



PROGRAM FOR OVERVÅKING AV FISKEFÔR

Årsrapport for prøver innsamlet i 2020

Veronika Sele, Marc Berntssen, Antony Philip, Anne-Katrine Lundebye, Kai Kristoffer Lie, Marit Espe, Julia Storesund og Robin Ørnsrud (HI)



Tittel (norsk og engelsk):

Program for overvåking av fiskefôr
Monitoring program for fish feed

Undertittel (norsk og engelsk):

Årsrapport for prøver innsamlet i 2020
Annual report for samples retrieved in 2020

Rapportserie:

Rapport fra havforskningen
ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2021-28

Dato:

29.06.2021

Forfatter(e):

Veronika Sele, Marc Berntssen, Antony Philip, Anne-Katrine
Lundebye, Kai Kristoffer Lie, Marit Espe, Julia Storesund og Robin
Ørnsrud (HI)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre
Programleder(e): Livar Frøyland og Rune Waagbø

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15219

Oppdragsgiver(e):

Mattilsynet

Oppdragsgivers referanse:

43389

Antall sider:

29

Sammendrag (norsk):

Overvåknings- og kartleggingsprogrammet for fiskefôr utføres på vegne av Mattilsynet. I 2020 ankom det 85 fiskefôr, 9 fiskemel, 9 vegetabiliske mel, 10 fiskeoljer, 8 vegetabiliske oljer, 4 insektmel og 16 premikser som ble analysert for forbudte stoffer, mikrobiologisk kvalitet, en rekke uønskede stoffer, tilsetningsstoffer og næringsstoffer. Årets rapport er i en ny utgave, der resultatene presenteres i et kortere format, som en overgang til en ny versjon.

Resultatene fra årets analyser viser at det er ingen overskridelser av øvre grenseverdier satt i regelverket for uønskede organiske eller uorganiske stoffer. Det ble registrert forhøyede konsentrasjoner av prosesseringskontaminantene PAH i to vegetabiliske fôrmiddel, og registrert tilstedeværelse av det nå utfasede tilsetningsstoffet ethoxyquin (EQ) i flere prøver av fullfôr og i ett fiskemel. I 2020 var fokus næringsstoffer, og det ble analysert for en rekke mineraler, vitaminer og fettsyrer. For fettsyreprofilene i fullfôr ble sum EPA og DHA sett å være over antatt minimumsbehov hos laks, og forholdet mellom n-3 og n-6 var noe høyere for årets prøver sammenlignet med 2018 og 2019. Resultatene for vitamin C, vitamin E, og vitamin K i fullfôr tyder på fisken får dekket sitt behov gjennom fôret, mens nivåene av noen av B-vitaminene, særlig folat og cobalamin, er vurdert som lave i forhold til behovet til fisken, særlig om fôrene er plantebaserte.

12.november 2021: Resultater for HBCD og TBBP-A i fullfôr har blitt korrigert. Resultater har blitt korrigert under avsnitt «Uønskede stoffer» og i Tabell 9.

Sammendrag (engelsk):

This annual monitoring program is performed on behalf of the Norwegian Food Safety Authority. In 2020, samples of 85 fish feeds, 9 fishmeals, 9 plant meals, 4 insect meals, 10 fish oils, 8 plant oils and 16 mineral- and vitamin premixes were analyzed for illegal substances, undesirable substances, feed additives and nutrients.

The results from 2020 shows no exceedance of the maximum limits for either organic or inorganic contaminants. Polyaromatic hydrocarbons (PAHs) were detected at relatively high concentrations in two plant-based feed materials. The previously authorized feed additive ethoxyquin, which is now suspended in EU, was found to be present (samples over LOQ) in several fish feeds and in one of the fishmeals analysed. Nutrient levels in feeds has been the focus of the monitoring program this year, and samples have been analysed for a range of minerals, vitamins and fatty acids. The omega-3 (n-3) fatty acids; sum EPA and DHA, were found to be over the minimum requirement for salmon, and the ratio of n-3 to n-6 (omega-6) were somewhat higher compared to the levels in 2018 and 2019. The results for vitamin C, vitamin E, and vitamin K in fish feed indicate that the feeds fulfill the requirement for fish, whereas the levels of some of the B-vitamins, including folate and cobalamine, are considered low in terms of the requirement in salmon, particularly if the feeds are plant-based.

Innhold

Bakgrunn	5
Resultater	6
Prosesserte animalske proteiner (PAP)	6
Mikrobiologisk kvalitet og toksiner	6
Uønskede stoffer	6
Tilsetningsstoffer	8
Næringsstoffer	9
Tabeller	10
Tabell 1. Mykotoksiner	10
Tabell 2. Mykotoksiner - Enniatin og Beauvericin	11
Tabell 3. Klorerte pesticider	11
Tabell 4. DDT	13
Tabell 5. Organofosfat pesticider og ugressmidler	13
Tabell 6. Polyklorete binfenyler (PCB)	14
Tabell 7. Dioksiner og dioksin-lignende PCB	15
Tabell 8. Polybromerte difenyleter (PBDE)	17
Tabell 9. Bromerte flammehemmere (HBCD og TBBP-A)	17
Tabell 10. Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)	18
Tabell 11. Glycidylestere og 3-MCPD-estere	19
Tabell 12. Uønskede stoffer, uorganiske	20
Tabell 13. Syntetiske antioksidanter	21
Tabell 14. Mineraler	22
Tabell 15. Vitamin E	24
Tabell 16. Vitaminer (B-vitaminer, vitamin A, C og D3)	24
Tabell 17. Vitamin K	24
Tabell 18. Fettsyresammensetning	25
Tabell 19. Makromineraler	26
Konklusjon	27
Referanser	28

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 2020, ankom det 85 fiskefôr, 9 fiskemel, 9 vegetabiliske mel, 4 insektmel, 10 fiskeoljer, 8 vegetabiliske oljer og 16 premikser (8 vitamin- og 8 mineral premikser) i dette programmet. Prøvene ble analysert for en rekke kontaminanter, tilsetningsstoffer, naturlige toksiner og næringsstoffer. 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 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, med ulik geografisk fordeling og på ulike tidspunkt av året. Målet er å få et representativt utsnitt 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 det er Mattilsynets hovedkontor som utarbeider en årlig prøvetakningsplan som de aktuelle inspektørene benytter seg av. Prøvene blir tatt og sendt av inspektørene. Ved mottak hos Havforskningsinstituttet (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 summen blir konsentrasjoner som er mindre enn LOQ satt lik LOQ. Prinsippet kalles «upper bound LOQ» 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 oftest lavere enn LOQ.

Resultater

Prosesserte animalske proteiner (PAP)

Det ble undersøkt 9 fiskemel, 4 insektmel og 8 vitamin-premikser for forbudte prosesserte animalske protein (PAP) i 2020. Det ble ikke påvist ruminant PAP i noen av fiskemelene eller insektmelene undersøkt i 2020. Det ble påvist ruminant DNA ved bruk av qPCR-metoden i to av vitaminpremiksene, men det ble ikke bekreftet ved bruk av lysmikroskopi på de samme prøvene. Da qPCR analysen ikke kan skille mellom lovlig og ulovlig PAP vil prøver som gir negative funn med lysmikroskopi bli ansett som negative. De positive qPCR resultatene kan skyldes utilsiktet kontaminering fra melkeprodukter (lovlig PAP) produsert på samme produksjonslinje.

Mikrobiologisk kvalitet og toksiner

For de mikrobiologiske parametrene, målt gjennom bakteriene *Enterobacteriaceae*, *Salmonella*, og mugg og gjær ble 85 fullfôr, 9 fiskemel og 4 insektmel undersøkt i 2020. I tillegg ble 9 vegetabiliske mel undersøkt for mugg og gjær. Det var ingen prøver med utslag for *Salmonella*, men noen utslag over påvisningsgrensene for *Enterobacteriaceae* (3 fiskefôr og 2 fiskemel). For mugg og gjær var det utslag over påvisningsgrensen for henholdsvis 12 og 16 fiskefôr. Mugg og gjær ble også funnet i fiskemel og vegetabiliske mel, med nivåer opp til 4000 cfu/g mugg i fiskemel og 5000 cfu/g gjær i vegetabilisk mel. Det er ikke grenseverdi for mugg og gjær i fôrmidler eller fullfôr. Det ble ikke påvist *Enterobacteriaceae*, *Salmonella*, mugg eller gjær i insektmelene undersøkt. Basert på disse resultatene blir den generelle mikrobiologiske kvaliteten vurdert som god for prøvene undersøkt i 2020.

Mykotoksiner fra muggsopp ble undersøkt i 40 fullfôr, 9 vegetabiliske mel og 4 insektmel. Resultatene viste ingen overskridelser av øvre grenseverdi for aflatoksin B1, eller referanseverdier for andre mykotoksiner. Referanseverdier er utarbeidet av EU kommisjonen, i påvente av bedre datagrunnlag og analysemetoder før ytterlige regelverkstiltak iverksettes. Det var én prøve av vegetabilisk mel som hadde nivå av aflatoksin B1 på 4.0 µg/kg, men det er under den øvre grenseverdien på 20 µg/kg for fôrmidler. Dette var også den samme prøve med det høyeste nivå av gjær. Enniatin B ble funnet i nivåer over påvisningsgrensen (LOQ) for de fleste fiskefôr (30 av totalt 40 prøver), men med relativt lave konsentrasjoner (fra 11 til 49 µg/kg). Den globale trenden har vist at deoxynivalenol (DON) er mykotoksinet som er mest tilstede i prøver undersøkt (70% i Europa), etterfulgt av zearalenone (ZEN) og fumonisin (FUM) [1, 2]. Det har ikke blitt påvist så stor tilstedeværelse av disse mykotoksinene i fôr og fôrmiddel i dette programmet. DON ble påvist i 9% av prøvene i 2020, mens ingen av prøvene inneholdt ZEN og FUM over påvisningsgrensen. Til sammenligning var den gjennomsnittlige tilstedeværelsen mellom 30% og 14% for henholdsvis DON og FUM i årene 2013 -2017, men disse tallene varierer fra år til år. Enniatin B var mykotoksinet som ble funnet i flest prøver over LOQ (75%) av mykotoksinene i overvåkningsprogrammet i 2020.

De naturlige plantegiftene teobromin, blåsyre og glukosinolater ble undersøkt i 20 fullfôr og i 9 vegetabiliske mel. Ingen av prøvene inneholdt plantegiftene teobromin og blåsyre over påvisningsgrensen. For glukosinolater var alle prøver under påvisningsgrensen, med unntak av tre fullfôr som inneholdt forbindelsen gluconapin og ett vegetabilisk mel som inneholdt forbindelsen progoitrinén. Plantegifter ble nylig inkludert i programmet, og det finnes så langt lite data på disse forbindelsene i fiskefôr.

Uønskede stoffer

Uorganiske metaller, inkludert arsen (As) og tungmetallene kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og bly (Pb) ble målt i 85 fullfôr, 9 fiskemel, 9 vegetabiliske fôrmiddel, 4 insektmel og 8 mineralpremikser i 2020. I fullfôr varierte nivåene for As fra 0.1 til 7.5 mg/kg, Hg fra 0.004 til 0.11 mg/kg, Cd fra 0.04 til 0.24 mg/kg og Pb fra 0.02 til 0.11 mg/kg. 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 henholdsvis 0.65 mg/kg og 0.75 mg/kg. Ingen av prøvene undersøkt hadde nivåer over øvre grenseverdier. Uorganisk arsen (iAs) og metylkvikksølv (MetHg) ble målt i 20 fullfôr, og iAs utgjorde 0.3 til 8% av den totale mengde As, mens MetHg stod for 91 til 100% av den totale mengde Hg. Insektmelene inneholdt omtrent lik konsentrasjon av iAs som fullfôrene, men andelen iAs utgjorde 55-76% av den totale mengde As. Resultatene viser at insektmel inneholder en stor andel av As som iAs, mens fullfôrene inneholder en mindre andel iAs. Det er dermed antatt at størstedelen av As i fullfôrene er organisk bundet As.

Organiske uønskede stoffer, inkludert dioksiner, dioksinlignende (dl)-PCB, samt seks indikator (ikke-dioksinlignende) PCB (sum PCB6) i fullfôr ble undersøkt i 20 fullfôr, 9 fiskemel, 10 fiskeoljer og 4 insektmel i 2020. For fullfôrene varierte dioksiner (sum av PCDD/PCDF) fra 0.3 til 0.6 ng TEQ/kg, med et snitt på 0.4 ng TEQ/kg. Alle analyseresultatene var under den øvre grenseverdien på 1.75 ng TEQ/kg og under tiltaksgrensen som er på 1.25 ng TEQ/kg. Summen av dioksiner og dl-PCB (sum TEQ) hadde et snitt på 0.6 ng TEQ/kg i fullfôrene, og ingen var over den øvre grenseverdien på 5.5 ng TEQ/kg. Fiskemel og fiskeolje inneholdt sum TEQ med et snitt på henholdsvis 1.0 ng TEQ/kg og 2.2 ng TEQ/kg, som var under de øvre grenseverdiene. Sum PCB6 i fullfôrene varierte mellom 2 og 7 µg/kg, og med et snitt på 4 µg/kg, mens fiskemel og fiskeolje hadde snitt på henholdsvis 6 og 21 µg/kg. Nivåene var under etablerte grenseverdier. Det er første gang det analyseres insektmel for dioksiner og PCB i dette programmet, og sum TEQ varierte fra 0.1 til 0.3 ng TEQ/kg, og snittet for sum PCB6 var på 0.3 µg/kg. Det pågår for tiden diskusjoner i EU om å redusere øvre grenseverdier for dioksin og sum dioksin og dl-PCB i både fôr og mat som følge av at EFSA har innført en reduksjon av tolerabelt ukentlig inntak for disse stoffene.

Bromerte flammehemmere (PBDE), HBCD og TBBP-A ble undersøkt i 20 fullfôr, 9 fiskemel, 10 fiskeoljer og 4 insektmel i 2020. De bromerte flammehemmerene PBDE (snitt for sum PBDE7) var 0.40 µg/kg i fullfôr, 0.52 µg/kg i fiskemel, 2.10 µg/kg i fiskeolje og 0.12 µg/kg i insektmel, og tilnærmet samme konsentrasjonsområde som for fullfôr, fiskemel og fiskeolje i prøver undersøkt i 2019. HBCD ble påvist i de fleste prøver av fullfôr, fiskemel og fiskeolje, hovedsakelig som α -HBCD. HCBd var under kvantifiseringsgrensen i insektmelene, for både α , β og γ -HBCD. TBBP-A ble ikke påvist i fiskeoljer eller insektmel, men ble funnet i noen fiskemel og i 55% av fullfôrene undersøkt og med et snitt på 0.53 µg/kg. I 2019 ble 25% av fullfôrene registrert med nivåer av TBBP-A over påvisningsgrensen, mens i 2018 ble ingen fullfôr funnet å ha nivåer over kvantifiseringsgrensen.

Perfluorerte forbindelser (PFAS) ble målt i 20 fullfôr, 9 fiskemel og 4 insektmel i 2020. Det ble ikke påvist PFAS i fullfôr eller i insektmel, men i 5 av 9 undersøkte fiskemel ble det funnet PFAS over kvantifiseringsgrensen. Analytten perfluorooctane sulfonate (PFOS) ble funnet for alle prøvene med konsentrasjoner opp til 17 ng/g. Det er ikke fastsatt øvre grenseverdi for PBDE, HBCD, TBBP-A, PAH eller PFAS i fôr eller i fôrmidler.

Klorerte pesticider inkludert dieldrin/aldrin, toksafen, klordan, endosulfan, HCB, HCH og DDT ble undersøkt i 20 fullfôr, 9 fiskemel, 10 fiskeoljer og 4 insektmel. Fiskefôr undersøkt i 2020 inneholdt et snitt for sum dieldrin/aldrin, sum toksafen, sum klordan, sum endosulfan, HCB, sum HCH og Sum DDT på henholdsvis 1.4 µg/kg, 2.7 µg/kg, 1.1 µg/kg, 1.5 µg/kg, 0.9 µg/kg, 0.9 µg/kg og 5.3 µg/kg. Nivåene for disse persistente organiske miljøgifter var tilnærmet lik nivåer sett i fullfôr undersøkt tidligere år i dette programmet. Alle analyseresultatene var under de øvre grenseverdiene.

Organofosfat pesticider ble undersøkt i 40 fullfôr, 9 vegetabiliske fôrmidler og 8 vegetabiliske oljer. I fiskefôr ble kun pirimifos-metyl og glyfosat funnet i konsentrasjoner over påvisningsgrensen. Pirimifos-metyl ble påvist i 35% av fôrprøvene. Resultatene fra dette programmet tyder på at vegetabilisk olje er hovedkilde til pirimifos-metyl, mens vegetabilisk mel er en kilde for glyfosat i fullfôr. Klorpyrifos-etyl ble funnet i én prøve av vegetabilisk olje med konsentrasjonen på 0.01 mg/kg, mens alle andre prøver var under påvisningsgrensen. Malation ble funnet i én vegetabilisk olje men ikke i andre prøver. Tidligere år har klorpyrifos-etyl og malation også blitt funnet i fullfôr, og ikke kun i fôrmidler. Ugressmiddelet glyfosat og nedbrytningsproduktet, amino-metyl-fosfonsyre (AMPA) ble påvist i de fleste prøver undersøkt, inkludert insektmel. Nivåer av pirimifos-metyl (0.011 mg/kg) er på omtrent samme konsentrasjonsnivå som funnet i prøver undersøkt i 2019 (0.02 mg/kg) og 2018 (0.014 mg/kg), og nivået av glyfosat (snitt 0.073 mg/kg) er noe lavere enn rapportert i 2019 og 2018 (snitt på 0.11 mg/kg for begge år).

Fra 13. november 2020 ble klorpyrifos-etyl forbudt å bruke på avlinger i EU [3]. Nyere publikasjoner fra HI har vist at nivåer av pirimifos-metyl (og klorpyrifos-etyl) som ble funnet i overvåking kan skade laksens helse (leverskade) [4, 5], men at nivåene utgjør sannsynligvis ikke en trussel for matvaretrygghet [6]. Per i dag er det lite kunnskap om effekter av tilstedeværelse av glyfosat i fiskefôr, gjeldende både fiskehelse og matvaretrygghet.

Prosesskontaminantene polyaromatiske hydrokarboner (PAH) ble undersøkt i 20 fiskefôr, 9 vegetabiliske mel og 8 vegetabiliske oljer. I fiskefôr undersøkt i 2020 var snittet for sum PAH4 1.4 µg/kg, som var noe lavere enn snittet for for sum PAH4 i 2019 på 2.1 µg/kg. I vegetabilisk mel og olje var snittet for sum PAH4 henholdsvis 2.3 µg/kg og 6.1 µg/kg. Én prøve av vegetabilisk mel ble registrert å ha høy konsentrasjon av PAH sammenlignet med nivå som vanligvis måles i disse prøver, med sum PAH4 på 16 µg/kg, og denne ble rapportert til Mattilsynet. I tillegg ble det funnet nivåer av PAH opp mot 15 µg/kg i vegetabiliske oljer. Det er ikke etablert øvre grenseverdi for PAH i fôrmiddel eller i fiskefôr, og dermed overstiger ikke disse konsentrasjonene noen øvre grenseverdi for PAH.

Prosesskontaminantene glycidol, 3-MCDP og 2-MCPD ble undersøkt i 20 fiskefôr og 8 vegetabiliske oljer. Glycidol ble påvist i alle fullfôrprøvene, mens 3-MCDP ble påvist i 10 av 20 av fullfôr, med nivåer opp mot 300 µg/kg og 36 µg/kg for glycidol og total 3-MCPD. 2-MCPD ble ikke påvist i fullfôr, og ingen av de vegetabilisk oljene inneholdt noen av disse prosesskontaminantene over kvantifiseringsgrensen for metoden. Det er ikke etablert øvre grenseverdier for disse prosesskontaminantene i fullfôr eller i fôrmidler.

Tilsetningsstoffer

Ethoxyquin (EQ) ble undersøkt i 80 fullfôr, 9 fiskemel og 10 vegetabiliske mel i 2020. Bruken av tilsetningsstoffet EQ ble faset ut i 31. mars 2020. Det ble registrert konsentrasjoner av EQ over kvantifiseringsgrensen (0.009 mg/kg) for 24 av 80 prøver av fullfôrene undersøkt, der 23 av disse prøvene hadde uttaksdato etter 31. mars 2020. Den høyeste konsentrasjonen var på 0.29 mg/kg. De tre siste årene har gjennomsnittskonsentrasjonen av EQ i fiskefôr vært på 0.19 mg/kg (2020), 0.6 mg/kg (2019) og 3.0 mg/kg (2018). Det ble også registrert konsentrasjoner av EQ i ett av fiskemelene undersøkt, med konsentrasjon på 0.02 mg/kg. Konsentrasjonsnivåene i fullfôrprøvene og fiskemelet er lave, og gjerne det som karakteriseres som spomivåer. Nivåene kan tilsi at det kommer fra forurensinger på f.eks. produksjonslinjene, og/eller via transport.

Tilsetningsstoffene butylert hydroksytoluen (BHT) og propylgallat ble undersøkt i 80 fullfôr og 9 fiskemel, og butylert hydroksyanisol (BHA) ble undersøkt i 85 fullfôr og 8 fiskeoljer. Fiskefôr undersøkt i 2020 inneholdt en snittkonsentrasjon av BHT på 15 mg/kg, som var tilnærmet likt nivå som i fullfôr undersøkt i 2019 (14 mg/kg). Nivåene for BHA var på 1.8 mg/kg i fullfôr undersøkt 2020, og disse nivåene var lavere enn fullfôr undersøkt i 2019 (snitt på 8 mg/kg). Propylgallat ble ikke funnet over kvantifiseringsgrensen i fullfôrene eller fiskemelene undersøkt.

Mineraler og sporelementer ble analysert i 85 fullfôr, 9 fiskemel, 9 vegetabiliske mel, 4 insektmel og 8 mineralpremikser. Fullfôr ble i tillegg analysert for makromineralene kalsium (Ca), kalium (K), natrium (Na) og fosfor (P). Det var små variasjoner i nivåene av P, Mg og K, og konsentrasjonene er antatt å være over minimumsbehovet hos marin fisk [7]. Det ble observert store variasjoner i nivåer Ca og Na i fôrene, og dette kan påvirke Ca:P ratioen og elektrolyttbalansen i fôrene [8, 9].

De essensielle sporelementene jern (Fe), kobber (Cu), mangan (Mn) og kobolt (Co) var alle innen grensene satt i EU regelverket for tilsetningsstoffer i fullfôr. Det høyeste tillate innhold for selen (Se) er 0.5 mg/kg, sink (Zn) er 180 mg/kg for salmonid og molybden (Mo) er 2.5 mg/kg. Flere av fullfôrene undersøkt i 2020 oversteg disse grenseverdien for Se (67% av fôrene), Zn (15% av fôrene) og Mo (16% av fôrene). Dette har også har blitt observert tidligere år i dette programmet. Analyser av fôringredienser og premikser viser at Se og Zn, men ikke Mo, blir tilført gjennom premikser. Zn og Se er begrensende sporelementer i plantebaserte fôr [10]. I en nylig studie ble det vist at Atlantisk laks (smolt) i sjøvannsfase som blir fôret med plantebasert fôr har et behov for 0.65 mg/kg av Se [11]. For Zn er behovet varierende i forhold til om laksen er i ferskvannsfase eller sjøvannsfase [12, 13], der sjøvannsfase (post-smolt) har blitt vist å ha

et behov fra 140-180 mg/kg [14, 15]. Det lave innholdet og biotilgjengeligheten av Zn og Se i plantebaserte ingredienser, har ført til en økende grad av tilsetning i fôrene.

Næringsstoffer

Angående næringsstoffer, ble det i 2020 analysert 20 fullfôr for fettsyresammensetning. Snittet for sum av EPA og DHA var 24.2 mg/g i fôrprøvene. Minimumsverdien for sum EPA og DHA var 16.6 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 1.6 sammenlignet med et snitt på 1.2 i 2018 og 2019. Det var to av fôrene som dro opp n-3/n-6 snittet og det var n-6 fettsyren linolsyre (18:2n-6) som var mye lavere i disse fôrene sammenlignet med de andre analyserte prøvene. Dette tyder på en høyere innblanding av marine oljer i disse fôrprøvene sammenlignet med de andre prøvene. Marine fôrmidler inneholder høye konsentrasjoner av erukasyre. I 2020 var snittverdien for erukasyre (22:1 n-9) i fullfôr 2.0 mg/kg med variasjon fra 1.0 til 4.3 mg/kg, noe som er i det samme konsentrasjonsområdet som prøver undersøkt i 2018 og 2019 (0.2 til 4.8 mg/kg).

Det ble i 2020 analysert for en rekke vitaminer; vitamin D, vitamin A, vitamin C, vitamin E, vitamin K og K3, vitamin B6, vitamin B12 (cobalamin) og folat i 85 fullfôr. Vitamin D3 ble funnet i konsentrasjoner fra 0.06 til 0.5 mg/kg i fôrprøvene, og under den øvre grenseverdien på 1.5 mg/kg. I forhold til kjente behovsestimat for oppdrettslaks, tyder resultatene på at behovet for vitamin C, vitamin E, og vitamin K blir dekket gjennom fôret, mens det kan være noen utfordringer med lave nivåer av noen av B-vitaminene, særlig folat og cobalamin, særlig om fôrene er plantebaserte. Det har blitt vist at tilsetning av visse vitaminer, inkludert folat, B12 og B6 over behovsestimatene [7] i plantebasert fôr er fordelaktig for laks, spesielt laks i pre-smolt fasen [16]. I en nylig studie ble det vist at høyere nivå av disse vitaminene sammen med aminosyren metionin gav en bedre vekst for fisken i sjøvannperioden, samt hadde positiv påvirkning på lever [17].

Tabeller

Tabell 1. Mykotoksiner

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for mykotoksinene aflatoxin B1, deoxynivalenol (DON), diacetoxyscirpenol (DAS), fumonisiner (Fum B1, B2), fusarone (FX), nivalenol (NIV), ochratoksin A (ochraA), T-2 og HT-2 toxin og zearalenon (ZEN) ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i fullfôr, vegetabilsk fôrmiddel og insektmel i 2020. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. Siste rad viser øvre grenseverdi eller anbefalt referanseverdi¹⁾ for mykotoksiner i fullfôr og fôrmidler. [Mean concentration and the minimum-maximum range of mycotoxins ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in fish feed, plant protein and insect meal in 2020 (when 20% or more of the results were over LOQ). The maximum level or recommended guidance values for mycotoxin residues in feed and feed ingredients are given in the rows below the results (mg/kg)].

Prøver	Aflatoxin B1 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	DON ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	DAS ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Fum FB1 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Fum FB2 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	FX ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	NIV ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Ochra A ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Sum T-2 HT-2 toxin ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	ZEN ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Fullfôr										
Snitt (n=40)	< LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	<1	21	< 10	< 200	< 200	< 20	< 20	< 1	< 20	< 10
Maks		34						1.2		
Prøver over LOQ	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0
Anbefalt referanseverdi ¹⁾	10 ²⁾	2 000 ³⁾		10 000 ⁴⁾	10 000 ⁴⁾			1 000 ⁵⁾		1 000 ⁵⁾
Vegetabilske fôrmiddel										
Snitt (n=9)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	< 0.1	< 20	< 10	< 20	< 20	< 20	< 20	< 0.5	< 20	< 10
Maks	4.0							2.6		
Prøver over LOQ	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Anbefalt referanseverdi ¹⁾	20 ²⁾	8 000 ⁶⁾		60 000 ⁷⁾	60 000 ⁷⁾			250		2 000- 3 000
Insektmel										
Snitt (n=4)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	< 1	< 20	< 10	< 200	< 200	< 20	< 10	< 20	< 1	< 20
Maks		49.0								
Prøver over LOQ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

1. For noen av mykotoksinene er det utarbeidet referanseverdier av EU kommisjonen. Det er også utarbeidet norske anbefalte grenseverdier som Mattilsynet forholder seg til. Dette er i påvente av bedre datagrunnlag og analysemetoder.
2. For aflatoxin B1 er det satt en øvre grenseverdi.
3. Den norske anbefalte grenseverdi er 2 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$. EU kommisjonens anbefalte referanseverdi er 5 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

4. Anbefalte referanseverdi for summen av FumB1 og FumB2 på 10 000 µg/kg fullfôr.
5. De norske anbefalte grenseverdier for sopp og mykotoksiner i fôrvarer (Mattilsynet, 13.mars 2019).
3. For mais og maisprodukter er referanseverdien 12 000 µg/kg
7. Anbefalte referanseverdi er for summen av FumB1 og FumB2 på 60 000 µg/kg i fôrmiddel.

Tabell 2. Mykotoksiner - Enniatin og Beauvericin

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for beauvericin og enniatin (µg/kg) i fullfôr, vegetabiliske fôrmiddel og insektmel i 2020. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ. [Mean concentration and the minimum-maximum range of beauvericin and enniatin (µg/kg) in fish feed, plant protein and plant oil in 2018 (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	21.2	<LOQ
Min	<10	<10	<10	11	11
Maks				49	13
Prøver over LOQ	0	0	0	30	2
Vegetabiliske fôrmiddel					
Snitt (n=9)	12	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Min	<10	<10	<10	<10	<10
Maks	12				
Prøver over LOQ	1	0	0	0	0
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. Klorerte pesticider

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for klorerte pesticider (µg/kg ww) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og insektmel i 2020. Summeringen er "upper bound" og molekylvektet. Øvre grenseverdi er gitt i den siste raden (µg/kg). [Mean concentration and the minimum-maximum range of chlorinated pesticides (µg/kg ww) in fish feed, fishmeal, fish oil and insect meal in 2018. Sum of pesticides is "upper bound" and molecular weighted].

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=20)	1.4	1.5	2.7	1.1	0.7	0.9	0.9
Min	0.8	1.3	2.0	0.8	0.6	0.8	0.6
Maks	2.4	1.6	4.0	1.6	0.8	0.9	2.1
Øvre grenseverdi	20	50	20	20	10	-	10
Fiskemel							
Snitt (n=9)	1.2	1.5	3.1	1.3	0.6	0.9	1.5
Min	0.6	1.3	2.0	0.7	0.5	0.8	0.6
Maks	2.0	2.9	8.9	2.7	1.2	1.7	4.1
Øvre grenseverdi	20	100	20	20	10	-	10
Fiskeoljer							
Snitt (n=9)	6.2	3.3	10.8	2.7	2.4	1.3	4.6
Min	0.7	3.3	5.1	1.3	1.9	0.8	1.3
Maks	15.5	3.3	27.8	7.6	3.6	2.7	11.0
Øvre grenseverdi	100	100	200	50	200	-	200
Insektmel							
Snitt (n=4)	0.2	1.8	2.8	1.0	0.7	1.0	0.7
Min	0.2	1.3	2.0	0.7	0.5	0.8	0.5
Maks	0.4	3.2	5.0	1.8	1.3	1.9	1.25
Øvre grenseverdi	20	100	20	20	10	-	10

1. Dieldrin uttrykt som dieldrin alene. Alle resultater for aldrin er under LOQ (0.10-0.13 µg/kg ww).
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 4. DDT

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av DDT-isomerer ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og insektmel i 2020. Summeringen er «upper bound» og molekylvektet. [Mean concentration and the range (min-max concentration) of DDT isomers in fish feed, fishmeal, fish oil and insect meal in 2020. Sum DDT is determined as “upper bound” and molecular weighted. The maximum levels are 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ for feed and fish meal, and 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ for fish oil].

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 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Fullfôr							
Snitt (n=20)	0.2	0.1	0.1	1.2	2.9	0.4	5.3
Min	0.1	0.1	0.1	0.6	1.6	0.2	3.2
Maks	0.3	0.2	0.3	2.5	6.5	0.7	11.1
Øvre grenseverdi							50
Fiskemel							
Snitt (n=9)	0.3	0.1	0.2	1.5	4.1	0.3	7.2
Min	0.1	0.1	0.1	0.3	1.1	0.1	1.9
Maks	0.7	0.3	0.8	3.4	8.5	1.2	16.2
Øvre grenseverdi							50
Fiskeolje							
Snitt (n=9)	0.4	0.3	0.4	4.2	14.0	1.7	23.1
Min	0.3	0.3	0.3	0.5	1.3	0.3	3.6
Maks	0.9	0.3	0.9	9.8	30.8	3.2	49.4
Øvre grenseverdi							500
Insektmel							
Snitt (n=9)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.9
Min	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6
Maks	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	1.7
Øvre grenseverdi							50

Tabell 5. Organofosfat pesticider og ugressmidler

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av pirimifos-metyl, malathion glyfosat, amino-metyl-fosfonsyre (AMPA) og glufosinat (mg/kg) i fullfôr, vegetabiliske føremiddel, vegetabiliske oljer og insektmel i 2020. 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 min-max concentrations of pirimifos-methyl, malathion, glyfosat, amino-methyl-phospho acid (AMPA) and glufosinat (mg/kg) in fish feed, plant protein and plant oil in 2020].

Prøver	Pirimifos-metyl (mg/kg)	Malathion (mg/kg)	Glyfosat (mg/kg)	AMPA (mg/kg)	Glufosinat (mg/kg)
Fullfôr					
Snitt (n=40)	0.011	<LOQ	0.07	0.02	<LOQ
Min	0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Maks	0.03		0.16	0.02	<0.05
Prøver over LOQ	14	0	36	14	0
Vegetabiliske føremiddel					
Snitt (n=9)	<LOQ	<LOQ	0.33	0.07	<LOQ
Min	<0.01	<0.01	0.02	0.04	<0.01
Maks			0.68	0.15	
Prøver over LOQ	0	0	7	6	0
Vegetabilisk olje					
Snitt (n=8)	0.04	<LOQ	-	-	-
Min	0.02	<0.02	-	-	-
Maks	0.09	0.021			
Prøver over LOQ	7	1	-	-	-
Insektmel					
Snitt (n=4)	<LOQ	<LOQ	0.03	0.09	<LOQ
Min	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01
Maks			0.06	0.24	
Prøver over LOQ	0	0	3	3	0

Tabell 6. Polyklorerte binfenyler (PCB)

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) 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, fiskeolje og insektmel i 2020. Sum PCB6 er «upper bound». Øvre grenseverdi er gitt under de analyserte verdiene ($\mu\text{g}/\text{kg}$). [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, fish oil and insect meal in 2020. Sum PCB6 is determined as “upper bound”. The maximum levels are given in the rows below the results ($\mu\text{g}/\text{kg}$)].

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=20)	0.1	0.4	0.7	0.9	1.6	0.4	4.1
Min	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	0.2	1.9
Maks	0.2	0.5	1.2	1.6	3.0	0.7	7.2
Prøver over LOQ	16	20	20	20	20	20	-
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	40
Fiskemel							
Snitt (n=9)	0.1	0.4	1.0	1.5	2.4	0.5	5.9
Min	0.1	0.2	0.4	0.6	1.1	0.2	2.6
Maks	0.2	0.6	1.4	2.3	3.5	0.9	8.8
Prøver over LOQ	9	9	9	9	9	9	
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	30
Fiskeoljer							
Snitt (n=10)	1.1	2.3	4.2	6.4	10.3	2.6	1.1
Min	0.4	0.4	0.4	1.5	2.8	1.1	1.6
Maks	1.5	4.0	8.5	12.0	20.0	4.5	48.6
Prøver over LOQ	5	7	8	8	8	8	-
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	175
Insektmel							
Snitt (n=4)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.31
Min	< 0.053	< 0.053	< 0.039	< 0.039	< 0.053	< 0.035	0.28
Maks	< 0.068	< 0.068	< 0.044	0.048	< 0.066	< 0.042	0.33
Prøver over LOQ	0	0	0	1	0	0	-
Øvre grenseverdi	-	-	-	-	-	-	10

Tabell 7. Dioksiner og dioksin-lignende PCB

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av sum dioksiner (sum PCDD og PCDF), sum dl-PCB og sum totale toksikologiske ekvivalenter (sum TEQ)3 i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og insektmel i 2020. Summen er «upper bound», og gitt i ng TEQ/kg1). Alle prøver var over LOQ for metoden. Øvre grenseverdier er gitt under de analyserte verdiene (ng TEQ/kg). [Mean concentration and the range (min-max) of sum dioxins (PCDD and PCDF), sum dl-PCB and sum dioxins and dl-PCB (sum TEQ) in

fish feed, fishmeal, fish oil and insect meal in 2020. All samples were above the LOQ of the method. 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=20)	0.4	0.2	0.6
Min	0.3	0.06	0.4
Maks	0.6	0.6	1.0
Øvre grenseverdi ¹⁾	1.75		5.5
Fiskemel			
Snitt (n=9)	0.4	0.6	1.0
Min	0.3	0.2	0.5
Maks	0.6	1.0	1.6
Øvre grenseverdi ¹⁾	1.25		4.0
Fiskeoljer			
Snitt (n=10)	1.0	1.1	2.2
Min	0.4	0.08	0.6
Maks	2.6	3.0	4.1
Øvre grenseverdi ¹⁾	5.0		20.0
Insektmel			
Snitt (n=4)	0.2	0.02	0.2
Min	0.09	0.01	0.1
Maks	0.3	0.03	0.3
Øvre grenseverdi ¹⁾	0.75		1.25

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 8. Polybromerte difenyleter (PBDE)

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av polybromerte difenyleter, PBDE kongenere ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og insektmel i 2020. Summen er «upper bound». [Mean concentration and range (min-max) of PBDE ($\mu\text{g}/\text{kg}$) congeners in fish feed, fishmeal, fish oil and insect meal in 2020. The sums are «upper bound»].

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 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Fullfôr								
Snitt (n=20)	0.01	0.22	0.03	0.06	<LOQ	0.04	<LOQ	0.40
Min	0.01	0.09	0.03	0.03		0.03		0.22
Maks	0.03	0.36	0.06	0.11		0.06		0.62
Prøver over LOQ	20	20	8	18	0	14	0	-
Fiskemel								
Snitt (n=9)	0.02	0.28	0.06	0.06	0.04	0.07	<LOQ	0.52
Min	0.01	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.22
Maks	0.03	0.51	0.11	0.11	0.05	0.17	0.00	0.91
Prøver over LOQ	9	9	9	7	3	9	0	-
Fiskeolje								
Snitt (n=10)	0.07	1.26	0.21	0.47	<LOQ	0.25	<LOQ	2.10
Min	0.02	0.24	0.08	0.15	<0.08	0.17		0.57
Maks	0.11	3.00	0.28	1.00	0.15	0.42		5.01
Prøver over LOQ	8	9	8	7	1	6	0	-
Insektmel								
Snitt (n=4)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.12
Min	< 0.004	< 0.03	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	0.11
Maks								0.12
Prøver over LOQ	0	0	0	0	0	0	0	-

Tabell 9. Bromerte flammehemmere (HBCD og TBBP-A)

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av HBCD kongenene α , β og γ og TBBP-A ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i fullfôr, fiskemel, fiskeolje og insektmel i 2020. 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 2020. The sums are "upper bound"].

Prøver	α -HBCD ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	β -HBCD ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	γ -HBCD ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Sum HBCD ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	TBBP-A ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Fullfôr					
Snitt (n=20)	0.08	<LOQ	<LOQ	0.12	0.53
Min	0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.12
Maks	0.20	0.10	0.10	0.40	1.4
Prøver over LOQ	16	1	1	-	11
Fiskemel					
Snitt (n=9)	0.07	<LOQ	<LOQ	0.09	0.20
Min	0.01	<0.006	<0.006	0.02	0.06
Maks	0.28	<0.012	<0.012	0.29	0.44
Prøver over LOQ	6	0	0	-	5
Fiskeolje					
Snitt (n=10)	0.54	<LOQ	0.05	0.62	<LOQ
Min	0.03	<0.03	0.03	0.09	<0.18
Maks	1.07	0.05	0.12	1.15	<0.2
Prøver over LOQ	9	1	4	-	0
Insektmel					
Snitt (n=4)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.030	<LOQ
Min	<0.01	<0.01	<0.01	0.018	<0.07
Maks				0.036	<0.25
Prøver over LOQ	0	0	0	-	0

Tabell 10. Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for PAH forbindelser¹) ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i fullfôr, vegetabiliske fôrmidler og vegetabiliske oljer i 2020. Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over kvantifiseringsgrensen (LOQ). Sum PAH4 er "upper bound". [PAH concentration range (min-max, $\mu\text{g}/\text{kg}$) and number of samples over LOQ in fish feed, plant protein and plant oil in 2020].

Prøver	Benzo(a)antracen (µg/kg)	Benzo(a)pyren (µg/kg)	Benzo(b)fluoranten (µg/kg)	Chrysen (µg/kg)	Sum PAH4 (µg/kg)2)	Benzo(c)fluoren (µg/kg)	Benzo(g,h,i)perylene (µg/kg)	Benzo(j)fluoranten (µg/kg)	Benzo(k)fluoranten (µg/kg)
Fullfôr									
Snitt (n=20)	0.5	0.3	0.3	0.5	1.4	<LOQ	0.3	<LOQ	<LOQ
Min	0.3	0.3	0.3	0.2	0.9	<0.2	0.2	<0.2	<0.2
Maks	0.6	0.4	0.4	0.7	2.1	<0.3	0.4	<0.3	<0.3
Prøver over LOQ	16	9	7	15		0	4	0	0
Vegetabiliske fôrmidler									
Snitt (n=9)	1.4	0.8	0.7	1.6	2.3	<LOQ	0.5	<LOQ	<LOQ
Min	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	<0.08	0.1	<0.08	<0.08
Maks	5.0	2.1	1.6	7.0	16.0	1.0	0.9	0.9	0.8
Prøver over LOQ	4	3	3	5		1	2	1	1
Vegetabilisk olje									
Snitt (n=10)	1.7	1.5	1.5	2.1	6.1	<LOQ	1.7	1.3	<LOQ
Min	0.8	0.8	0.8	0.9	3.1	<0.7	0.8	0.9	<0.7
Maks	4.0	3.2	2.9	5.0	15.0	<0.8	3.2	1.7	1.3
Prøver over LOQ	8	7	5	7		0	4	2	1

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. Summen av benzo(a)pyren, benzo(a)antracen, chrysen og benzo(b)fluoranten, gitt som «upper bound».

Tabell 11. Glycidylestere og 3-MCPD-estere

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) for glycidol, 2-MCDP og 3-MCDP i fullfôr og vegetabiliske oljer i 2020. Summen er «upper bound». [Mean concentration and the range (min-max concentration) of glycidol, 2-MCDP og 3-MCDP (µg/kg) in fish feed and plant oil in 2020. The sums are "upper bound"].

Prøver	Glycidol (µg/kg)	Sum 2-MCPD (µg/kg)	Sum 3-MCPD (µg/kg)
Fullfôr			
Snitt (n=20)	41.3	< LOQ	18.3
Min	9	<10	11
Maks	300	<50	36
Prøver over LOQ	20	0	10
Vegetabiliske oljer			
Snitt (n=8)	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Min	<100	<100	<100
Maks			
Prøver over LOQ	0	0	0

Tabell 12. Uønskede stoffer, uorganiske

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av arsen, uorganisk arsen, kadmium, kvikksølv, metylkvikksølv, bly og fluorid i fullfôr, fiskemel, vegetabiliske førmiddel, insektmel og mineralpremikser i 2020 (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, mercury, methyl mercury, lead and fluoride in fish feed, fish meal, plant protein, insect meal and mineral premixes in 2020 (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=85)	2.3	0.05 ¹⁾	0.10	0.024 ¹⁾	0.044	0.04	56.4 ¹⁾
Min	0.1	0.01	0.04	0.004	0.006	0.02	20
Maks	7.5	0.09	0.24	0.11	0.14	0.11	110
Prøver over LOQ	85	20	85	80	20	79	20
Øvre grenseverdi	10	2	1	0.2		5	350
Fiskemel							
Snitt (n=9)	8.6	-	0.2	0.12	-	0.06	29.7
Min	4.3		0.1	0.07		0.031	10.0
Maks	16.0		0.4	0.21		0.081	65.0
Prøver over LOQ	9		9	9		7	7
Øvre grenseverdi	25		2	0.5		10	500

Vegetabiliske fôrmidler							
Snitt (n=9)	0.03	-	0.03	<LOQ	-	0.04	
Min	0.01		0.01	<0.004		0.02	
Maks	0.09		0.07			0.08	
Prøver over LOQ	8		9	0		6	
Øvre grenseverdi	2		1	0.1		10	
Insektmel							
Snitt (n=4)	0.081	0.050	0.65	<LOQ	-	0.75	
Min	0.033	0.025	0.59	<0.004		0.38	
Maks	0.200	0.110	0.71			1.20	
Prøver over LOQ	4	4	4	1		4	
Øvre grenseverdi	2		2	0.1		10	
Mineralpremikser							
Snitt (n=9)	0.33		1.09	0.09		2.86	
Min	0.15		0.05	0.01		0.94	
Maks	0.51		0.72	0.02		1.40	
Prøver over LOQ	9		9	3		9	
Øvre grenseverdi	-		15	-		200	

1. N=20.

Tabell 13. Syntetiske antioksidanter

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av ethoxyquin (EQ), butylhydroksyanisol (BHA) og butylhydroksytoluen (BHT) (mg/kg) i fullfôr, fiskemel og vegetabiliske fôrmiddel i 2020. Det høyeste tillatte innhold av BHA og BHT, alene eller for sum antioksidanter er 150 mg/kg. Snitt og sum er gitt som «upper bound» LOQ. [Concentration of ethoxyquin (EQ), butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT) (mg/kg) analysed in fish feed, fishmeal, fish oil and plant protein in 2020. Mean values are given with minimum and maximum values. The maximum content for BHA and BHT in feed, alone or combined is 150 mg/kg].

Prøver	Propylgallat (mg/kg)	EQ ¹ (mg/kg)	EQDM (mg/kg)	BHA (mg/kg)	BHT (mg/kg)	Sum Antioksidanter (mg/kg)
Fullfôr						
Snitt (n=80)	<LOQ ²	0.019	<LOQ	1.8	15.0	16.3
Min	<10	<0.009	<0.07	0.002	0.7	0.7
Maks		0.29	0.09	15.0	37.0	38.0
Prøver over LOQ	0	24	5	62	80	-
Fiskemel						
Snitt (n=10)		0.18	< LOQ	-	-	
Min-Maks		<0.009-0.680	-	-	-	
Prøver over LOQ		7	0	-	-	
Vegetabiliske fôrmidler						
Snitt (n=10)		< LOQ	< LOQ	-	-	-
Min-Maks		<0.009-0.010	-	-	-	-
Prøver over LOQ		1	0	-	-	-

1. Regelverket for EQ ble endret i 2017, da det ikke ble godkjent som tilsetningsstoff. Etter 31. mars 2020 ble det ikke tillatt å omsette fôrmidler som er tilsatt EQ, men det var tillatt å benytte fôrmidlene til produksjon av fôrblandinger frem til [30.juni 2020](#).
2. N=85

Tabell 14. Mineraler

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av kobalt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), molybden (Mo), selen (Se) og sink (Zn) i fullfôr, fiskemel, insektsmel, vegetabiliske fôrmidler og premikser i 2020. Det høyeste tillate innhold er gitt under de analyserte verdiene, i mg/kg¹. [Concentrations of Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo and Se (mg/kg) in fish feed, insect meal, plant based feed ingredients and premixes in 2020. Mean values are given with minimum and maximum values. The maximum content 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								
Snitt (n=85)	0.18	0.48	10.0	177	50.1	2.0	0.71	166
Min	0.07	0.15	3.7	8.7	19	0.14	0.35	120
Maks	0.49	5.1	16	310	85	3.4	1.9	240
Prøver over LOQ	85	85	85	85	85	85	85	
Grenseverdi	1		25	750	100	2.5	0.5	180
Fiskemel								
Snitt (n=9)	0.043	0.3	3.4	119.9	8.9	0.2	2.5	85
Min	0.036	0.1	3.0	92.0	3.5	0.1	1.6	53
Maks	0.1	0.4	4.2	170.0	15.0	0.4	3.2	120
Prøver over LOQ	8	8	9	9	9	5	9	9
Insektmel								
Snitt (n=4)	0.06	1.42	12.5	318	405	0.8	0.20	165
Min	0.02	0.52	11.0	220	370	0.7	0.15	140
Maks	0.15	3.40	14.0	510	440	1.0	0.30	210
Prøver over LOQ	4	4	4	4	4	4	4	4
Vegetabiliske førmiddel								
Snitt (n=9)	0.1	0.3	8.9	161.1	37.2	5.5	0.3	54.3
Min	0.0	0.1	7.8	130.0	12.0	1.5	0.0	35.0
Maks	0.4	1.3	11.0	230.0	55.0	8.0	1.1	89.0
Prøver over LOQ	8	9	9	9	9	9	7	9
Mineral-premikser								
Snitt (n=9)	23.2	3.6	3058	18148	20756	0.20	21.9	64846
Min	2.3	1.8	44	710	700	0.15	0.3	610
Maks	9.4	6.2	90	1000	2500	0.25	96.0	34000
Prøver over LOQ	9	9	9	9	9	3	9	9

1. 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 15. Vitamin E

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) vitamin E i fullfôr og fiskemel i 2020 (mg/kg). [Concentrations of vitamin E (mg/kg) in fish feed and fishmeal in 2020. Mean values are given with minimum and maximum values].

Prøver	α -tokoferol (mg/kg)	γ -tokoferol (mg/kg)	Sum tokoferoler (mg/kg) ¹⁾	Sum tokotrienoler (mg/kg) ²⁾
Fullfôr				
Snitt (n=85)	288	79	374	18.1
Min	139	21	189	0.6
Maks	570	131	636	33.5
Fiskemel				
Snitt (n=9)	20.1	37.0	78.7	0.3
Min	12.4	24.0	60.5	0.3
Maks	33.0	68.0	128.4	0.3

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

Tabell 16. Vitaminer (B-vitaminer, vitamin A, C og D3)

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av B-vitaminer (cobalamin, folat, pantoten og vitamin B6), vitamin A, vitamin C og vitamin D3 i fullfôr i 2020 (mg/kg). [Concentrations of vitamin B (cobalamine, folate, pantoten, vitamin B6), vitamin A, vitamin C and vitamin D3 (mg/kg) in fish feed in 2020. Mean values are given with minimum and maximum values].

Prøver	Cobalamin (mg/kg)	Folat (mg/kg)	Pantoten (mg/kg)	Vitamin B6 (mg/kg)	Vitamin A1 (mg/kg)	Vitamin A2 (mg/kg)	Vitamin C (mg/kg)	Vitamin-D3 (mg/kg)
Fullfôr								
Snitt (n=85)	0.17	5.1	59.6	14.2	7.6	0.39	453	0.13
Min	0.03	1.7	38.0	7.3	0.9	0.09	130	0.06
Maks	0.45	13.0	99.0	24.0	32.0	1.7	1500	0.5

Tabell 17. Vitamin K

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av vitamin K1, vitamin K2 (µg/kg) og vitamin K3 (mg/kg) i fullfôr i 2020.
[Concentrations of vitamin K1, vitamin K2 (µg/kg) and vitamin K3 (mg/kg) in fish feed in 2020].

Prøver	Vit K ₃ (mg/kg)	Vit K ₁ (µg/kg)	Vit K ₂ (MK4) (µg/kg)	Vit K ₂ (MK7) (µg/kg)	Vit K ₂ (MK8) (µg/kg)	Sum Vit K ₂ (alle) (µg/kg)
Fullfôr						
Snitt (n=85)	0.96 ¹⁾	376	8.4	74.0	34.1	129
Min	0.03	14	2.0	8.6	13	39
Maks	3.27	685	21.7	1257	92	1339

1. N=25.

Tabell 18. Fettsyresammensetning

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks verdier) av fettsyresammensetningen i fullfôr analysert i 2020 (mg/g ww, gjennomsnitt, og med min-maks verdier, n=20 fullfôr). [Concentration of fatty acids in fish feed (mg/kg, n=20) analysed in 2020. Mean values are given with minimum and maximum values].

Fettsyrer i fullfôr (n=20)	Gjennomsnitt (mg/g)	Min (mg/g)	Maks (mg/g)
14:0	8.6	5.4	19.2
16:0	27.7	20.0	48.1
18:0	9.6	2.7	13.5
Sum mettede fettsyrer	51.3	32.7	82.9
18:1 n-9	97.7	11.9	142.0
22:1 n-9 (erukasyre)	2.0	1.0	4.3
Sum enumettede fettsyrer	133.0	57.9	185.0
18:2 n-6	38.8	7.6	64.5
20:4 n-6 (arakidonsyre)	1.1	0.7	2.5
Sum n-6	40.5	9.0	65.5
18:3 n-3	23.0	2.4	31.7
20:5 n-3 (EPA)	13.0	9.2	32.7
22:6 n-3 (DHA)	11.2	7.0	28.2
Sum EPA og DHA	24.2	16.6	60.9
Sum n-3	53.2	38.8	81.7
Sum flerumettet fett	94.7	47.9	125.0
Sum fettsyrer	283.5	142.0	354.0
Ratio n-3/n-6	1.6	0.9	5.1
Σ EPA and DHA % av totale fettsyrer	8.9	5.5	21.2

Tabell 19. Makromineraler

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) av kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), Natrium (Na) og fosfor (P) i fullfôr analysert i 2020 (mg/kg). [Concentrations of Ca, K, Mg, Na and P in fish feed in 2020 (mg/kg)].

Prøve	Ca (mg/kg)	K (g/kg)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	P (mg/kg)
Fullfôr					
Snitt (n=85)	7 920	8 440	1 915	3 068	10 305
Min	2 900	6 000	1 200	890	7 000
Maks	27 000	11 000	2 700	23 000	19 000

Konklusjon

Det er mange ulike stoffgrupper som kan representere en risiko på fôrområdet, og i dette overvåkingsprogrammet er formålet å få en oversikt over kjente risikoer, samt undersøke potensielt nye faktorer.

Resultatene for prøver ankommet i 2020 viser at det er ingen overskridelser av etablerte grenseverdier i fullfôr eller fôrmidler. Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) ble funnet med forhøyede konsentrasjoner i to prøver av vegetabiliske fôrmiddel i 2020. Disse resultatene, samt resultater fra tidligere år, tyder på at denne stoffgruppen kan være til stede i forhøyede konsentrasjoner i vegetabiliske fôrmidler. Det ble registrert tilstedeværelse av det nå utfasede tilsetningsstoffet ethoxyquin (EQ) i fullfôr og fiskemel. Nivåene av EQ var lave og kan tyde på at det kommer fra forurensinger av produksjonslinjer eller transport. Angående næringsmidler, viser analysene at noen av B-vitaminene kan være lave, særlig om fôrene er plantebaserte.

Undersøkelsene i 2020, samt tidligere år, tyder på at den generelle tilstanden på fôrområdet er god og at ingen av farene er kritiske. Det kan imidlertid stilles spørsmål ved om dataene er representative med tanke på antallet prøver som tas i forhold til produksjonsvolumet. Tidsseriene for de ulike stoffgruppene viser imidlertid at dataene på fullfôr er konsistente over tid, noe som tyder på at prøvene er representative og gir et godt bilde av tilstanden på fôrområdet.

Tusen takk til alle involverte i prosjektet.

Referanser

1. 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, DOI: [10.1080/10408398.2019.1658570](https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570)
2. All about feed (2020). Mycotoxin Survey 2020: DON and FUM most prevalent. (referert til 29.04.2021). [Mycotoxin Survey 2020: DON and FUM most prevalent - All About Feed](#)
3. 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.
4. Berntssen, M.H.G., G. Rosenlund, B. Garlito, H. Amlund, N.H. Sissener, A. Bernhard and M. Sanden, Sensitivity of Atlantic salmon to the pesticide pirimiphos-methyl, present in plant-based feeds. *aquaculture*, 2020. in press.
5. Sanden, M., P.A. Olsvik, L. Softeland, J.D. Rasinger, G. Rosenlund, B. Garlito, M. Ibanez and M.H.G. Berntssen, Dietary pesticide chlorpyrifos-methyl affects arachidonic acid metabolism including phospholipid remodeling in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 2018. 484: p. 1-12.
3. Berntssen, M.H.G., R. Hoogenveen, G. Rosenlund, B. Garlito and M.J. Zeilmaker, Do background levels of the pesticide pirimiphosmethyl in plant-based aquafeeds affect food safety of farmed Atlantic salmon? *Food Additives and Contaminants Part a-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment*, 2020: p. 14.
7. NRC, 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Research Council, The National Academies Press, Washington, D.C.
3. Saravanan, S., Geurden, I., Orozco, Z., Kaushik, S., Verreth, J., Schrama, J., 2013. Dietary electrolyte balance affects the nutrient digestibility and maintenance energy expenditure of Nile tilapia. *Br. J. Nutr.* 110, 1948–1957.
3. Vielma, J., Lall, S.P., 1998. Control of phosphorus homeostasis of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in fresh water. *Fish Physiol. Biochem.* 19, 83–93. <https://doi.org/10.1023/a:1007757321695>
3. Vielma, J., Lall, S.P., 1998. Control of phosphorus homeostasis of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in fresh water. *Fish Physiol. Biochem.* 19, 83–93. <https://doi.org/10.1023/a:1007757321695>
1. Antony Jesu Prabhu, P., Schrama, J., Fontagné-Dicharry, S., Mariojouls, C., Surget, A., Bueno, M., Geurden, I., Kaushik, S.J., 2018. Evaluating dietary supply of microminerals as a premix in a complete plant ingredient-based diet to juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac. Nutr.* 24, 539–547.
2. 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.
3. Maage, A., Julshamn, K., 1993. Assessment of zinc status in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) by measurement of whole body and tissue levels of zinc. *Aquaculture* 117, 179–191.
4. Antony Jesu Prabhu, P., Lock, E.-J., Hemre, G.-I., Hamre, K., Espe, M., Olsvik, P.A., Silva, J., Hansen, A.-C., Johansen, J., Sissener, N.H., Waagbø, R., 2019. Recommendations for dietary level of micro-minerals and vitamin D3 to Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr and post-smolt when fed low fish meal diets. *PeerJ* 7, e6996. <https://doi.org/10.7717/peerj.6996>
5. Vera, L.M., Hamre, K., Espe, M., Hemre, G.-I., Skjærven, K., Lock, E.-J., Prabhu, A.J., Leeming, D., Migaud, H., Tocher, D.R., 2020. Higher dietary micronutrients are required to maintain optimal performance of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed a high plant material diet during the full production cycle. *Aquaculture* 528, 735551
3. Hemre, G.-I., Lock, E.-J., Olsvik, P. A., Hamre, K., Espe, M., Torstensen, B. E., ... Sissener, N. H. (2016). Atlantic salmon (*Salmo salar*) require increased dietary levels of B-vitamins when fed diets with high inclusion of plant based ingredients. *Peer J*, 4, e2493. <https://doi.org/10.7717/peerj.2493>
7. Espe, M., Vikeså, V., Thomsen, T.H., Adam, A.-C., Saito, T., Skjærven, K. (2019). Atlantic salmon fed a nutrient package of surplus methionine, vitaminB12, folic acid and vitamin B6 imoved growth and reduced the relative liver size, but when in excess growth reduced. *Aquaculture Nutrition*, 00:1-13. <https://doi.org/10.1111/anu.13010>



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
E-post: post@hi.no
www.hi.no