	0,30	0,80	0,52	0,06	0,11	0,08	0,09	3,61
Min	<0,1	<0,1	<0,05	<0,55	<0,1	< 0,3	<0,1	<0,01	< 0,3	< 0,1	<0,1	<0,1	0,25
Maks	0,28	0,77	8,0	0,61	0,4	0,63	1,9	1,1	0,08	0,18	0,14	0,14	11
Prøver over LOQ	3 (67%)	5 (63%)	7 (88%)	5 (63%)	6 (75%)	4 (50%)	6 (75%)	7 (88%)	3 (38%)	4 (50%)	3 (38%)	2 (40%)	7 (88%)

Fiskeolje (n=9) 1)													
Snitt	0,14	0,34	3,2	1,1	0,26	<LOQ	0,98	0,53	<LOQ	0,11	<LOQ	0,56	4,0
Min	<0,1	<0,1	<0,1	<0,3	<0,1	<0,3	<0,1	<0,1	<0,3	<0,1	<0,01	<0,1	0,27
Maks	0,23	0,43	8,0	1,9	0,37	0,35	1,45	0,74	0,54	0,146	0,015	0,77	10,1
Prøver over LOQ	2 (22%)	2 (22%)	4 (44%)	5 (56%)	2 (22%)	1 (11%)	2 (22%)	2 (22%)	1(14%)	2 (22%)	1 (11%)	2 (40%)	4 (44%)
Vegetabilsk mel (n=16) <sup>2)</sup>													
Snitt	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-
Min	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Maks	0,13	0,15											
Prøver over LOQ	1 (6%)	2 (13%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Vegetabilsk olje (n=7)													
Snitt	<LOQ	<LOQ	0,13	0,04	<LOQ	<LOQ	0,03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-
Min	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Maks		0,05	0,81	0,21	0,05		0,16	0,08	0,52	0,02			
Prøver over LOQ	0	1 (14%)	2 (29%)	2 (29%)	1 (14%)	0	2 (29%)	1 (14%)	1 (14%)	1 (14%)	0	0	

1) n=7 for PFTA.

2) Én prøve av vegetabilsk mel inneholdt PFBA med konsentrasjon på 0,34 µg/kg, og én prøve inneholdt PFBS med konsentrasjon på 0,17 µg/kg.

### Tabell 13. PAH

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, µg/kg) i vegetabilsk fôrmiddel og vegetabilsk oljer i 2023. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Snitt og sum of PAH4 er gitt som «upper-bound LOQ». [Mean and range (min-max) of PAHs (µg/kg) in plant protein and plant oil in 2023. Mean is given when 20% or more of the results are over LOQ. Mean and sum of PAH4 are given using «upper-bound LOQ»].

Prøver	Benz(a) antracen (µg/kg)	Benzo(a) pyren (µg/kg)	Benzo(b) fluoranthene (µg/kg)	Benzo(c) fluoren (µg/kg)	Sum PAH4 (µg/kg) 1)	Benzo(g,h,i) perylene (µg/kg)	Benzo(j) fluoranthene (µg/kg)	Benzo(k) fluoranthene (µg/kg)	Chrysen (µg/kg)	Cyclopenta(c,d) pyren (µg/kg)	Dibenzo(a,h) antracen (µg/kg)	Indeno(1,2,3- c,d) pyren (µg/kg)
Vegetabilsk fôrmiddel (n=16)												
Snitt	0,3	0,2	0,2	0,1	1,2	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	<LOQ	0,1
Min	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Maks	1,2	0,7	0,7	0,2	5,0	0,4	0,4	0,3	2,1	1,0	0,1	0,4
Prøver over LOQ	8 (50%)	8 (50%)	9 (56%)	6 (38%)	-	9 (56 %)	7 (44%)	7 (44%)	9 (56%)	5 (33%)	1 (6%)	7 (44%)

<sup>1)</sup> Sum PAH4 er sum av benz(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranthene og benzo(c)fluoren.

## Tabell 14. Syntetiske antioksidanter

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av butylhydroksyanisol (BHA), butylhydroksytoluen (BHT) og propylgallat (mg/kg) i fiskefôr, fiskemel, vegetabilsk fôrmiddel og fiskeolje i 2023. Det høyeste tillatte innhold av BHA og BHT i fôr, alene eller for sum antioksidanter er 150 mg/kg. Snitt og sum er gitt som «upper bound» LOQ. [Concentration of butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT) and propyl gallate (mg/kg) analysed in fish feed, fishmeal, plant protein and fish oil in 2023. Mean values (“upper-bound”) are given with minimum and maximum values. The maximum content for BHA + BHT in feed, alone or sum antioxidants is 150 mg/kg].

Prøver	BHA (mg/kg)	BHT (mg/kg)	Propylgallat (mg/kg)
Fullfôr (n=76)			
Snitt	4,1	10,3	<LOQ
Min	<0,002	<1,0	<10
Maks	17	35	
Prøver over LOQ	62 (82%)	69 (91%)	0
Fiskemel (n=8)			
Snitt	0,8	27	LOQ
Min	<0,002	<1	<10
Maks	4.4	180	
Prøver over LOQ	5 (63%)	2 (25%)	0
Fiskeolje (n=9)			
Snitt	16,7	-	-
Min	<0,3	-	-
Maks	47	-	-
Prøver over LOQ	7 (78%)	-	-



**Tabell 15. Mineraler og sporelementer**

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av jern (Fe), sink (Zn), mangan (Mn), kobber (Cu), kobolt (Co), molybden (Mo) og selen (Se) i fullfôr, fiskemel og insektmel i 2023. Snittverdien er gitt som «upper-bound LOQ». Det høyeste tillate innhold spesifisert i EU regelverket for tilsetningsstoffer<sup>1)</sup> er gitt under de analyserte verdiene, i mg/kg. [Mean and range (min-max) of Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo and Se (mg/kg) in fish feed, fishmeal, and insect meal analysed in 2023. Mean is given using «upper-bound LOQ». The maximum content in [EC 1831/2003](#) for each element is given below the analyzed values in mg/kg].

Prøver	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Se (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Fullfôr (n=76)								
Snitt	0,2	0,7	11	195	45	2,0	0,7	163
Min	0,07	0,2	6,2	110	21	0,1	0,4	130
Maks	0,4	6	16	320	76	4,1	2,3	220
Grenseverdi <sup>1)</sup>	1		25	750	100	2,5	0,5	180
Fiskemel (n=8)								
Snitt	0,09	0,57	8,6	161	15	2,1	1,8	80
Min	0,03	0,12	2,4	59	3,1	0,1	0,3	50
Maks	0,28	1,6	34	360	50	15	2,9	100
Vegetabilsk fôrmiddel (n=16)								
Snitt	0,3	1,7	19,8	195	36	3,7	0,5	75
Min	0,02	0,02	3	32	15	0,5	0,02	22
Maks	1,0	7,8	44	430	62	14	1,4	140
Insektmel (n=2)								
Snitt		0,9	13	220	390	0,81	0,16	145
Min	<0,02	0,3	13	170	320	0,61	0,14	120
Maks	0,05	1,6	13	270	460	1,0	0,18	170

<sup>1)</sup> Grenseverdien 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.

## Tabell 16. Mineraler i fôr til ulike livsstadier

Gjennomsnittskonsentrasjoner («upper bound») og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), molybden (Mo), selen (Se) og sink (Zn) i startfôr, smoltfôr og vekstfôr (mg/kg) i 2023. [Concentrations of Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se and Zn (mg/kg) in starter feed, smolt feed and grower feed for salmonids in 2023. Mean values («upper bound») are given with minimum and maximum values].

mg/kg	Startfôr (n=14)			Smoltfôr (n=14)			Vekstfôr (n=48)		
	Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks
Co	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1	0,33
Cr	1,2	0,2	6,2	0,8	0,2	3,7	0,4	0,2	2,5
Cu	11	8	16	11	6,2	15	11	6,7	16
Fe	224	180	280	209	110	280	183	120	320
Mn	51	25	76	47	22	71	43	21	66
Mo	2,1	0,1	3,6	2,0	0,2	3,2	2,0	0,4	4,1
Se	1,0	0,46	2,3	0,8	0,52	1,1	0,7	0,37	1,3
Zn	167	150	190	171	130	200	159	130	220

## Tabell 17. Fettsyrer

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av fettsyrer i startfôr, smoltfôr og vekstfôr til salmonid i 2023. [Concentrations of fatty acids in starter feeds, smolt feeds and grower feeds for salmonids in 2023. Mean values are given with minimum and maximum values].

	Startfôr (n=14)			Smoltfôr (n=14)			Vekstfôr (n=32)		
	Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks
Sum mettede fettsyrer (%)	18	13	23	18	15	23	16	13	20
Sum enumettede fettsyrer (%)	50	44	55	48	35	56	51	42	58
Sum flerumettet fett (%)	30	26	40	30	28	33	31	26	39
18:1 n-9 (mg/g)	64	15	107	68	45	110	118	70	154
22:1 n-9 (erukasyre) (mg/g)	1,4	0,6	2,7	1,6	0,5	3,0	1,4	0,6	2,7
18:2 n-6 (mg/g)	23	7,2	40	25	17	38	41	20	52
20:4 n-6 (arakidonsyre) (mg/g)	0,9	0,5	1,4	1,0	0,6	1,7	1,1	0,5	1,8
20:5 n-3 (EPA) (mg/g)	8,9	4,8	10,7	10,8	7,9	17,2	10,9	5,7	20,1
22:6 n-3 (DHA) (mg/g)	10,8	8,4	14,1	11,6	9,1	15,7	13,3	6,3	27,5
Sum EPA og DHA (mg/g)	20	13	24	23	19	32	24	16	48
Sum EPA og DHA (%)	10	7	17	10	7	14	8	5	16
Sum n-6 (mg/g)	25	8	42	27	19	39	43	23	55
Sum n-3 (mg/g)	36	24	45	43	30	56	54	32	96
Ratio n-3/n-6	1,6	0,9	3,7	1,7	1,2	2,7	1,3	0,8	2,9

## Tabell 18. Metaller i fôr til ulike livsstadier

Gjennomsnittskonsentrasjoner («upper bound») og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av arsen (As), cadmium (Cd), kvikksølv (Hg), bly (Pb) og nikkel (Ni) i startfôr, smoltfôr og vekstfôr (mg/kg) i 2023.

[Concentrations of As, Cd, Hg, Pb and Ni (mg/kg) in starter feed, smolt feed and grower feed for salmonids in 2023. Mean values («upper bound») are given with minimum and maximum values].

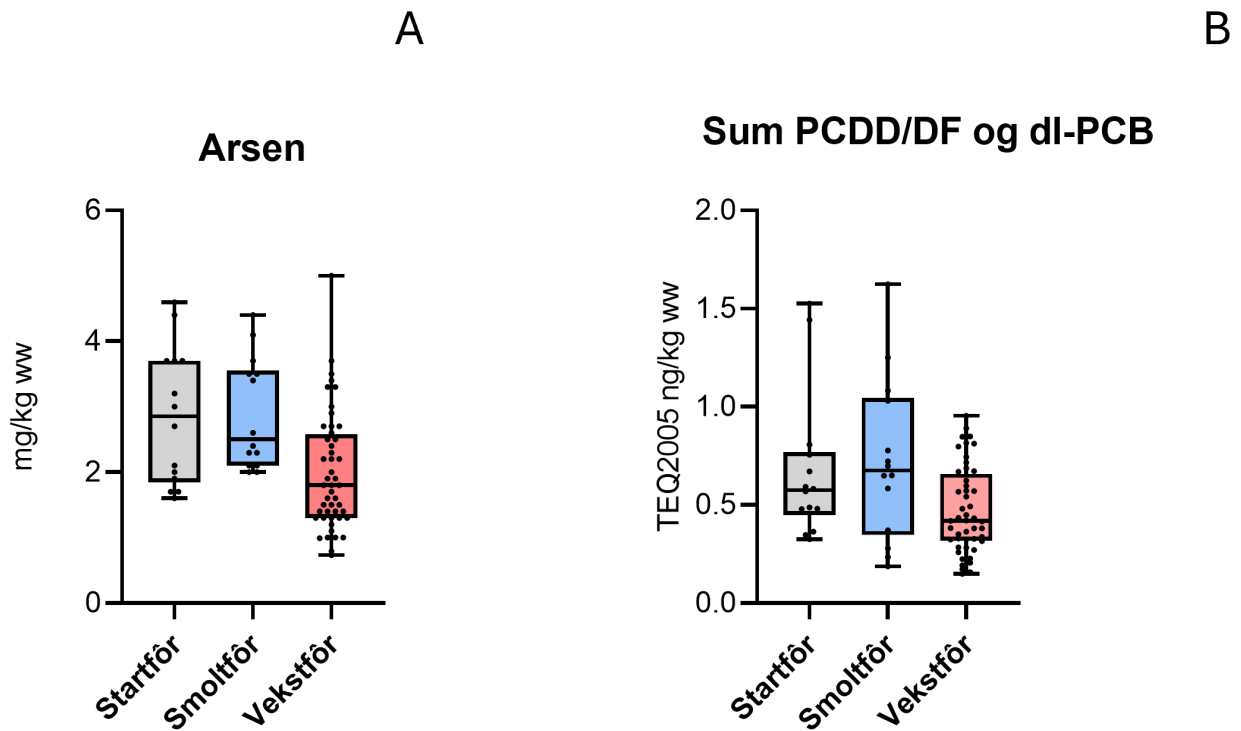
mg/kg	Startfôr (n=14)			Smoltfôr (n=14)			Vekstfôr (n=48)		
	Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks
As	2,9	1,6	4,6	2,9	2,0	4,4	2,0	0,7	5,0
Cd	0,14	0,06	0,26	0,12	0,07	0,17	0,10	0,04	0,16
Hg	0,04	0,008	0,1	0,03	0,01	0,07	0,02	<0,007	0,05
Pb	0,04	<0,02	0,08	0,03	<0,02	0,06	0,04	<0,02	0,34
Ni	1,1	0,02	2,6	1,2	0,5	2,9	1,3	0,4	3,8

## Tabell 19. Organiske kontaminanter i fôr til ulike livsstadier

Gjennomsnittskonsentrasjoner («upper bound») og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av organiske kontaminanter sum PCB6 ( $\mu\text{g}/\text{kg ww}$ ), sum PCDD/Fs (TEQ2005  $\mu\text{g}/\text{kg ww}$ ), sum PCDD/F og dl-PCB (ng TEQ/kg) og sum PBDE7 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i startfôr, smoltfôr og vekstfôr i 2023. [Concentrations of sum PCB6 ( $\mu\text{g}/\text{kg ww}$ ), sum PCDD/Fs (TEQ2005  $\mu\text{g}/\text{kg ww}$ ), sum PCDD/F and dl-PCB (ng TEQ/kg) and sum PBDE7 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in starter feed, smolt feed and grower feed for salmonids in 2023. Mean values («upper bound») are given with minimum and maximum values].

mg/kg	Startfôr (n=14)			Smoltfôr (n=14)			Vekstfôr (n=48)		
	Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks	Snitt	Min	Maks
Sum PCB6	4,22	2,02	10,7	4,48	0,77	11,20	2,97	0,60	5,52
Sum PCDD/F	0,27	0,10	0,46	0,27	0,10	0,49	0,20	0,10	0,40
Sum dl-PCB og PCDD/F	0,67	0,33	0,53	0,73	0,19	1,62	0,47	0,15	0,95
Sum PBDE7	0,37	0,16	0,79	0,42	0,15	0,88	0,30	0,12	0,60

Figur 1. Kontaminanter i fôr til ulike livsstadier



Figur 1. Konsentrasjon av A) arsen (mg/kg) og B) sum PCDD/PCFD og dl-PCB i startfôr (n=14), smoltfôr (n=14) og vekstfôr (n=48). Figur viser gjennomsnitt med med rett linje, spredningen er minimum og maksimums-verdier, alle datapunkter er inkludert.

## 4 - Konklusjon

Det er mange ulike stoffgrupper som kan representere en risiko på fôrområdet. I dette overvåkingsprogrammet er formålet å få en oversikt over kjente risikoer, samt undersøke mulige nye risikoer som kan være forbundet med fiskefôr. Årets rapport satte søkelys på uønskede stoffer i fôr tiltenkt ulike livsstadier av laks. Samtidig har årets undersøkelser hatt fokus på PFAS i fôr og fôrmidler.

For uønskede stoffer, viser resultatene for 2023 ingen overskridelser av etablerte grenseverdier i fullfôr eller fôrmidler.

Resultatene for 2023 viste at de fleste prøver av fiskefôr, vegetabilsk mel og insektmel hadde nivå av PFAS under kvantifiseringsgrensen (LOQ), mens fiskemel og fiskeolje hadde målbare konsentrasjoner av flere PFAS forbindelser. Det ble funnet høyest konsentrasjon av forbindelsen PFOS, både i fiskemel og i fiskeolje.

For de screenede pesticider ble stoffene pirimifos-metyl, cypermetrin, deltametrin, piperonyl butoksid, glyfosat og AMPA detektert i fullfôr og i vegetabilske fôrmidler. I de vegetabilske oljene ble også boscalid, malation og klorpyrifos-metyl funnet med konsentrasjoner over LOQ.

I årets undersøkelser ble uønskede stoffer, samt mineral og fettsyrer undersøkt i fôr til ulike livsstadier til salmonider ved analyse av startfôr, smoltfôr og vekstfôr. Nivåer av uønskede stoffer som arsen, kvikksølv, kadmium, PCB6, dioksiner og sum dioksiner og dl-PCB var høyere i startfôr og smoltfôr enn i vekstfôr.

Disse overvåkingsdata på uønskede stoffer og næringsstoffer i kommersielle fiskefôr og fôrmidler er viktig som grunnlag i eventuelle risikovurderinger, og for fremtidens utvikling av grenseverdier i fullfôr og fôrmidler.

## 5 - Referanser

1. EC, Guidance document on the estimation of LOD and LOQ for measurements in the field of contaminants in feed and food, T. Wenzl, , Haedrich, J., Schaechtele, A, Robouch, P., Stroka, J, Editor. 2016, European Commission, Joint Research Centre.
2. Alimentarius, C., Code of practice for the prevention and reduction of dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in food and feed. International food standards, in Adopted in 2006, revised in 2018, W.H.O.W. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Editor. 2006.
3. Soderstrom, S., L. Softeland, V. Sele, A.K. Lundebye, et al., Enniatin B and beauvericin affect intestinal cell function and hematological processes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) after acute exposure. Food and Chemical Toxicology, 2023. 172. DOI: [10.1016/j.fct.2022.113557](https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113557).
4. Berntssen, M.H.G., P.G. Fjeldal, P.J. Gavaia, V. Laize, et al., Dietary beauvericin and enniatin B exposure cause different adverse health effects in farmed Atlantic salmon. Food and Chemical Toxicology, 2023. 174. DOI: [10.1016/j.fct.2023.113648](https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113648).
5. Sele, V., Silva, M., Philip, A., Hamre, K., Skjærven, K., Espe, M., Liland, N., Lie, K.K., Berntssen, M.H.G., Lundebye, A.-K. Program for overvåking av fiskefôr -[Årsrapport for prøver innsamlet i 2022. 2023.](#) [Havforskningsinstituttet, Mattilsynet. Bergen.](#)
6. EFSA 2011. Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food. [EFSA Journal 2011; 9\(10\):2407](#)
7. EFSA, Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. [EFSA Journal, 2018. 16\(11\).](#)
7. Shiogiri, N.S., M.G. Paulino, S.P. Carraschi, F.G. Baraldi, et al. (2012). Acute exposure of a glyphosate-based herbicide affects the gills and liver of the Neotropical fish, *Piaractus mesopotamicus*. Environmental Toxicology and Pharmacology, 34(2), 388-396. DOI: [10.1016/j.etap.2012.05.007](https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.05.007).
8. Softeland, L. and P.A. Olsvik (2022). In vitro toxicity of glyphosate in Atlantic salmon evaluated with a 3D hepatocyte-kidney co-culture model. Food and Chemical Toxicology, 164. DOI: [10.1016/j.fct.2022.113012](https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113012).
9. EFSA, Scientific Opinion. Update of the risk assessment of hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in food (2021). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal, 2021. DOI: [10.2903/j.efsa.2021.6421](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6421).
10. Granby, K., Sørensen, S. (2023). Study on PFAS levels in Danish organic eggs. workshop European fishmeal health and safety in relation to PFAS contamination, Copenhagen, 22th March 2023. Study on PFAS levels in Danish organic eggs. in Workshop European Fishmeal health and safety in relation to PFAS contamination. Copenhagen: European fishmeal and fish oil producers.
11. Zafeiraki, E., W.A. Gebbink, R. Hoogenboom, M. Kotterman, et al. (2019). Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in a large number of wild and farmed aquatic animals collected in the Netherlands. Chemosphere, 232, 415-423. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2019.05.200](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.200).
12. Yarahmadi, S.S., M.S. Silva, M.H. Holme, T. Morken, et al. (2022). Impact of dietary zinc and seawater transfer on zinc status, availability, endogenous loss and osmoregulatory responses in Atlantic salmon smolt fed



low fish meal feeds. *Aquaculture*, 549. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737804.

13. Prabhu, P.A.J., E. Holen, M. Espe, M.S. Silva, et al. (2020). Dietary selenium required to achieve body homeostasis and attenuate pro-inflammatory responses in Atlantic salmon post-smolt exceeds the present EU legal limit. *Aquaculture*, 526. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735413.

14. Prabhu, P.A.J., M.S. Silva, S. Kroeckel, M.H. Holme, et al. (2019). Effect of levels and sources of dietary manganese on growth and mineral composition of post-smolt Atlantic salmon fed low fish meal, plant-based ingredient diets. *Aquaculture*, 512. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734287.

15. Hatlen, B., Jørgensen, S.M., Timmerhaus, G., Krasnov, A., Bou, M., Ruyter, B., Evensen, Ø. (2016). Styrkt fettsyresammensetning i fôr for å forebygge utbrudd av viktige virussykdommer i laks. Nofima.

16. Berntssen, M.H.G, Julshamn, K., Lundebye, A.-K. (2010). Chemical contaminants in aquafeeds and Atlantic salmon (*Salmo salar*) following the use of traditional- versus alternative feed ingredients. *Chemosphere*, 2010.

78. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.12.021>



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: [post@hi.no](mailto:post@hi.no)

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