PROGRAM FOR OVERVÅKING AV FISKEFÔR

Årsrapport for prøver innsamlet i 2021

Veronika Sele, Anne-Katrine Lundebye, Marc Berntssen, Julia Storesund, Kai Kristoffer Lie, Antony Philip, Ole Jakob Nøstbakken, Rune Waagbø og Robin Ørnsrud (HI)

RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2022-22

Tittel (norsk og engelsk):

Program for overvåking av fiskefôr

Monitoring program for fish feed

Undertittel (norsk og engelsk):

Årsrapport for prøver innsamlet i 2021

Annual report for samples collected in 2021

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra havforskningen	2022-22	30.06.2022

ISSN:1893-4536

Forfatter(e):

Veronika Sele, Anne-Katrine Lundebye, Marc Berntssen, Julia Storesund, Kai Kristoffer Lie, Antony Philip, Ole Jakob Nøstbakken, Rune Waagbø og Robin Ørnsrud (HI)

Forskningsgruppeleder(e): Robin Ørnsrud (Marin toksikologi)
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre
Programleder(e): Livar Frøyland og Rune Waagbø

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15219

Oppdragsgiver(e):

Mattilsynet

Oppdragsgivers referanse:

43389

Program:

Fremtidens havbruk

Trygg og sunn sjømat

Forskningsgruppe(r):

Marin toksikologi

Fôr og ernæring

Sjømat og ernæring

Antall sider:

28

Samarbeid med

Mattilsynet

Sammendrag (norsk):

Overvåknings- og kartleggingsprogrammet for fiskefôr utføres på vegne av Mattilsynet. I 2021 ankom det 82 fiskefôr, 10 fiskemel, 19 vegetabilske mel, 4 insektmel, 10 fiskeoljer, 10 vegetabilske oljer og 16 premikser som ble analysert for en uønskede stoffer, tilsetningsstoffer, naturlige toksiner og noen næringsstoffer.

Resultatene fra årets analyser viser at det er ingen overskridelser av øvre grenseverdier satt i regelverket for uønskede stoffer i dyrefôr. Analyser av mikrobiologisk kvalitet viser overskridelser av grenseverdi for bakterien *Enterobacteriaceae* i ett av de undersøkte fiskemelene. Det ble registrert konsentrasjoner av noen uønskede stoffer over det som normalt blir målt i fullfôr og fôrmidler i dette overvåkingsprogrammet. Det gjaldt perfluorerte forbindelser (PFAS) i én fiskeolje, 3-MCPD i én fiskeolje, sprøytemiddelet glyfosat i ett insektmel, tetrabromotrisphenol-A (TBBP-A) i ett insektmel, og polybromerte flammehemmere (PBDE) i to prøver av fullfôr. I likhet med fjorårets prøver, ble det også i 2021 registrert spornivåer av det utfasede tilsetningsstoffet ethoxyquin (EQ) i flere prøver av fullfôr og fiskemel. Resultater fra 2021 viser dermed tilfeller der fôrmidler og fôr inneholder forhøyede nivå av noen uønskede stoffer, og tyder på at det er behov for å styrke overvåkingen av noen stoffgrupper, som pesticider, polybromerte- og perfluorerte forbindelser for å kartlegge variasjonen.

Overordnet viser likevel undersøkelsene i 2021, samt tidligere år, at den generelle tilstanden på fôrområdet er god. Prøveomfanget for programmet bør likevel vurderes med tanke på nye fôrmidler og fôrtyper (fôr tilpasset fiskens ulike livsstadier og fôr til andre fiskearter), siden det er nå en utvikling innen bruk av nye råvarer i fiskefôr, samt at sammensetningen av råvarer i fôret kan variere.

Sammendrag (engelsk):

This annual monitoring program is performed on behalf of the Norwegian Food Safety Authority. In 2021, samples of 82 fish feeds, 10 fishmeals, 19 plant meals, 4 insect meals, 10 fish oils, 10 plant oils and 16 premixes were analysed for illegal substances, undesirable substances, feed additives, natural toxins and nutrients.

The results shows no exceedance of maximum limits (MLs) for either organic or inorganic contaminants established in the EU-legislation for undesirables in animal feed (EC 2002/32 and amendments). Analysis of microbiological/hygienic quality showed the presence of *Enterobacteriaceae* exceeding the ML in one of the fishmeals examined. Perfluorinated compounds (PFAS) were detected in relatively high concentrations in one sample of fish oil, 3-MCPD in one sample of fish oil, glyphosate in one samples of insect meal, tetrabromotrisphenol-A (TBBP-A) in one sample of insect meal and polybrominated flame retardants (PBDE) in two samples of fish feed. Also, the previously authorized feed additive ethoxyquin (EQ), which is now suspended, was found to be present (samples over LOQ) in several feeds and fishmeals. These results indicate that the surveillance should be strengthened to improve the data on occurence for some groups of undesirables, such as pesticides, polybrominated- and per/polyfluoroalkyl substances.

The results from this monitoring program in 2021, and previous years, indicate that fish feed is generally compliant with the MLs established in the feed legislation. However, the number of samples included in the program should be considered, and should also include novel feed materials and different feed types (e.g. feeds for different life stages of farmed fish and fish species), based on the current development towards using alternative raw materials and that the feed composition can vary.

Innhold

Bakgrunn 5

Resultater og diskusjon 6

Prosesserte animalske proteiner 6

Mikrobiologisk kvalitet og toksiner 6

Mikrobiologiske analyser 6

Mykotoksiner 6

Plantetoksiner 6

Uønskede stoffer 6

Metaller 6

PCB og dioksiner 7

Klorerte pesticider 7

Bromerte flammehemmere 7

Perfluorerte forbindelser (PFAS) 8

Prosesskontaminanter 8

Organofosfat pesticider og ugressmiddel 8

Tilsetningsstoffer 8

Syntetiske antioksidanter 8

Mineraler og sporelementer 9

Næringsstoffer 9

Vitaminer 9

Fettsyrer 9

Tabeller 10

Tabell 1. Mykotoksiner 10

Tabell 2. Mykotoksiner - Enniatin og Beauvericin 11

Tabell 3. Metaller 11

Tabell 4. Polyklorerte bifenyler (PCB) 12

Tabell 5. Dioksiner og dioksin-lignende PCB 13

Tabell 6. Klorerte pesticider 14

Tabell 7. DDT 15

Tabell 8. Polybromerte flammehemmere (PBDE) 16

Tabell 9. Polybromerte flammehemmere (PBDE), andre kongener 16

Tabell 10. Bromerte flammehemmere (HBCD og TBBP-A) 17

Tabell 11. Perfluorerte forbindelser (PFAS) 18

Tabell 12. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) 19

Tabell 13. Glycidylestere og 3-MCPD estere 20

Tabell 14. Organofosfat pesticider og ugressmidler 20

Tabell 15. Syntetiske antioksidanter 21

Tabell 16. Mineraler og sporelementer 22

Tabell 17. Vitamin E 23

Tabell 18. Fettsyresammensetning 23

Konklusjon 25

Referanser 26

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 2021, ankom det 82 fiskefôr, 10 fiskemel, 19 vegetabilske mel, 4 insektmel, 10 fiskeoljer, 10 vegetabilske oljer og 16 premikser (8 vitamin- og 8 mineral premikser) i dette programmet. Prøvene ble analysert for en rekke kontaminanter, tilsetningsstoffer, naturlige toksiner og noen næringsstoffer. Dataene som framkommer i dette programmet rapporteres fortløpende med elektronisk analysebevis til Mattilsynet. Ved funn av verdier som overstiger grenseverdiene blir Mattilsynet varslet. I tillegg rapporteres data på fremmedstoff fra dette programmet årlig til det Europeiske mattrygghetsorganet European Food Safety Authority (EFSA).

Det blir i dette programmet tatt ut prøver fra registrerte virksomheter som produserer fôrblandinger til fisk i Norge. Virksomhetene har ulik geografisk fordeling, og prøvene blir tatt på ulike tidspunkt av året. Målet er å få et representativt utvalg av fiskefôr (fullfôr) og fôringredienser (fôrmidler) benyttet i norsk fiskefôrproduksjon. I 2020 ble det tatt prøver fra Cargill/Ewos, BioMar AS, Skretting AS, Mowi ASA og Europharma AS. Data i denne rapporten, samt til EFSA, er anonymisert med tanke på fôrprodusent.

Mattilsynet er ansvarlige for uttak av prøvene, og som utarbeider en årlig prøvetakningsplan. Prøvene blir tatt og sendt til Havforskningsinstituttet (HI) av Mattilsynets inspektører. 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 også nasjonalt referanselaboratorium (NRL) for flere av metodene. Det blir benyttet underleverandør for noen av analysene, der laboratoriet som benyttes er også akkreditert etter ISO-EN 17025.

I denne rapporten er noen av konsentrasjonene under kvantifiseringsgrensen for metoden (Limit of Quantification, LOQ). LOQ er den konsentrasjonen av et stoff man kan kvantifisere med en gitt måleusikkerhet, og avhenger blant annet av prøvetype. Resultater under LOQ oppgis som «lavere enn LOQ» (<LOQ). For å kunne ta med disse prøvene i beregningene av gjennomsnitt eller summer blir konsentrasjoner som er mindre enn LOQ satt lik LOQ. Prinsippet kalles «upper bound summering» og er standard prosedyre ved beregning av sum dioksiner. I denne rapporten brukes prinsippet for utregning av gjennomsnitt for alle stoffgrupper. Det reelle tallet, som ikke er kvantifiserbart, vil i virkelighet ikke alltid være på LOQ, men lavere enn LOQ.

Resultater og diskusjon

Prosesserte animalske proteiner

Forbudte prosesserte animalske proteiner (PAP), dvs mel av kjøtt, bein og innmat fra drøvtyggere ble undersøkt i 10 fiskemel, 4 insektmel og 8 vitamin-premikser i 2021. I tre vitaminpremiks ble det påvist DNA av drøvtyggere ved bruk av en qPCR metode, men det ble ikke påvist PAP ved bruk av en lysmikroskopi-metode på samme prøve. Det kan ikke skilles mellom lovlig og ulovlig innhold av animalske produkter (dvs melk versus beinmel) gjennom en qPCR-analyse, og negative funn med en lysmikroskopi-metode blir ansett som negativ. I 2021 var følgende drøvtyggerkomponenter lovlig i fiskefôr; melk, melkeprodukter og hydrolysert protein fra huder og skinn. Man kan ikke fastslå opprinnelse (lovlige eller ulovlige drøvtyggerbestanddeler) ved hjelp av qPCR-metodikk eller lysmikroskopi.

Mikrobiologisk kvalitet og toksiner

Mikrobiologiske analyser

Bakteriene *Enterobacteriaceae* og *Salmonella* ble undersøkt i 82 fullfôr og 10 fiskemel, i tillegg til at *Salmonella* også ble undersøkt i 4 insektmel. Det var noen utslag over påvisningsgrensene (LOQ) for *Enterobacteriaceae,* med nivåer fra 10 til 50 CFU/g i fiskefôr, og 20 CFU/g i fiskemel. Ett av fiskemelene hadde utslag for *Enterobacteriaceae* over øvre grenseverdi på 300 CFU/g. Som følge av dette funnet ble prøven analysert totalt fem ganger, og alle hadde funn over grenseverdi, med et snitt på 1840 CFU/g (fra 300 til 7000 CFU/g). Det ble ikke påvist *Salmonella* i noen av prøvene undersøkt i 2021.

Mykotoksiner

Resultater for mykotoksiner viste ingen overskridelser av grenseverdier eller referanseverdier. Et vegetabilsk fôrmiddel hadde noe forhøyede nivåer av aflatoksin, med 4,3 µg/kg, men under grenseverdi på 20 µg/kg (Tabell 1). Enniatin B var over kvantifiseringsgrensen (LOQ) for de fleste fiskefôr (30 av totalt 40 prøver), men med relativt lave konsentrasjoner (fra 13 til 56 µg/kg) (Tabell 2). Noe høyere konsentrasjon av Enniatin B og Enniatin B1 (530 og 190 µg/kg) ble registrert i ett vegetabilsk fôrmiddel av hvetegluten, i forhold til det vi vanligvis observerer. Det er ikke etablert grenseverdi eller referanseverdi for enniatin i fôr eller fôrmidler. I fullfôr fra 2021, ble DON påvist i 30% av fullfôrprøvene undersøkt, med nivå mellom 10 og 65 µg/kg, mens ingen av fullfôrene inneholdt ZEN og FUM over LOQ. Den globale trenden har vist at deoxynivalenol er mykotoksinet som er oftest påvist, etterfulgt av zearalenone og fumonisin [3].

Plantetoksiner

De naturlige plantetoksinene teobromin, blåsyre og glukosinolater ble undersøkt i 20 fullfôr og i 19 vegetabilske mel i 2021. Ingen av prøvene inneholdt nivåer av disse plantetoksinene over LOQ. Plantetoksiner ble inkludert i programmet i 2018, og det er derfor foreløpig få data på tilstedeværelsen i fiskefôr. Undersøkelsene så langt tyder på liten tilstedeværelse av disse toksiner i fiskefôr og/eller vegetabilske fôrmidler.

Uønskede stoffer

Det var ingen overskridelser av grenseverdier for uorganiske miljøgifter (metaller) eller organiske miljøgifter (PCB, dioksiner, klorerte pesticider) i prøvene undersøkt i 2021.

Metaller

Uorganiske metaller, inkludert arsen (As) og tungmetallene kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og bly (Pb) ble målt i 82 fullfôr, 10 fiskemel, 19 vegetabilske fôrmiddel, 4 insektmel og 8 mineralpremikser i 2021 (Tabell 3). I fullfôr varierte nivåene for As fra 0,8 til 6,7 mg/kg, Hg fra 0,005 til 0,11 mg/kg, Cd fra 0,04 til 0,62 mg/kg og Pb fra 0,02 til 0,14 mg/kg.

Nivåene er sammenlignbare med tidligere år, og under øvre grenseverdier for fullfôr. Av fôrmidlene er det fiskemel som bidrar med de høyeste nivåene av metallene As og Hg. Insektmel hadde høyest nivå av metallene Cd og Pb med et gjennomsnitt på henholdsvis 0,61 mg/kg og 0,69 mg/kg.

PCB og dioksiner

Organiske uønskede stoffer, inkludert dioksiner (sum PCDD/PCDF), dioksinlignende (dl)-PCB, samt seks ikke-dioksinlignende PCB (Sum PCB6) ble undersøkt i 82 fullfôr, 10 fiskemel og 10 fiskeoljer i 2021 (Tabell 4 og Tabell 5). I fullfôr varierte nivåene av Sum PCB6 mellom 0,5 og 15 µg/kg (Tabell 4), der det høyeste nivået var dobbelt så høyt som det som ble funnet i overvåkningsprogrammet i 2020, mens gjennomsnitt konsentrasjon på 3,4 µg/kg var tilsvarende snittet i 2020 [4]. Alle prøver var under øvre grenseverdi for Sum PCB6 i fullfôr som er 40 µg/kg. Nivåene av Sum PCB6 i fiskemel og i fiskeolje fra 1,7 til 86,7 µg/kg. Resultater var betydelig lavere enn øvre grenseverdien på 30 µg/kg i fiskemel og 175 µg/kg i fiskeoljer (Tabell 4).

I fullfôr varierte nivåene av dioksiner fra 0,16 til 0,8 ng TEQ/kg, og nivåene av sum dioksin og dl-PCB fra 0,2 til 1,7 ng TEQ/kg, som er under øvre grenseverdiene på henholdsvis 1,75 ng TEQ/kg og 5,5 ng TEQ/kg (Tabell 5). For fiskemel og fiskeolje var også nivåene under øvre grenseverdier for dioksiner og sum dioksiner og dl-PCB. Nivåene var tilnærmet like som tidligere års undersøkelser [4, 5]. Det har pågått 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 [6].

Klorerte pesticider

Klorerte pesticider inkludert dieldrin/aldrin, toksafen, klordan, endosulfan, HCB, HCH og DDT ble undersøkt i 40 fullfôr, 10 fiskemel, og 10 fiskeoljer i 2021. Fiskefôr inneholdt et snitt for sum dieldrin/aldrin, sum endosulfan, sum toksafen, sum klordan, sum heptaklor, sum HCH, HCB og sum DDT på henholdsvis 1,2 µg/kg, 1,7 µg/kg, 1,7 µg/kg, 1,1 µg/kg, 0,8 µg/kg, 0,5 µg/kg, 1,0 µg/kg, 1,0 µg/kg og 4,7 µg/kg (Tabell 6 og 7). Nivåene for disse persistente organiske miljøgiftene var tilnærmet lik nivåer sett i fullfôr undersøkt tidligere år i dette programmet [4], og under de øvre grenseverdiene.

Bromerte flammehemmere

Bromerte flammehemmere (PBDE, HBCD og TBBP-A) ble undersøkt i 82 fullfôr, 10 fiskemel og 10 fiskeoljer i 2021, i tillegg til at HBCD og TBBP-A ble undersøkt i 4 insektmel. Det er åtte PBDEer som av EFSA er definert som særlig interessante med tanke på mattrygghet [7]. 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 fôrovervåkningen i 2021. For å kunne sammenligne mellom årene blir PBDE 7 presentert i denne rapporten (Tabell 8). Snitt for sum PBDE 7 ble funnet til å være 0,35 µg/kg i fullfôr, 0,29 µg/kg i fiskemel og 2,65 µg/kg i fiskeolje, og dette er tilnærmet samme konsentrasjonsområde som i prøver undersøkt i 2020 [4]. Av enkeltkongenere er det spesielt BDE 47 som bidrar mest til sum PBDE7, med mellom 51 - 63 % avhengig av prøvemateriale.

Det ble registrert forhøyede nivåer av PBDE 207 og PBDE 209 i to prøver av fullfôr. Konsentrasjonene var for disse to prøvene opp mot 0,11 ng/g ww for PBDE 207 og 2,5 ng/g for PBDE 209 (Tabell 9), som er over konsentrasjonene vi normalt ser for fullfôr. Det er ikke etablert øvre grenseverdier for PBDE i fôr og fôrmidler. PBDE kan overføres fra fôr til laksemuskel. Både VKM og EFSA har vurdert eksponering for PBDE, og funnet lav risiko knyttet til inntaket [7, 8].

HBCD ble funnet over LOQ i de fleste prøver av fullfôr, fiskemel og fiskeolje, hovedsakelig som α- HBCD (Tabell 10). HCBD var under LOQ i insektmelene, for både α, β og γ-HBCD. HBCD kan overføres fra fôr til fisk [9]. EFSA konkluderte i 2011 at nivået i mat ikke utgjør en helserisiko [10]. Tetrabromobisfenol-A (TBBP-A) ble ikke påvist i fiskemel eller fiskeoljer, mens 37 av 82 fiskefôr innehold TBBP-A med nivåer fra 0,06 til 2,3 µg/kg. Det ble registrert forhøyet nivå av TBBP-A i et insektmel, med konsentrasjon på 650 µg/kg, som er over konsentrasjon vi normalt ser for prøver i dette overvåkingsprogrammet. Det er ikke etablert øvre grenser for TBBP-A i fôr eller fôrmidler. TBBP-A er den eneste bromerte flammehemmeren i dette programmet som fremdeles er tillatt i bruk. TBBP-A kan tas opp fra fôr til fisk, men nivåene som blir funnet i laks er lave (www.sjømatdata.hi.no). EFSA konkluderte med at det er liten risiko

knyttet til inntaket av TBBP-A i Europa i 2011 [11].

Perfluorerte forbindelser (PFAS)

Perfluorerte forbindelser (PFAS) ble undersøkt i 82 fullfôr, 10 fiskemel, 19 vegetabilske mel, 10 fiskeoljer, 10 vegetabilske oljer og 4 insektmel i 2021. Denne brede undersøkelsen ble utført for å dokumentere tilstedeværelsen av disse forbindelsene i fiskefôr og ulike fôrmidler. Resultatene tyder på at de fleste prøver av fôr og fôrmidler har nivåer av PFAS under LOQ, men det ble registrert nivåer av noen PFAS over LOQ i både fullfôr, fiskemel, fiskeolje og vegetabilsk olje (Tabell 11). Forbindelsen PFOS (Perfluoroktylsulfonat) ble funnet med konsentrasjoner over LOQ i fem av 82 undersøkte fiskefôr, samt i ett fiskemel og en fiskeolje. I én fiskeolje ble det registrert høyt nivå av PFOS (51 ng/g), samt en rekke PFAS forbindelser (PFDA, PFNA, PFOA, PFOS, PFTrDA og PFUdA). Resultatene fra årets analyser tyder på at både vegetabilske og marine fôrmidler kan bidra med PFAS til fullfôret, men at særlig fiskeoljer kan inneholde høye nivåer av disse forbindelsene. PFOS ble funnet å være hovedkongeneren av PFAS i en studie på fiskefôr, fiskemel og olje [15]. Andre studier har vist at ulike fiskeslag kan ha ulike konsentrasjoner av PFAS [16, 17], og dette kan forårsake variasjoner i disse forbindelser i råmaterialer som fiskemel og olje.

Prosesskontaminanter

Prosesskontaminantene polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble undersøkt i 40 fullfôr, 19 vegetabilske fôrmidler og 10 vegetabilske oljer i 2021, og var til stede i samme konsentrasjonsområde som i 2019 og 2020 [4] (Tabell 12).

Prosesskontaminantene glycidol, 2-MCDP og 3-MCDP ble undersøkt i 20 fullfôr, 10 vegetabilske oljer og 10 fiskeoljer i 2021 (Tabell 13). Glycidol ble påvist i alle fullfôrprøvene, mens 3-MCDP ble påvist i 15 av 20 av fullfôr, med nivåer opp mot 110 µg/kg og 82 µg/kg for henholdsvis glycidol og total 3-MCPD. 2-MCPD ble påvist i fire fullfôr og i én fiskeolje (Tabell 13). Ingen de vegetabilske oljene inneholdt disse prosesskontaminantene. I én prøve av fiskeolje ble det registrert høyt nivå av 3-MCPD i forhold til tidligere målinger i dette programmet, med konsentrasjon på 1500 µg/kg. Den samme oljen inneholdt også 2-MCPD med konsentrasjon på 130 µg/kg. Det er ikke etablert øvre grenseverdier for disse prosesskontaminantene i fullfôr eller i fôrmidler.

Organofosfat pesticider og ugressmiddel

For 123 analyserte ikke-klorerte pesticider var kun tre pesticider (pirimifos-metyl, glufosinat og glyfosat og dens nedbrytningsprodukt amino-metyl-fosfonsyre (AMPA)) funnet i konsentrasjoner over LOQ i fullfôrene (Tabell 16). Ugressmiddelet glyfosat og AMPA ble påvist i de fleste prøvene, som også sett tidligere i dette programmet [4, 5]. Det ble registrert høyt nivå av glyfosat og AMPA i et insektmel undersøkt i 2021, med konsentrasjoner for glyfosat på 0,36 mg/kg og for AMPA på 0,38 mg/kg. Det finnes per i dag ikke spesifikke MRL (maximum residure level) for pesticider i fôrmidler eller fullfôr, men det finnes MRL for disse pesticider i matprodukter [12]. Disse omfatter matprodukter fra planter, terrestriske vertebrater og evertebrater. I EU er MRL for glyfosat i «terrestriske evertebrater», som vil omfatte insekter, 0,05 mg/kg. Helseeffektene av glyfosat på laks er ikke fult kjent, men noen studier tyder på at det kan ha negative påvirkninger på nyre- og leverfunksjonen til fisken [13, 14].

Tilsetningsstoffer

Syntetiske antioksidanter

Tilsetningsstoffet ethoxyquin (EQ) og oksidasjonsproduktet ethoxyquin-dimer (EQDM) ble undersøkt i 81 fullfôr og 10 fiskemel i 2021 (Tabell 17). Bruken av EQ som tilsetningsstoff ble faset ut i EU og i Norge 31. mars 2020. Analyser i 2021 viste at EQ var over LOQ i 20 av fullfôrene og i ett av fiskemelene, med konsentrasjoner fra 0,009 til 0,58 mg/kg. Oksidasjonsproduktet EQDM ble ikke påvist i noen av prøvene. Konsentrasjonsnivåene av EQ i fullfôrene og fiskemelet karakteriseres som spornivå, og tyder på at det kommer fra forurensinger på f.eks. produksjonslinjene, og/eller via transport.

Tilsetningstoffene butylert hydroksytoluen (BHT) og propylgallat ble undersøkt i 81 fullfôr og 10 fiskemel, og butylert hydroksyanisol (BHA) ble undersøkt i 81 fullfôr og 10 fiskeoljer (Tabell 17). Nivåene av BHA og BHT var i samme konsentrasjonsområde som i 2019 og 2020, og propylgallat var under LOQ for alle fullfôr, i likhet med tidligere undersøkelser [4, 5]. I fiskemel var alle prøver under LOQ for propylgallat, mens nivåene av BHT varierte fra 1,7 til 240 mg/kg. BHT har ikke blitt analysert i fiskemel tidligere i dette programmet. Resultatene viser at BHT tilsettes i noen fiskemel. Fiskeoljene inneholdt lave konsentrasjoner av BHA (< LOQ til 0,76 mg/kg), med unntak av to prøver med konsentrasjoner på 51 og 190 mg/kg. Det er ingen grenser for øverste tillate innhold for BHT eller BHA i fôrmidler.

Mineraler og sporelementer

Mineraler og sporelementer ble analysert i 82 fullfôr, 10 fiskemel, 10 vegetabilske mel, 4 insektmel og 8 mineralpremikser (Tabell 18). De essensielle sporelementene jern (Fe), kobber (Cu), mangan (Mn) og kobolt (Co) var alle under grensene for høyeste tillate innhold satt i EU regelverket for tilsetningsstoffer. Det høyeste tillate innhold for selen (Se) er 0.5 mg/kg, molybden (Mo) er 2.5 mg/kg og sink (Zn) er 180 mg/kg for fôr til salmonider. Flere av fullfôrene undersøkt i 2021 var over grensen for høyeste tillate innhold for Se (72% av fôrene), Mo (15% av fôrene), Zn (23% av fôrene) og for både Se og Zn (24% av fôrene). Dette har også har blitt observert tidligere år i dette programmet [4, 5]. Resultatene i dette programmet viser at fiskemel bidrar særlig med Se til fullfôr, mens Zn kommer fra både fiskemel, vegetabilsk mel og insektmel. Vegetabilsk mel bidrar særlig med Mo. Analyser viser også at premikser inneholder Se og Zn, men ikke Mo. Sporelementene Zn og Se er begrensende i plantebaserte fôr [18, 19], og behovet for Se og Zn er høyere når fisken fôrer på plantebasert fôr [19], og når laksen overføres til sjøvann [20]. Studier har vist at nivåer av Zn og Se under henholdsvis 180 mg/kg og 0,65 mg/kg kan påvirke laksens helse negativt [19, 20].

Næringsstoffer

Vitaminer

Vitamin E ble analysert i 82 fullfôr, 10 fiskemel og 10 premikser i 2021 (Tabell 19). I fullfôr var gjennomsnittsnivået av sum tokoferoler på 476 mg/kg, med variasjon fra 238 til 689 mg/kg, der hovedformen er alfa-tokoferol. Nivået av sum tokoferoler var noe høyere i fullfôr undersøkt i 2021 sammenlignet med 2020, der snittet var 374 mg/kg [4]. I fiskemel var nivået for tokoferoler på samme nivå som i 2020, med snitt for sum tokoferoler på 81 mg/kg, og en variasjon fra 4 til 140 mg/kg. Fiskemel med de laveste nivåene av tokoferol hadde høyere nivå av BHT sammenlignet med fiskemel med høyere innhold av tokoferol. Resultatene kan tyde på at tokoferol og BHT blir tilsatt for sin antioksidantfunksjon i fiskemel. I fullfôr var snittet for sum tokotrienoler på 17,5 mg/kg. Tokotrienoler var under LOQ for alle fiskemel, med unntak av tre prøver, der nivået av gamma-tokotrienol var fra 0,14 til 0,18 mg/kg. Analyser av premikser viser at det blir hovedsakelig tilsatt alfa-tokoferol og alfa-tokotrienoler. Vitamin E har en antioksidant funksjon og tilsetting av vitamin E kan derfor være viktig for å forhindre oksidasjon av fôret, men det har også flere viktige biologiske og metabolske funksjoner [21, 22].

Fettsyrer

Fettsyresammensetningen ble bestemt i 20 fullfôr i 2021 (Tabell 20). Snittet for sum av EPA og DHA var 23,4 mg/g i fôrprøvene. Minimumsverdien for sum EPA og DHA var 19,1 mg/g som er over antatt minimumsbehov hos laks i sjøvann for vekst. Forholdet mellom sum n-3 fettsyrer og sum n-6 fettsyrer (n-3/n-6) var noe høyere i år med ett snitt på 1,5 sammenlignet med et snitt på 1,2 i 2018 og 2019. Det var ett av fôrene som dro opp n-3/n-6 snittet med et forhold på 3.4. Fettsyren linolsyre (18:2n-6) var lavere i dette fôret sammenlignet med de andre analyserte prøvene, som tyder på en høyere innblanding av marine oljer i fôrprøven sammenlignet med de andre prøvene. I 2021 var snittverdien for erukasyre (22:1 n-9) i fullfôr 1,1 mg/kg med variasjon fra 0,4 til 2,9 mg/kg, noe som er litt lavere enn for fôrene undersøkt i 2020 (1,0 til 4,3 mg/kg).

Tabeller

Tabell 1. Mykotoksiner

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for mykotoksinene aflatoksin B1, deoxynivalenol (DON), fumonisiner (Fum B1, B2), ochratoksin A (ochraA) og zearalenon (Zea) (µg/kg) i fullfôr, vegetabilsk fôrmiddel og insektmel analysert i 2021. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Siste rad viser øvre grenseverdi eller anbefalt referanseverdi for mykotoksiner i fullfôr og fôrmidler. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of mycotoxins (µg/kg) in fish feed, plant meal and insect meal analysed in 2021 (when 20% or more of the results were over LOQ). The maximum level or recommended guidance values for mycotoxin residues in feed and feed materials are given in the rows below the results (mg/kg)].

Prøver	Aflatoxin B1 (µg/kg)	Alle positive Aflatoxiner (µg/kg)	Deoxynivalenol (DON) (µg/kg)	Diacetoxyscirpenol (DAS) (µg/kg)	Fumonisin B1 (FB1) (µg/kg)	Fumonisin B2 (FB2) (µg/kg)	Fusarenone X (FX) (µg/kg)	Nivalenol (NIV) (µg/kg)	Ocrat A (µg/
Fullfôr									
Snitt (n=40)	< LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	< 1	< 4	21	< 10	< 200	< 200	< 20	< 20	< 1
Maks			65						
Prøver over LOQ	0	0	12	0	0	0	0	0	0
Anbefalt referanseverdi [1)]	10 [2)]		2 000 [3)]		10 000 [4)]	10 000 [4)]	1 000 [1)]	1 000 [1)]	
Vegetabilske fôrmiddel									
Snitt (n=19)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,1
Min	< 0,1	< 0,4	35	< 10	< 20	< 20	< 20	< 20	0,5
Maks	4,3	5,4	51						1,4
Prøver over LOQ	1	1	2	0	0	0	0	0	6
Anbefalt referanseverdi [1)]	20 [2)]		8 000 [3)]		60 000 [4)]	60 000 [4)]	250	2 000-3 000	
Insektmel									
Snitt (n=4)	<LOQ	< LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	< 1	< 0,4	< 20	< 10	< 200	< 200	< 20	< 10	< 20
Maks			71						
Prøver over LOQ	0	0	1	0	0	0	0	0	0

[1)] Anbefalte referanseverdi i fullfôr for innhold av muggsopp og mykotoksiner i fôrvarer. «Anbefalte grenseverdier for sopp og mykotoksiner i fôrvarer», (Mattilsynet, 13.mars 2019).

[2)] For aflatoxin er det satt en øvre grenseverdi.

[3)] 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.

[4)] 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 - Enniatin og Beauvericin

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for beauvericin og enniatin (µg/kg) i fullfôr, vegetabilske fôrmiddel og insektmel i 2021. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of beauvericin and enniatin (µg/kg) in fish feed, plant meal and insect meal in 2021 (when 20% or more of the results are over LOQ)].

Prøver	Beauvericin (µg/kg)	EnniatinA (µg/kg)	EnniatinA1 (µg/kg)	EnniatinB (µg/kg)	EnniatinB1 (µg/kg)
Fullfôr					
Snitt (n=40)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	25,2	<LOQ
Min	<10	<10	<10	13	10
Maks				56	24
Prøver over LOQ	0	0	0	30	8
Vegetabilske fôrmiddel					
Snitt (n=19)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	< LOQ
Min	<10	<10	<10	13	<10
Maks	16		54	530	190
Prøver over LOQ	1	0	1	2	1
Insektmel					
Snitt (n=4)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	<10	<10	<10	<10	<10
Maks					
Prøver over LOQ	0	0	0	0	0

Tabell 3. Metaller

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av arsen, uorganisk arsen kadmium, kvikksølv, metylkvikksølv og bly i fullfôr, fiskemel, vegetabilske fôrmiddel, insektsmel og mineralpremikser i 2021 (mg/kg). Øvre grenseverdier er gitt under de analyserte verdiene (mg/kg). [Mean concentration and the range (min-max concentration) of total arsenic, inorganic arsenic, cadmium, total mercury, methyl mercury and lead in fish feed, fishmeal, plant protein, insect meal and mineral premixes in 2021 (mg/kg). The maximum levels are given in the rows below the results (mg/kg)].

Prøver	Arsen (mg/kg)	Uorganisk As (mg/kg)	Kadmium (mg/kg)	Kvikksølv (mg/kg)	Metyl-kvikksølv (mg/kg)	Bly (mg/kg)	Fluorid (mg/kg)
Fullfôr							
Snitt (n=82)	2,2	0,04 [1)]	0,12	0,022 [1)]	0,025	0,04	55,2 [1)]
Min	0,8	0,01	0,04	0,005	0,007	0,02	22

Maks	6,7	0,06	0,62	0,11	0,11	0,14	120
Prøver over LOQ	82	20	82	75	20	82	20
Grenseverdi	10	2	1	0,2		5	350
Fiskemel							
Snitt (n=10)	4,5	-	0,52	0,09	-	0,06	53
Min	2,2		0,2	0,02		0,04	15
Maks	8,8		1,5	0,14		0,10	120
Prøver over LOQ	10		10	9		6	7
Grenseverdi	25		2	0,5		10	500
Vegetabilske fôrmidler							
Snitt (n=19)	0,02	-	0,10	<LOQ	-	0,02	
Min	0,01		0,01	<0,007		0,02	
Maks	0,04		0,04			0,05	
Prøver over LOQ	19		19	0		7	
Grenseverdi	2		1	0,1		10	
Insektmel							
Snitt (n=4)	0,10		0,61	<LOQ	-	0,69	
Min	0,04		0,55	<0,005		0,43	
Maks	0,26		0,67			0,92	
Prøver over LOQ	4		4	0		4	
Grenseverdi	2		2	0,1		10	
Mineralpremikser							
Snitt (n=8)	0,28		0,80	0,09		1,71	
Min	0,12		0,14	0,01		0,49	
Maks	0,59		1,70	0,02		2,70	
Prøver over LOQ	7		8	1		8	
Grenseverdi	-		15	-		200	

[1)] N=20.

Tabell 4. Polyklorerte bifenyler (PCB)

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av kongenerne PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 og PCB-180 og sum PCB6 (µg/kg) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2021. Sum PCB6 er «upper bound» summering av kongenerne. Øvre grenseverdi er gitt for sum PCB6 (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 PCB6 in fish feed, fishmeal and fish oil in 2021. Sum PCB6 is determined as "upper bound", The maximum levels are given for sum PCB6 (µg/kg)].

Prøver	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 PCB6 (µg/kg)
Fullfôr							
Snitt (n=82)	0,2	0,9	0,6	0,9	1,1	0,3	3,4
Min	0,09	0,1	0,07	0,07	0,07	0,08	0,5
Maks	0,76	8,4	2,5	3,4	5,6	2,1	15
Prøver over LOQ	40	73	75	81	80	69	-
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	40
Fiskemel							
Snitt (n=10)	0,1	0,2	0,4	0,5	0,8	0,2	2,2
Min	0,09	0,1	0,3	0,05	0,07	0,08	0,3
Maks	0,1	0,4	0,8	1,1	2,0	0,4	4,6
Prøver over LOQ	5	8	8	9	9	8	
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	30
Fiskeolje							
Snitt (n=10)	0,8	2,3	5,1	6,6	13,1	3,4	31,3
Min	0,6	0,4	0,5	1,1	0,4	1,1	1,7
Maks	1,7	6,2	15,0	16,0	37	12	86,7
Prøver over LOQ	7	8	9	9	10	9	-
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	175

Tabell 5. Dioksiner og dioksin-lignende PCB

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av sum dioksiner (sum PCDD og PCDF), sum dioksin-lignende (dl)-PCB og sum totale toksikologiske ekvivalenter (sum TEQ) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2021. Summen er «upper bound», og gitt i ng TEQ/kg1). 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 dioxin-like (dl)-PCB and sum dioxins and dl-PCB (sum TEQ) in fish feed, fishmeal and fish oil in 2021. Sum is «upper bound» 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) [2)]	Sum TEQ (ngTEQ/kg) [3)]
Fullfôr			
Snitt (n=82)	0,33	0,25	0,56
Min	0,16	0,03	0,2
Maks	0,80	0,98	1,7

Øvre grenseverdi fullfôr [1)]	1,75		5,5
Fiskemel			
Snitt (n=10)	0,29	0,26	0,55
Min	0,09	0,02	0,13
Maks	0,49	0,56	1,05
Øvre grenseverdi fiskemel [1)]	1,25		4,0
Fiskeolje			
Snitt (n=10)	1,19	2,63	3,82
Min	0,39	0,05	0,44
Maks	2,59	6,88	7,60
Øvre grenseverdi fiskeolje [1)]	5,0		20,0

[1)] ng TEQ (WHO 2005)/kg (konsentrasjonen multiplisert med en gitt toksisitetsekvivalens-faktor).

[2)] 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).

[3)] Summen av dioksiner og dl-PCB oppgis som sum totale toksikologiske ekvivalenter (sum TEQ) med WHO toksisitetsekvivalensfaktor fra 2005.

Tabell 6. Klorerte pesticider

Gjennomsnittskonsentrasjon og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av klorerte pesticider (µg/kg) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje undersøkt i 2021. Summeringen er «upper bound» og molekylvektet. Øvre grenseverdi er gitt i den siste raden (µg/kg). [Mean concentration and the range (min - max concentration) of chlorinated pesticides in fish feed, fish meal and fish oil analysed in 2021. Sum of pesticides is "upper bound" and molecular weighted [1)]].

Prøver	**Sum Dieldrin og Aldrin (µg/kg) [1)]**	**Sum Endosulfan (µg/kg)**	**Sum Toksafen (µg/kg)**	**Sum Klordan (µg/kg)**	**Sum Heptaklor (µg/kg)**	**Sum HCH (µg/kg)[4)]**	**HCB (µg/kg)**
Fullfôr							
Snitt (n=40)	1,2	1,7	1,7	1,1	0,8	0,5	1,0
Min	0,3	1,3	1,0	0,7	0,5	0,75	<0,5
Maks	3,5	3,1	8,5	2,6	1,4	1,9	5,5
Øvre grenseverdi	20	50	20	20	10	-	10
Fiskemel							
Snitt (n=10)	0,9	1,3	1,0	0,3	0,5	0,8	0,8
Min	0,3	1,3	1,0	0,1	0,5	0,8	<0,5
Maks	1,6	1,3	1,2	1,1	0,6	0,8	2,0
Øvre grenseverdi	20	100	20	20	10	-	10

Fiskeolje							
Snitt (n=10)	7,6	3,3	8,3	3,5	2,6	1,3	4,9
Min	0,6	3,3	5,1	1,3	1,9	0,8	<1,3
Maks	17,9	3,3	23,8	9,6	4,3	2,5	10,6
Øvre grenseverdi	100	100	200	50	200	-	200

[1)] Dieldrin uttrykt som dieldrin alene. Alle resultater for aldrin er under LOQ.

[2)] Sum av alfa, beta og gamma heksaklorsykloheksan. Alle resultater var under grenseverdien for enkeltisomerene. Grenseverdiene er 20, 10 og 200 µg/kg for henholdsvis α-, β- og γ-HCH i fôrmidler og fôrblandinger, og 200, 100 og 2000 µg/kg for henholdsvis α-, β- og γ-HCH i fett og olje.

Tabell 7. DDT

Gjennomsnittskonsentrasjon og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av DDT-isomerer (µg/kg) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2021. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Summeringen er «upper bound» og molekylvektet. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of DDT isomers in fish feed, fishmeal and fish oil analysed in 2021 (when 20% or more of the results are over LOQ). Sum DDT is determined as "upper bound" and molecular weighted. The maximum levels are 50 µg/kg for feed and fish meal, and 500 µg/kg for fish oil].

Prøver	**op-DDD (µg/kg)**	**op-DDE (µg/kg)**	**op-DDT (µg/kg)**	**pp-DDD (µg/kg)**	**pp-DDE (µg/kg)**	**pp-DDT (µg/kg)**	**Sum DDT (µg/kg)**
Fullfôr							
Snitt (n=40)	0,20	< LOQ	0,31	0,84	2,3	0,56	4,7
Min	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	0,17	0,11	0,8
Maks	0,75	0,31	1,9	4,6	9,4	2,5	18,6
Prøver over LOQ	11	1	17	35	36	31	
Øvre grenseverdi							50
Fiskemel							
Snitt (n=10)	0,13	<LOQ	<LOQ	0,49	1,7	<LOQ	3,0
Min	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,22	<0,1	0,8
Maks	0,36	0,14	0,33	1,0	4,0	0,35	6,8
Prøver over LOQ	4	1	1	9	10	1	
Øvre grenseverdi							50
Fiskeolje							
Snitt (n=10)	0,77	0,48	0,35	6,0	20,8	1,9	33,1
Min	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	1,6

Maks	2,4	2,5	0,74	19,3	69,9	5,5	105,4
Prøver over LOQ	8	2	4	9	9	6	
Øvre grenseverdi							500

Tabell 8. Polybromerte flammehemmere (PBDE)

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av polybromerte flammehemmere, PBDE kongenere (µg/kg) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2021. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Sum PBDE7 er «upper bound» summering av kongernene. [Mean concentration and range (min-max concentration) of PBDE (µg/kg) congeners in fish feed, fishmeal and fish oil in 2021 (when 20% or more of the results are over LOQ), Sum of PBDE7 is «upper bound»].

Prøver	PBDE-28 (µg/kg)	PBDE-47 (µg/kg)	PBDE-99 (µg/kg)	PBDE-100 (µg/kg)	PBDE-153 (µg/kg)	PBDE-154 (µg/kg)	PBDE-183 (µg/kg)	Sum PBDE7 (µg/kg)
Fullfôr								
Snitt (n=82)	0,01	0,19	0,04	0,06	<LOQ	0,04	<LOQ	0,35
Min	0,01	0,06	0,02	0,03	<0,02	0,02	<0,02	0,16
Maks	0,07	1,0	0,15	0,24	0,03	0,12	0,05	1,49
Prøver over LOQ	59	72	51	64	3	35	9	-
Fiskemel								
Snitt (n=10)	0,01	0,15	0,04	0,05	<LOQ	0,05	<LOQ	0,29
Min	0,01	0,03	0,03	0,03	<0,02	0,02	<0,02	0,12
Maks	0,01	0,29	0,05	0,11	0,02	0,09	0,02	0,56
Prøver over LOQ	8	9	5	8	1	4	1	-
Fiskeolje								
Snitt (n=10)	0,13	1,67	0,29	0,53	<LOQ	0,27	<LOQ	2,65
Min	0,05	0,18	0,11	0,23	<0,08	0,14	<0,07	0,58
Maks	0,41	5,7	0,64	1,40	0,19	0,59		8,68
Prøver over LOQ	7	9	8	7	2	7	0	-

Tabell 9. Polybromerte flammehemmere (PBDE), andre kongener

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av polybromerte flammehemmere, PBDE kongenere1) (µg/kg) i fullfôr, fiskemel og fiskeolje i 2021. [Mean concentration and range (min-max concentration) of PBDE (µg/kg) congeners in fish feed, fishmeal and fish oil in 2021].

Prøver	PBDE-49 (µg/kg)	PBDE-66 (µg/kg)	PBDE-71 (µg/kg)	PBDE-75 (µg/kg)	PBDE-206 (µg/kg)	PBDE-207 (µg/kg)	PBDE-209 (µg/kg)
Fullfôr							
Snitt (n=82)	0,07	< LOQ	< LOQ	0,01	<LOQ	<LOQ	0,22

Min	0,015	0,01	0,007	0,007	<0,03	0,07	0,05
Maks	0,26	0,03	0,02	0,04	0,08	0,11	2,5
Prøver over LOQ	73	9	3	58	1	2	29
Fiskemel							
Snitt (n=10)	0,02	0,01	<LOQ	0,02	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	0,01	0,01	<0,006	0,01	<0,02	<0,04	<0,05
Maks	0,03	0,02		0,04			0,16
Prøver over LOQ	9	2	0	5	0	0	1
Fiskeolje							
Snitt (n=10)	0,64	0,07	<LOQ	0,09	<LOQ	<LOQ	0,24
Min	0,05	0,18	<0,02	0,03	<0,1	<0,1	0,20
Maks	1,5	5,7		0,15			0,31
Prøver over LOQ	8	6	0	7	0	0	3

[1)] Det ble i tillegg analysert for PBDE-188, PBDE-196, PBDE-197, PBDE-35, PBDE-77, PBDE-85. Ingen prøver var over LOQ.

Tabell 10. Bromerte flammehemmere (HBCD og TBBP-A)

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av heksabromosyklododekan (HBCD) kongenerne α, β og γ og tetrabromobisfenol-A (TBBP-A i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og insektmel i 2021 (µg/kg). Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over kvantifiseringsgrensen (LOQ). Summen er «upper bound». [Mean concentration and the range (min-max concentration) of HBCD congeners and TBBP-A (µg/kg) in fish feed, fishmeal, fish oil and insect meal in 2021. The sums are "upper bound"].

Prøver	**α-HBCD (µg/kg)**	**β-HBCD (µg/kg)**	**γ-HBCD (µg/kg)**	**Sum HBCD (µg/kg)**	**TBBP-A (µg/kg)**
Fullfôr					
Snitt (n=82)	0,06	<LOQ	<LOQ	0,08	0,94
Min	0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,06
Maks	0,28	0,01	0,08	0,29	2,33
Prøver over LOQ	78	1	8	-	37
Fiskemel					
Snitt (n=10)	0,03	<LOQ	<LOQ	0,04	<LOQ
Min	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,08
Maks	0,09			0,10	
Prøver over LOQ	6	0	0	-	0
Fiskeolje					

Snitt (n=10)	0,39	<LOQ	<LOQ	0,47	<LOQ
Min	0,07	<0,06	<0,03	0,10	<0,4
Maks	0,81		0,08	0,92	
Prøver over LOQ	8	0	2	-	0
Insektmel					
Snitt (n=4)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,02	325
Min	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,04
Maks				0,04	650
Prøver over LOQ	0	0	0	-	0

Tabell 11. Perfluorerte forbindelser (PFAS)

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av perfluorerte forbindelser (PFAS, µg/kg) i fullfôr, fiskemel, vegetabilsk fôrmiddel, fiskeolje og vegetabilsk olje i 2021 1, 2). Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over kvantifiseringsgrensen (LOQ). [Mean concentration and range (min-max concentration) of perfluorated compounds (PFOS/PFAS, µg/kg) congeners in fish feed, fishmeal and fish oil in 2021].

Prøver	**PFBA (µg/kg)**	**PFBS (µg/kg)**	**PFDA (µg/kg)**	**PFHpA (µg/kg)**	**PFNA (µg/kg)**	**PFOA (µg/kg)**	**PFOS (µg/kg)**	**PFOSA (µg/kg)**	**PFTrDA (µg/kg)**
Fullfôr									
Snitt (n=40)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	<2	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,7	1,3	<2	<0,5
Maks				0,5			3		
Prøver over LOQ	0	0	0	1	0	0	5	0	0
Fiskemel									
Snitt (n=10)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	<2	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,7	<1	<2	<0,5
Maks		6					2,1		
Prøver over LOQ	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Vegetabilske fôrmiddel									
Snitt (n=19)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	<2	<2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,7	<1	<2	<0,5
Maks	2,7								
Prøver over LOQ	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fiskeolje	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Snitt (n=10)	<10	<5	<0,5	<5	<0,5	<1,7	<3	<0,5	<0,5

Min									
Maks			2,6		8	1,7	51	8	0,6
Prøver over LOQ	0	0	1	0	1	1	1	1	1
Vegetabilsk olje	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Snitt (n=10)	<10	<5	<0,5	<5	<0,5	<1,7	<3	<0,5	<0,5
Min									
Maks								1,6	
Prøver over LOQ	0	0	0	0	0	0	0	1	0

[1)] Insektmel (n=4) ble også analysert for de samme perfluorterte forbindelsene. Ingen av prøvene var over LOQ.

[2)] Prøvene ble også analysert for N-EtFOSA, N-EtFOSE, N-MeFOSA, N-MeFOSE, PFDoDA, PFDS, PFHxS og PFNA. Ingen av prøvene var over LOQ for disse forbindelsene.

Tabell 12. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for PAH forbindelser1) (µg/kg) i fullfôr, vegetabilsk fôrmiddel og vegetabilsk olje i 2021. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over kvantifiseringsgrensen (LOQ). Sum PAH4 er "upper bound". [PAH concentration range (min-max, µg/kg) and number of samples over LOQ in fish feed, plant protein and plant oil in 2021].

Prøver	**Benzo(a)antracen (µg/kg)**	**Benzo(a)pyren (µg/kg)**	**Benzo(b)fluoranten (µg/kg)**	**Benzo(c)fluoren (µg/kg)**	**Benzo(g,h,i)perylen (µg/kg)**	**Benzo(j)fluora (µg/kg)**
Fullfôr						
Snitt (n=40)	0,4	0,4	0,3	<LOQ	0,3	<LOQ
Min	0,3	0,2	0,2	<0,3	0,3	<0,2
Maks	1,3	0,8	0,8	0,4	0,5	0,4
Prøver over LOQ	26	18	16	1	7	3
Vegetabilske fôrmiddel						
Snitt (n=19)	0,5	0,3	0,3	<LOQ	0,2	0,1
Min	0,2	0,2	0,2	<0,08	0,1	0,1
Maks	1,2	1,2	0,6	0,2	0,4	0,4
Prøver over LOQ	6	6	6	3	7	6
Vegetabilsk olje						
Snitt (n=10)	2,4	1,7	1,6	<LOQ	1,6	1,3
Min	1,2	1,0	0,9	<0,7	0,8	1,0
Maks	4,0	3,0	2,9		3,0	1,7

Prøver over LOQ	7	7	7	0	6	3

[1)] Det ble i tillegg analysert for dibenzo(a,l)pyren, dibenzo(a,i)pyren, dibenzo(a,h)pyren, dibenzo(a,e)pyren og 5-metylchrysen, Ingen prøver inneholdt konsentrasjoner over LOQ.

[2)] Sum PAH4 er sum av benzo[a]pyren, benzo[a]antracen, chrysen og benzo[b]fluoranten, gitt som «upper bound» summert.

Tabell 13. Glycidylestere og 3-MCPD estere

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for glycidol, 2-MCDP og 3-MCDP i fullfôr, vegetabilsk olje og fiskeolje i 2021. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of glycidol, 2-MCDP og 3-MCDP (µg/kg) in fish feed, vegetable oil and fish oil in 2020].

Prøver	**Glycidol (µg/kg)**	**Sum 2-MCPD (µg/kg)**	**Sum 3-MCPD (µg/kg)**
Fullfôr			
Snitt (n=20)	20,3	10,5	23,7
Min	10	11	10
Maks	110	14	82
Prøver over LOQ	20	4	15
Vegetabilsk olje			
Snitt (n=10)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Min	<100	<100	<100
Maks			
Prøver over LOQ	0	0	0
Fiskeolje			
Snitt (n=10)	190	<LOQ	< LOQ
Min	190	<100	<100
Maks	190	130	1500
Prøver over LOQ	2	1	1

Tabell 14. Organofosfat pesticider og ugressmidler

Gjennomsnittskonsentrasjon og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av pirimifos-metyl, malathion, glyfosat, amino-metyl-fosfonsyre (AMPA) og glufosinat (mg/kg) i fullfôr, vegetabilske fôrmiddel, vegetabilske oljer og insektmel i 2021. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over kvantifiseringsgrensen (LOQ). [Mean concentration (when 20% or more of the results are over LOQ) and the range (min-max concentration) of pirimiphos-methyl, malathion, glyphosate, amino-methyl-phospho acid (AMPA) and gluphosinate (mg/kg) in fish feed, plant meal, plant oil and insect meal in 2021].

Prøver	**Pirimifos-metyl (mg/kg)**	**Klorpyrifos-etyl/metyl (mg/kg)**	**Malathion (mg/kg)**	**Glyfosat (mg/kg)**	**AMPA (mg/kg)**	**Glufosinat (mg/kg)**
Fullfôr						
Snitt (n=40)	< LOQ	<LOQ	< LOQ	0,16	0,03	<LOQ
Min	0,01	<0,01	<0,02	0,02	0,01	<0,01
Maks	0,02			0,7	0,14	0,05

Prøver over LOQ	12	0	0	36	21	1
Vegetabilske fôrmiddel						
Snitt (n=19)	<LOQ	<LOQ	< LOQ	0,33	0,08	<LOQ
Min	0,27	<0,01	<0,02	0,02	0,01	<0,01
Maks	0,70		0,026	0,85	0,16	
Prøver over LOQ	2	0	1	13	8	0
Vegetabilsk olje						
Snitt (n=8)	0,05	<LOQ	< LOQ	-	-	-
Min	<0,02	0,01	<0,02	-	-	-
Maks	0,09	0,017				
Prøver over LOQ	8	2	0	-	-	-
Insektmel						
Snitt (n=4)	<LOQ	<LOQ	< LOQ	0,13	0,13	<LOQ
Min	<0,01	<0,01	<0,02	0,02	0,02	<0,01
Maks				0,36	0,38	
Prøver over LOQ	0	0	0	3	3	0

Tabell 15. Syntetiske antioksidanter

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av ethoxyquin (EQ), ethoxyquin dimer (EQDM), butylhydroksyanisol (BHA) og butylhydroksytoluen (BHT) (mg/kg) i fullfôr, fiskemel, vegetabilske fôrmiddel og fiskeolje i 2021. Det høyeste tillatte innhold av EQ, BHA og BHT, alene eller for sum antioksidanter er 150 mg/kg). Snitt og sum er gitt som «upper bound» LOQ. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of ethoxyquin (EQ), butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT) (mg/kg) analysed in fish feed, fishmeal, plant protein and fish oil in 2021. The maximum content for EQ + BHA + BHT in feed, alone or combined is 150 mg/kg].

Prøver	**Propylgallat (mg/kg)**	**EQ (mg/kg)**	**EQDM (mg/kg)**	**BHA (mg/kg)**	**BHT (mg/kg)**
Fullfôr					
Snitt (n=82)	<LOQ	0,006	<LOQ	3,2	13,2
Min	<10	0,009	<0,07	0,002	0,78
Maks		0,58	0,09	18,0	37,0
Prøver over LOQ	0	20	0	67	82
Fiskemel					
Snitt (n=10)	<LOQ	<LOQ	< LOQ	-	47
Min	<10	<0,009	<0,07		1,6
Maks		0,04			240
Prøver over LOQ	0	1	0	-	6

Vegetabilske fôrmiddel					
Snitt (n=10)		< LOQ	< LOQ	-	-
Min		<0,009	< 0,07	-	-
Maks					
Prøver over LOQ		0	0	-	-
Fiskeolje					
Snitt (n=10)	-	-	-	25	-
Min	-	-	-	<0.06	-
Maks				190	
Prøver over LOQ	-	-	-	6	-

Tabell 16. Mineraler og sporelementer

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av kobolt, krom, kobber, jern, mangan, molybden, selen og sink i fullfôr, fiskemel, insektmel, vegetabilske fôrmiddel og mineral-premikser i 2021. Det høyeste tillate innhold er gitt under de analyserte verdiene, i mg/kg1). [Mean concentration and the range (min-max concentration) of Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se and Zn (mg/kg) in fish feed, fishmeal, insect meal, plant meal and mineral-premixes in 2021. The maximum content for each element is given below the analyzed values in mg/kg].

Prøver	**Kobolt (Co) (mg/kg)**	**Krom (Cr) (mg/kg)**	**Kobber (Cu) (mg/kg)**	**Jern (Fe) (mg/kg)**	**Mangan (Mn) (mg/kg)**	**Molybden (Mo) (mg/kg)**	**Selen (Se) (mg/kg)**	**Sink (Zn) (mg/kg)**
Fullfôr								
Snitt (n=82) [1)]	0,18	0,38	10,9	202	48,6	1,75	0,79	168
Min	0,04	0,14	3,0	79	22	0,22	0,29	120
Maks	0,62	4,0	20	690	76	3,5	2,3	240
Grenseverdi	1		25	750	100	2,5	0,5	180
Fiskemel								
Snitt (n=10)	0,05	0,4	3,4	190	7,1	0,1	2,9	79
Min	0,03	0,1	2,7	96	3,7	0,1	1,5	63
Maks	0,08	0,9	5,6	600	14,0	0,2	4,3	98
Prøver over LOQ	8	10	10	10	10	4	10	10
Insektmel								
Snitt (n=4) [1)]	0,08	1,28	13,0	325	335	0,9	0,16	152
Min	0,02	0,45	13,0	210	310	0,8	0,12	130
Maks	0,23	3,50	13,0	640	390	1,0	0,19	190
Vegetabilske fôrmiddel								
Snitt (n=19)	0,18	0,35	11,8	133	31,2	3,5	0,24	54,9

Min	0,03	0,04	2,8	31	9,6	0,3	0,01	20,0
Maks	0,71	2,5	46,0	420	68,0	12,0	0,93	130,0
Prøver over LOQ	12	16	19	19	19	19	19	19
Mineral-premikser								
Snitt (n=9)	19,2	3,1	3 511	24 088	20 525	< LOQ	6,0	78 175
Min	2,4	0,9	140	1 600	1 700	<1,0	0,2	6 400
Maks	45,0	5,7	5 900	48 000	41 000		35,0	120 000
Prøver over LOQ	8	8	8	8	8	0	8	8

[1)] Alle prøver over LOQ.

Tabell 17. Vitamin E

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av vitamin E i fullfôr, fiskemel og vitamin-premikser i 2021. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of vitamin E (mg/kg) in fish feed, fishmeal and premixes in 2021].

Prøver	**α-tokoferol (mg/kg)**	**γ-tokoferol (mg/kg)**	**Sum tokoferoler (mg/kg) [1)]**	**Sum tokotrienoler (mg/kg) [2)]**
Fullfôr				
Snitt (n=82)	355	111	476	17,5
Min	176	26	238	1,1
Maks	650	185	689	38,2
Fiskemel				
Snitt (n=10)	22,1	44,1	81	0,3
Min	2,2	0,9	4,1	0,3
Maks	43	67	140	0,4
Vitamin-premikser				
Snitt (n=10)	88 490	< LOQ	91 159	201 [3)]
Min	17 400	< 0,04	17 400	74 [3)]
Maks	230 000	19 100	230 000	1 020 [3)]
Prøver over LOQ	10	1		6 [3)]

[1)] Summen av alfa-, beta-, delta- og gamma-tokoferol.

[2)] Summen av alfa-, beta-, delta- og gamma-tokotrienol (upper bound).

[3)] Konsentrasjoner gitt for alfa-tokotrionel. De andre formene av tokotrienoler var under LOQ.

Tabell 18. Fettsyresammensetning

Gjennomsnittskonsentrasjoner og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av fettsyresammensetning (mg/g) i fullfôr analysert i

2021. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of fatty acids (mg/g) in feed analysed in 2021].

Fettsyrer i fullfôr (n=20)	**Gjennomsnitt (mg/g)**	**Min (mg/g)**	**Maks (mg/g)**
14:0	8,4	5,1	13,4
16:0	25,8	16,8	35,4
18:0	7,8	2,8	14,7
Sum mettede fettsyrer	46,7	26	68,5
18:1 n-9	92,6	15,5	140,0
22:1 n-9 (erukasyre)	1,14	0,4	2,9
Sum enumettede fettsyrer	131,0	51,1	183,0
18:2 n-6	33,9	8,0	50,4
20:4 n-6 (arakidonsyre)	0,9	0,6	1,7
Sum n-6	35,4	9,6	52,1
18:3 n-3	17,2	1,8	33,3
20:5 n-3 (EPA)	11,6	8,0	22,0
22:6 n-3 (DHA)	11,7	7,0	20,0
Sum EPA og DHA	23,4	19,1	36,4
Sum n-3	47,2	32,3	71,2
Sum flerumettet fett	83,4	42,0	115,0
Sum fettsyrer	267,7	123,0	360,0
Ratio n-3/n-6	1,5	0,9	3,4
Σ EPA and DHA % av totale fettsyrer	9,5	6,2	20,1

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.

Resultatene for prøver ankommet i 2021 viser at det er ingen overskridelser av etablerte grenseverdier for uønskede stoffer i fullfôr eller fôrmidler. Resultater viser høyere konsentrasjoner av noen uønskede stoffer enn hva som normalt blir målt i dette overvåkingsprogrammet. Det ble registrert høyere nivåer av PFAS i fiskeolje, 3-MCPD i fiskeolje, glyfosat i insektmel, TBBP-A i insektmel og PBDE i fullfôr. Resultatene viser overskridelser av grenseverdi for bakterien *Enterobacteriaceae* i ett fiskemel, noe som tyder på dårlig hygienisk kvalitet for denne prøven. I likhet med fjorårets analyser, ble det også i 2021 registrert spornivåer av det nå utfasede tilsetningsstoffet ethoxyquin (EQ) i flere fullfôr og fiskemel. Nivåene av EQ kan tyde på at det kommer fra forurensinger, og ikke at stoffet var tilsatt. Resultater fra 2021 viser tilfeller der fôrmidler og fullfôr inneholder forhøyede nivå av noen uønskede stoffer. Resultatne kan det tyde på at det er behov for å styrke overvåkingen på stoffgrupper som pesticider, polybromerte- og perfluorerte forbindelser for å kartlegge variasjonen i fullfôr og fôrmidler.

Undersøkelsene i 2021, samt tidligere år, tyder likevel på at den generelle tilstanden på fôrområdet er god og at ingen av funnene vurderes som kritiske. I dette overvåkingsprogrammet kan tidsserier benyttes for å se på utviklingen. Dataene for uønskede stoffer i fullfôr er konsistente over de siste års undersøkelser, noe som tyder på at prøvene er representative og gir et reelt bilde av tilstanden på fôrområdet. Samtidig er det en pågående utvikling innen bruk av nye råvarer til fiskefôr, som også kan introdusere ukjente risikofaktorer på fôrområdet. Prøveomfanget i programmet bør derfor vurderes med tanke på bredde av fôrmidler, og ulike fôrtyper (fôr tilpasset fiskens ulike livsstadier, og fôr til andre fiskearter) som undersøkes.

Referanser

1. Wenzl, T., Haedrich, J., Schaechtele, A., Robouch, P., Stroka, J. (2016). 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, https://ec,europa,eu/jrc/en/publication/guidance-document-estimation-lod-and-loq-measurements-field-contaminants-feed-and-food
2. FAO, 2016. Code of practice for the prevention and reduction of dioxin and dioxin-like PCB contamination in foods and feeds, Codex Alimentarius International Food Standards, Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), World Health Organization (WHO). Adopted in 2006, revised in 2018. pp.12.
3. Eskola, M., Kos, G., Elliot, C.T., Hajslova, J., Mayar, S & Krsk, R. (2020) Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60:16, 2773-2789, https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570
4. Sele, V., Berntssen, M.H.G., Prabhu, A., Lundebye, A.K., Lie, K.K., Espe, M., Storesund, J. & Ørnsrud, R. (2021). Program for overvåking av fiskefôr. Årsrapport for prøver innsamlet i 2020. Rapport fra Havforskningen 2021-28. ISSN 1893-4536. Program for overvåking av fiskefôr | Havforskningsinstituttet (hi.no).
5. Ørnsrud, R., Silva, M., Berntssen, M.H.G., Lundebye, A.-K., Storesund, J., Lie, K.K., Waagbø, R. & Sele, V. (2020). Program for overvåking av fiskefôr. Årsrapport for prøver innsamlet i 2020. Rapport fra Havforskningen 2020-34. Program for overvåking av fiskefôr | Havforskningsinstituttet (hi.no).
6. EFSA, 2018. Scientific opinion, Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA journal 2018, 16(11), p. e05333. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333
7. EFSA, 2011. Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA Journal 2011,9(5):2156. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2156
8. VKM, 2005. Risikovurdering av PBDE, Vitenskapskomiteen for mat og miljø, Uttalelse fra Faggruppen for forurensninger, naturlige toksiner og medisinrester i matkjeden. VKM Report 2005:47, pp 27.
9. Berntssen, M. H. G., Valdersnes, S., Rosenlund, G., Torstensen, B. E., Zeilmaker, M. J., & van Eijkeren, J. C. H. (2011). Toxicokinetics and carry-over model of α-hexabromocyclododecane (HBCD) from feed to consumption-sized Atlantic salmon (Salmo salar). Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment, 28(9), 1274–1286. doi: 10.1080/19440049.2011.587029
10. EFSA, 2021. Update of the risk assessment of hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA journal, 19(3), p. e06421. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6421
11. EFSA, 2011. Scientific Opinion on Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and its derivatives in food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA Journal 2011, 9(12), p. 2477. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2477
12. EC, Commission regulation (EU) 2020/1085 of 23 July 2020 amending Annexes II and V to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for chlorpyrifos and chlorpyrifos-methyl in or on certain products. Official Journal of the European Union, 2020. L 239/7.
13. Shiogiri, N. S., Paulino, M. G., Carraschi, S. P., Baraldi, F. G., da Cruz, C., & Fernandes, M. N. (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. https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.05.007
14. Søfteland, L. and Olsvik, P.A. (2022) 'In vitro toxicity of glyphosate in Atlantic salmon evaluated with a 3D hepatocyte-kidney co-culture model', Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association, 164, p. 113012. https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113012
15. Suominen, K., Hallikainen, A., Ruokojärvi, P., Airaksinen, R., Koponen, J., Rannikko, R., & Kiviranta, H. (2011). Occurrence of PCDD/F, PCB, PBDE, PFAS, and organotin compounds in fish meal, fish oil and fish feed. Chemosphere, 85(3), 300–306. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.010
16. Haukås, M., Berger, U., Hop, H., Gulliksen, B., & Gabrielsen, G. W. (2007). Bioaccumulation of per- and

polyfluorinated alkyl substances (PFAS) in selected species from the Barents Sea food web. In Environmental Pollution (Vol. 148, Issue 1, pp. 360–371). https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.09.021

7. Berger, U., Glynn, A., Holmström, K. E., Berglund, M., Ankarberg, E. H., & Törnkvist, A. (2009). Fish consumption as a source of human exposure to perfluorinated alkyl substances in Sweden – Analysis of edible fish from Lake Vättern and the Baltic Sea. In Chemosphere (Vol. 76, Issue 6, pp. 799–804). https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.04.044
3. Prabhu, P.A.J., Schrama, J., Fontagné-Dicharry, S., Mariojouls, C., Surget, A., Bueno, M., Geurden, I., Kaushik, S.J., 20 Evaluating dietary supply of microminerals as a premix in a complete plant ingredient-based diet to juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition. 24, 539–547. https://doi.org/10.1111/anu.12586
9. Prabhu, P.A.J., Holen, E., Espe, M., Silva, M.S., Holme, M.-H., Hamre, K., Lock, E.-J., Waagbø, R., 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, 735413. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735413
0. Yarahmadi, S. S., Silva, M. S., Holme, M.-H., Morken, T., Remø, S., Araujo, P., Lock, E.-J., Waagbø, R., & Prabhu, P. A. J. (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, 737804. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737804
1. El-Sayed, A.-F. M., & Izquierdo, M. (2022). The importance of vitamin E for farmed fish—A review. Reviews in Aquaculture, 14(2), 688–703. https://doi.org/10.1111/raq.12619
2. Hamre, K. (2011). Metabolism, interactions, requirements and functions of vitamin E in fish. Aquaculture Nutrition, 17(1), 98–115. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00806.x

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
Tlf: 55 23 85 00
E-post: post@hi.no
www.hi.no