

Beregnet til

Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma

Dokument type

Rapport

Dato

2023, mars

FISKEDØD I RISA

OPPSUMMERING AV

KUNNSKAPSGRUNNLAG

FISKEDØD I RISA

OPPSUMMERING AV KUNNSKAPSGRUNNLAG

Oppdragsnavn **Fiskedød i Risa, oppsummering av kunnskapsgrunnlag**
Prosjekt nr. **1350040326**
Mottaker **Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma (Huvo)**
Dokument type **Rapport**
Versjon **Utkast 2**
Dato **22.03.2023**
Utført av **Harriet de Ruiter, Susanna Burgess**
Kontrollert av **Susanna Burgess**
Beskrivelse **Oppsummering av kunnskapsgrunnlag relatert til episoder med fiskedød i Risa**

Rambøll
Harbitzalléen 5
Postboks 427 Skøyen
0213 Oslo

T +47 22 51 80 00
<https://no.ramboll.com>

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Bakgrunn	2
1.1	Innledning	2
1.2	Episoder med fiskedød	3
2.	Risa og hersjøen	4
2.1	Risa, nærmere beskrivelse av vannforekomst	4
2.2	Økologisk tilstand Risa	5
2.2.1	Eutrofiering	5
2.2.2	Fisk	5
2.3	Hersjøen	5
3.	Resultater vannkjemi	6
3.1	Innledning	6
3.2	Resultater fra vannprøvetaking etter akutt fiskedød 2021	6
3.2.1	Prøvetaking	6
3.2.2	Resultater	7
3.3	Oppsummering resultater fra tidligere undersøkelser i Risa og sidebekker, samt sammenligning med resultatene fra 2021	8
3.4	Oppsummering av resultater fra tidligere undersøkelser i Hersjøen	9
4.	Resultater analyser fisk fra fiskedød 2021 og sammenligning tidligere gjelle undersøkelser	11
4.1	Analyser som ble gjennomført	11
4.2	Resultater og sammenligning med resultater fra tidligere undersøkelser på gjellejern	12
5.	Mulige årsaker til fiskedød	15
5.1	Jern	15
5.1.1	Effekter på fisk	15
5.1.2	Diskusjon resultater	15
5.2	Ammonium	16
5.2.1	Effekter på fisk	16
5.2.2	Diskusjon resultater	16
5.3	Pesticider	17
5.3.1	Effekter på fisk	17
5.3.2	Diskusjon resultater	17
6.	Konklusjon og anbefalinger	19
6.1	Konklusjon	19
6.2	Anbefalinger	19
6.2.1	Pesticider	19
6.3	Overvåkning av ammonium i Hersjøen og Risa i vårperioden	19
7.	RefereRanser	20

1. BAKGRUNN

1.1 Innledning

Det har ble registrert akutt fiskedød i øvre delen av den totalfredede elva Risa (VF 002-3789-R) ved flere tilfeller. Den første fiskedøden ble registrert 8. mai 2007, og nye hendelser ble registrert den 29. mai 2015, 8. juni 2016 og 2. juni 2021.

Hendelsesforløp og tidligere undersøkelser har gitt at følgende hypoteser var ledende som årsak for fiskedøden:

1. Episodisk jernutfelling (Fe^{2+} videre til Fe^{3+} og akkumulering på fiskens gjeller).
2. Tilførsel av høye verdier av ammonium fra Hersjøen som følge av vårsirkulasjonen.
3. Rester av sprøytemidler som er tilført elva, enten direkte fra sprøytevogn, og/eller avrenning fra nysprøytet åker. Hypotesen har bakgrunn i at det i 2019 ble observert en åkersprøyte som hentet vann direkte fra Risa, noe som innebar en bekymring for at sprøytemidler kan ha lekket ut i elva. Sprøytejournaler fra Mattilsynet viste at åker var sprøytet kort tid (1-3 dager) før fiskedøden både i 2015, 2016 og 2021 (se og 5.3. og Tabell 2 for informasjon om pesticider som har vært benyttet på åkersprøyten).
4. Andre årsaker som hittil ikke er tenkt på/avdekket.

Dette notatet oppsummerer resultatene fra tidligere undersøkelser, og omfatter:

- Resultatene fra undersøkelsene som NIVA gjennomførte etter fiskedødeepisoden i 2007 (Haugen, 2007). Død fisk ble fanget inn og gjellene ble analysert med hensyn til metaller (jern, aluminium og mangan).
- Resultatene fra undersøkelser som NINA gjennomførte etter episode med fiskedød i 2015. Det ble tatt vannprøver ved 2 prøvepunkter i Risa (ved E6 og 50 m nedstrøms mølla utløpet), i sidebekker og ved utløpet ved Hersjøen. I tillegg ble gjellene fra 8 døde ørret analysert med hensyn til metaller. Resultatene ble sammenfattet i et notat som ble skrevet i regi av Ullensaker kommune (Åkerstrøm, 2016).
- Et notat skrevet av limnolog Dag Hongve (Hongve, 2016), der han beskriver sine betraktninger om årsaken til fiskedøden. Han mener at det kan være en sammenheng med økte tilførsler av jernrikt grunnvann på grunn av at grunnvannsnivået har vist en stigning etter 2005 (klimaendringer som mulig årsak).
- Et internt notat fra som beskriver fiskedøden som oppstod i 2016 (Dønnum, 2016). Det ble ikke tatt prøver i forbindelse med denne fiskedødeepisoden.
- I 2018 ble det startet undersøkelser for å finne kilder til jern og 3 masterstudenter fra NMBU skrev masteroppgave om mulig årsakssammenheng mellom fysiske og kjemiske forhold (Frogner og Almhjell, 2019, Hagen, 2019).
- I 2020 gjennomførte Vannområdet intensivovervåking i Risa. Rambøll ga i denne forbindelse innspill på parametervalg og bistod i vurdering ved å kommentere på resultater. Vannprøver ble hentet ut fra Risa av Risautvalget/Vannområdet 18 ganger i tidsperioden mai-juni 2020. Undersøkte kjemiske parametere inkluderte totalt nitrogen, totalt ammonium (sum ammonium og ammoniakk) samt jern 2+ og 3+. Temperatur og pH ble målt i felt. Hensikten var å dokumentere en eventuell episode i den aktuelle tidsperioden med spesielt høye verdier av jern og ammoniakk, og som vil kunne forklare fiskedød. Prøvetakingsstasjonen ble lagt på et sted der fiskedød forekom tidligere år, og nedstrøms områder med høy jerntilførsel. Resultatene ble sammenfattet i et internt notat (Vannområde Hurdalsvassdraget/Vorma, 2020).
- I forbindelse med tiltaksrettet vannovervåking i Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma ble det i 2020 og 2021 tatt ut vannprøver av Hersjøen oppstrøms Risa i sommerhalvåret

(mai-oktober) der blant annet ammonium ble analysert. Undersøkelsene ble gjennomført av Rambøll. Prøver ble tatt fra øvre sjikt, to ganger siktedypet (Rambøll, 2022).

- Resultater fra undersøkelser som Rambøll gjennomførte etter fiskedøden 2. juni 2021. Resultatene har ikke blitt rapportert tidligere og sammenfattes i dette notatet.

1.2 Episoder med fiskedød

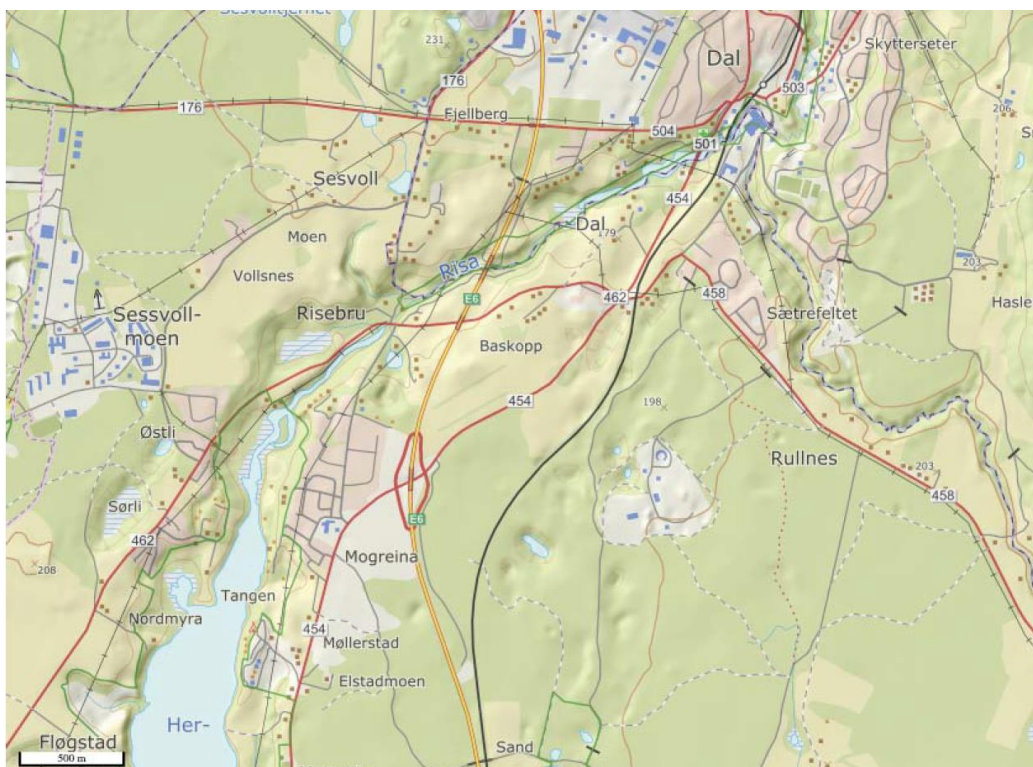
Både i 2007 og 2015 ble det meste av den døde og døende fisken observert mellom Risebru og Dalsdammen (Haugen, 2007; Åkerstrøm et al., 2016). I 2016 og 2021 ble det derimot observert flest fisk nedstrøms Dalsdammen (Åkerstrøm et al., 2016). I 2021 (2. juni) ble to døde fisk observert like nedenfor E6, og 4 andre helt nede ved Slakteriet. Ved Slakteriet ble det i fisketrappa også observert levende fisk som så frisk ut. Det antas at fisken døde på strekningen Risebru – Dalsdammen (som tidligere). Men det var på dette tidspunkt lite fisk igjen på den strekningen etter tidligere fiskedød (jf. Elfiske undersøkelser i 2019, (Pedersen et al, 2021)). I henhold til opplysninger fra personer i Risautvalget vil fisk som er «svimede», halvdøde eller døde for det meste vil havne i Dalsdammen der de enten tas av gjedder eller faller ned på bunnen med mindre de svømmer raskt videre nedover til slakteriet, der de 4 siste ble funnet (Bjørn Otto Dønnum m.fl, personlig kommunikasjon, 2021). Når det gjelder atferd av fisken var det ifølge observasjoner gjort av personer i Risautvalget vanskelig å skille mellom respiratoriske og nevrologiske problemer. I 2021 var gjellelokkene litt utspilte, men ikke ekstremt. Den største hadde svimet i løpet av ettermiddagen, og ble gradvis dårligere. Den lille var desorientert og svømte mot land og ble tatt livet av mens den levde. Også ved tidligere episoder med fiskedød oppførte fisk seg rart og virket de svimete. I 2016 ble det for eksempel observert en ørret som svømte tregt og på siden (A. Åkerstrøm 2016). I 2007 tydet atferden av fisken på respiratoriske problemer, i tillegg dårlig svømmekapasitet.

Det kan legges til at grunneiere i området har opplyst til Huvo at akutt fiskedød ikke var et kjent problem før den første dødsepisoden i 2007 (Kjell Halvorsen, personlig kommunikasjon).

2. RISA OG HERSJØEN

2.1 Risa, nærmere beskrivelse av vannforekomst

Risa er utløpselva fra Hersjøen, som er en kalkrik innsjø i Ullensaker kommune. Risa har en total lengde på 9,5 km, og drenerer til Andelva. Strekningen av Risa som er berørt av fiskedød ligger mellom Hersjøen og Dal, og vises i figur 1 under.



Figur 1 Kartet viser øvre delen av Risa, samt Hersjøen. Strekningen mellom Risebru og Dal har vært berørt av fiskedød-

Nedbørsfeltet til Risa ligger innenfor Sør Norges største nedbørsmatede sedimentære grunnvannsmagasinet. Denne grunnvannsressursen har god vanngiverevne, og mater både Risa og Hersjøen. Både Hersjøen og Risa får den største vanntilførsler fra grunnvannskilder. Når det gjelder kvartærgeologien er nedbørsfeltet dominert av glasifluviale avsetninger, i tillegg er det en del fluviale og eoliske avsetninger. Torv- og myrområder er sentrert rundt selve vassdraget. Denne grunnvannsressursen har god vanngiverevne, og mater både Risa og Hersjøen. Hersjøen får den største vanntilførsler fra grunnvannskilder, mens Risa får den største vanntilførsler fra Hersjøen (cirka 80%). For øvre delen av Risa utgjør grunnvannsbidraget cirka 20% (Frogner & Almhjell, 2019). Det drenerer i tillegg noen mindre sidebekker til Risa, og disse bekker har også grunnvannet som viktigste vannkilde. Dersom vanntilførsler fra Hersjøen stoppes midlertidig ved en blokkering av rør ved Risebru vil største vanntilførsler komme fra direkte tilsig av grunnvann.

2.2 Økologisk tilstand Risa

2.2.1 Eutrofiering

I forbindelse med tiltaksrettet overvåkning tas det prøver Risa ved en stasjon lenger nedstrøms i elva (Haga). Tilstanden vurderes som god med hensyn til bunnfauna og moderat med hensyn til begroingsalger og fosfor. Samlet sett vurderes tilstanden som moderat (Rambøll, 2022).

2.2.2 Fisk

I tillegg til ørret er det forekomst av gjedde, niøye, mort, abbor, steinsmett, ørekyt, (Pedersen et al, 2021) og sannsynligvis også harr og laue (Pedersen, Personlig kommunikasjon, 2022). I tillegg er edelkreps påvist så høyt i Risa som opp til slakteriet på Dal. Fiskeundersøkelser gjennomført i 2021 viser en svært lav ørret tetthet (0,3 per 100 m²) i øvre delen av Risa, som gjør at tilstand ble vurdert som svært dårlig på denne strekningen (Pedersen et al, 2021). Dette må ses i sammenheng med tidligere fiskedødeepisoder i elva på denne strekningen. Dette gjaldt en vesentlig reduksjon fra 2014 (ørrettetthet den gang var på 28 per 100 m²). I 2021 var nivået enda lavere enn i 2019 og 2016 (da var det hhv. 3 og 1 per 100 m²). Ved Dal, lengre ned i elva, er det en høy tetthet på ørret og er den økologiske tilstanden vurdert som svært god med hensyn til ørret (Pedersen et al, 2021).

2.3 Hersjøen

Hersjøen er av en kalkrik og klar vanntype, som kan forklares ved vanntilførsel fra grunnvann. Hver sommer får innsjøen en termisk sjiktning som gir anoksiske forhold i bunnvatnet. Innsjøen har kort oppholdstid på 2,5 måneder (Rohrlack, Haaland, 2017). Innsjøen er opprinnelig oligotrof/mesotrof, men har på grunn av næringsstofftilførsler status som mesotrof. Tilstand for de siste tre år samlet er moderat for planteplankton, fysisk-kjemisk og samlet økologisk tilstand (Rambøll, 2022).

3. RESULTATER VANNKJEMI

3.1 Innledning

Dette kapittelet sammenfatter de resultatene fra vannundersøkelser som ble gjennomført i forbindelse med de ulike fiskedød episodene. Resultatene fra prøvetakingen som ble gjennomført i forbindelse med fiskedøden i 2021 beskrives i kap. 3.2, og har ikke blitt rapportert tidligere. Kap. 3.3 og kap. 3.4 oppsummerer resultatene fra tidligere undersøkelser som har blitt gjennomført i Risa og sidebekker og Hersjøen, og gir i tillegg en sammenligning med resultatene fra prøvetakingen som ble gjennomført i forbindelse med fiskedøden i 2021.

3.2 Resultater fra vannprøvetaking etter akutt fiskedød 2021

3.2.1 Prøvetaking

Tabell 1 viser oversikt over prøvestasjoner, prøvetakingsdatoer og analysepakker for prøvetaking etter den plutselige fiskedøden i Risa i 2021. De første to prøvene ble tatt av Risautvalget, hvorav 1 prøve ble tatt i Risa (Risebru) dagen det ble påvist fiskedød i Risa (Risebru). I tillegg ble det 3. juni tatt en prøve fra utløpsbekken fra Risetjernet dagen. 4. juni tok Rambøll prøver ved 2 prøvepunkter i Risa (Risebru, utløp Hersjøen), samt ved prøvepunkt i Hersjøen. I Hersjøen ble det tatt prøver fra både det øvre og det nedre sjiktet.

Tabell 1. Prøvestasjoner, datoer og analysepakker for prøvetaking etter plutselig fiskedød i Risa 2021.

Stasjon	Evt. Prøvemerkning /Kortnavn (analyseresultat)	Evt. Vann-lok kode	Dato prøve	Analyser	Prøvetakere
Risabro			2. Juni 2021	V, P	Risautvalget
Utløp Dammen			3. Juni 2021	V	Risautvalget
Furuset			3. Juni 2021	V, P	Risautvalget
Risa Risebru	1	002-101052	4. Juni 2021	V2	Rambøll og vannområdekoordinator
Utløp Hersjøen	2	002-70309 («Risa»)	4. Juni 2021	V2	Rambøll og vannområdekoordinator
Hersjøen, Dypvann	Hersj-B	002-37952 (dypvann)	4. Juni 2021	V2	Rambøll og vannområdekoordinator
Hersjøen øvre sjikt (dypeste punkt)	HERSJ	002-37952	4. Juni 2021	V2	Rambøll og vannområdekoordinator
Analyser					
V	Ammonium, ammoniakk, pH, tot-N, tot-Fe				
V2	Ammonium, ammoniakk, pH, tot-N, Nitritt, Nitrat, tot-Fe, Fe ²⁺ /Fe ³⁺ , Sulfat, hydrogensulfid.				
P	Pesticider; Lambda-cyhalotrin enkeltanalyse og større pesticid-pakke som inneholder Aclonifen, Metribuzin, Propakvizafop med flere.				

Prøvene ble analysert av ALS, med unntak av analyse med hensyn til lambda-cyhalotrin. Lambda-cyhalotrin er virksomme stoff til en av de pesticidene som ble benyttet i forbindelse med sprøyting

av gulrotåker 1 eller 2 dager før fiskedøden. Denne analyse ble gjennomført av Eurofins da de kunne levere en lavere deteksjonsgrense for denne parameteren, da lambda-cyhalotrin allerede er giftig ved svært lave konsentrasjoner. Valg av pesticider ble ellers basert på Mattilsynets opplysninger fra sprøytejournalen, se kap. 5.3 for en oversikt over pesticidene som ble benyttet, samt virksomme stoffer.

Prøven tatt 2. juni ble på grunn av feil hos laboratoriet forsinket analysert, og er derfor ikke akkreditert og resultater har derfor lavere presisjon. Særlig ammoniumanalysen er i liten grad pålitelig da ammonium under oksygenrike forhold raskt oksideres til nitrat.

3.2.2 Resultater

Resultater fra prøvetakingen dagene etter fiskedøden er vist i Tabell 2. Ved prøvetakingen den 4. juni ble temperatur målt i felt til mellom 18-18,4 grader i overflatevannet. Det ble ikke målt vanntemperatur da de første prøvene ble tatt.

pH

pH lå mellom 8-8,5 i prøvene. Målinger i felt samsvarte med analyser og lå i samme intervall.

Jern

Jernverdier for prøver i tidsrommet etter fiskedød var relativt lave. Kun utløpsbekk fra dammen (Risebrutjern) viste noen forhøyede verdier, men ikke i en konsentrasjon som kan forårsake fiskedød. Under prøvetaking og befaring ble det ellers ikke observert jernutfelling i Risa.

Nitrogenforbindelser og ammonium

Prøven som ble tatt på den dagen det ble funnet død ørret (2. juni 2021) viser et forhøyet nitrogeninnhold i Risa. Denne dagen ble det målt totalt nitrogen på 0,28 mg/l i Risa ved Risebru, mens det ble målt totalt nitrogen under deteksjonsgrense 2 dager etterpå. Også ammoniumkonsentrasjonen var forhøyet, men denne analyse er i liten grad pålitelig da prøven ble forsinket analysert (på grunn av feil hos laboratoriet). Resultatene fra prøvene som ble tatt 2 dager etter fiskedøden viser forhøyede ammoniumkonsentrasjoner i både øvre og nedre sjiktet til Hersjøen. Konsentrasjonen i nedre sjiktet er tilsvarende svært dårlig tilstand, men den er tilsvarende moderat tilstand i det øvre sjiktet. Ammonium og mulig sammenheng med fiskedøden blir nærmere diskutert i kap. 5.2.

Sulfat forbindelser

Prøvene i tidsrommet etter den akutte fiskedøden inneholdt lave konsentrasjoner (under deteksjonsgrensen) for giftige sulfidforbindelser. Også konsentrasjonen av totalt sulfat var relativt lav i prøvene.

Tabell 2 Resultater fra prøvetaking etter akutt fiskedød. Vannkjemi uten pesticider.

Parameter	Stasjon	Risebru Elv/Bekk	Utløp Dammen Elv/Bekk	Risa	Utløp Hersjøen	Hersjøen, Dypvannsprøve	Hersjøen midt, øvre sjikt
	evt. prøvemerkning(kort)			1	2	Hersj-B	Hersj
	Dato	2021-06-02	2021-06-03	2021-06-04	2021-06-04	2021-06-04	2021-06-04
	Enhet						
Fe (Jern)	mg/L	0,0662	0,106	0,0479	0,076	0,0082	0,0309
Fe3+	mg/L			<0.010	0,023	<0.010	<0.010
Fe2+	mg/L			0,05	0,053	0,02	0,029
Hydrogensulfid H2S	mg/L			<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Sulfid (S2-)	mg/L			<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Sulfat (SO4)	mg/L			17	16,9	16,6	17,4
Sulfat-S (SO4-S)	mg/L			5,68	5,62	5,55	5,78
pH-verdi		8,5	8,5	8,4	8,3	8	8,6
Temperatur	°C	22	22	22	22	22	22
Ammonium + Ammoniakk som NH4+ *	mg/L	0,068	0,057	<0.026	0,037	0,359	0,09
Ammonium-N + Ammoniakk-N	mg/L			<0.020	0,029	0,279	0,069
Nitritt (NO2)	mg/L			<0.040	<0.040	<0.040	<0.040
Nitritt-N (NO2-N)	mg/L			<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Nitrat (NO3)	mg/L			<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Nitrat-N (NO3-N)	mg/L			<0.500	<0.500	<0.500	<0.500
Total nitrogen (Tot-N)	mg/L	0,28	0,3	<0.10	<0.10	0,55	<0.10

*Total Ammonium er fargelagt etter klassegrenser i veileder 02:2018. De svakere bakgrunnsfargene viser at klassegrensene ikke nødvendigvis er gyldige da de gjelder for 90 persentil for data over tid og ved temperaturer over 25 grader og pH over 8

Pesticider

Pesticider kunne ikke detekteres i prøvene (se vedlegg 2 for analyserapport). Det merkes at vannprøven er tatt 1-3 dager etter sprøyting. Sannsynligheten for å kunne detektere pesticider er derfor veldig lavt, da konsentrasjonen raskt fortynnes på grunn av vannføringen. I tillegg har de fleste pesticidene som er tillat veldig kort nedbrytningstid. Videre merkes at analysene er utført etter for lang tid jmf. reglene for akkreditering, og dette vil også kunne påvirke sannsynligheten for å kunne detektere pesticider. Om pesticider kan være en mulig årsak til fiskedøden diskuteres videre i kap. 5.3.

3.3 Oppsummering resultater fra tidligere undersøkelser i Risa og sidebekker, samt sammenligning med resultatene fra 2021

Konduktivitet

Loggerundersøkelser fra NGU viste ledningsevnen på alle lokaliteter mellom 195-364 µS/cm, der de høyeste verdiene ble målt i to grunnvannsdominerte sidebekker til Risa (Frogner & Almhjell, 2019).

pH

Risa er av en kalkrik vanntype. I intensivmålingene ble det i hovedløpet målt en pH som ligger rundt 8. Etter fiskedødeepisoden i 2021 ble det målt pH mellom 8 og 8,5. I mastergrad-

undersøkelsene ble det målt pH over 8 i selve hovedløpet og i en del av sidebekkene. Utløpsbekker av 2 tjern hadde noe lavere pH, men var likevel over 7,3 (Frogner & Almhjell, 2019).

Jern, mangan og aluminium

I selve Risa måles det forholdsvis lave jernkonsentrasjoner. Målingene fra intensivovervåkingen i mai 2020 (HUVU, 2021) viser jernverdier (jern totalt) som varierer mellom 0,04 og 0,06 mg/l, med unntak av et forhøyede verdi (Fe³⁺) den 18. mai. Men med tanke på lave Fe²⁺ verdier, også dagene før, er det ikke veldig mye som tyder på at Fe hadde oppnådd giftige verdier. Prøvene tatt etter fiskedøden i 2015 viser også lave jernverdier (totalt jern) i selve hovedløpet til Risa (0,032-0,0502 mg/l). Jernverdiene var derimot høyere i to av sidebekkene (0,181-0,424 mg/l), og dette gjaldt også for mangan (Åkerstrøm, 2016). Resultatene fra undersøkelsene som ble gjennomført av mastergradsstudenter fra NMBU viser samme mønsteret, med relativt lave jernverdier i hovedløpet og forhøyede verdier i noen av sidebekkene (Frogner & Almhjell, 2019). Prøvene som Rambøll tok etter fiskedødeepisoden i 2021 viser jernverdiene tilsvarende det som ble målt i intensivovervåkingen i 2020 (0,0479-0,0662 mg/l), mens det ble målt en forhøyet konsentrasjon i utløpsbekken fra Risetjernet (0,106 mg/l).

Også etter fiskedøden i 2015 ble det funnet en relativt høy jernverdi i denne bekken (0,424 mg/l), mens det ble målt lav jernkonsentrasjon i undersøkelsene gjennomført av mastergradsstudentene (Frogner & Almhjell, 2019). Området rundt tjernet er grøftet og fluktuasjoner i grunnvannstanden kan være en årsak til varierende jernkonsentrasjoner i utløpsbekken fra Risetjernet. Generelt er verdiene godt under de grensene der man kan forvente såkalt okerkvelning. For eksempel har Mattilsynet satt grenseverdier for oppdrettsfisk på 0,3-0,5 mg/l (Mattilsynet, 2004).

Nitrogenforbindelser

Nitrogen totalt og ammoniumforbindelser ble målt i forbindelse med fiskedødeepisodene i 2015 og 2021. Konsentrasjoner tilsvarer bakgrunnsnivå for prøvene tatt i 2015. Dette gjaldt også prøvene som ble tatt 2 dager etter fiskedøden i 2021 (4. juni). Prøven som Risautvalget tok på dagen da fiskedøden ble oppdaget (2. juni) viser derimot forhøyede nitrogenverdier. Totalt ammonium var tilsvarende 0,068 mg/l (moderat tilstand), mens totalt nitrogen var tilsvarende 0,28 mg/l. Analyseresultater for ammonium var i liten grad pålitelig da prøven ble forsinket analysert (på grunn av feil hos laboratoriet). Ammoniumverdien kunne ha vært høyere enn det som ble målt i laboratoriet, da ammonium under oksygenrike forhold raskt oksideres til nitrat. Om det kan være sammenheng med fiskedøden blir nærmere diskutert i avsnitt 4.1.2.

3.4 Oppsummering av resultater fra tidligere undersøkelser i Hersjøen

Konduktivitet

Loggerdata fra NGU viser gjennomsnittlig konduktivitet på 190 µS/cm om sommeren og høsten, mens den var på ca. 140 µS/cm på vinteren.

pH

Hersjøen er av en kalkrik vanntype, og har en pH mellom 8 og 8,5 (Frogner & Almhjell, 2019). Prøvetakingen som Rambøll gjennomførte etter fiskedødeepisoden i 2021 viste også en pH på cirka 8,5.

Jern, mangan og aluminium

Etter fiskedødeepisoden i 2021 ble det tatt både dypvannsprøve, og prøve av øvre sjiktet. Det ble målt forholdsvis lave jernverdier (Fe tot). Bunnvannet hadde en jernkonsentrasjon på 0,0083 mg/l, mens den var på 0,0309 mg/l i øvre sjiktet. NMBU undersøkelsene målte lave konsentrasjoner av både jern, mangan og aluminium.

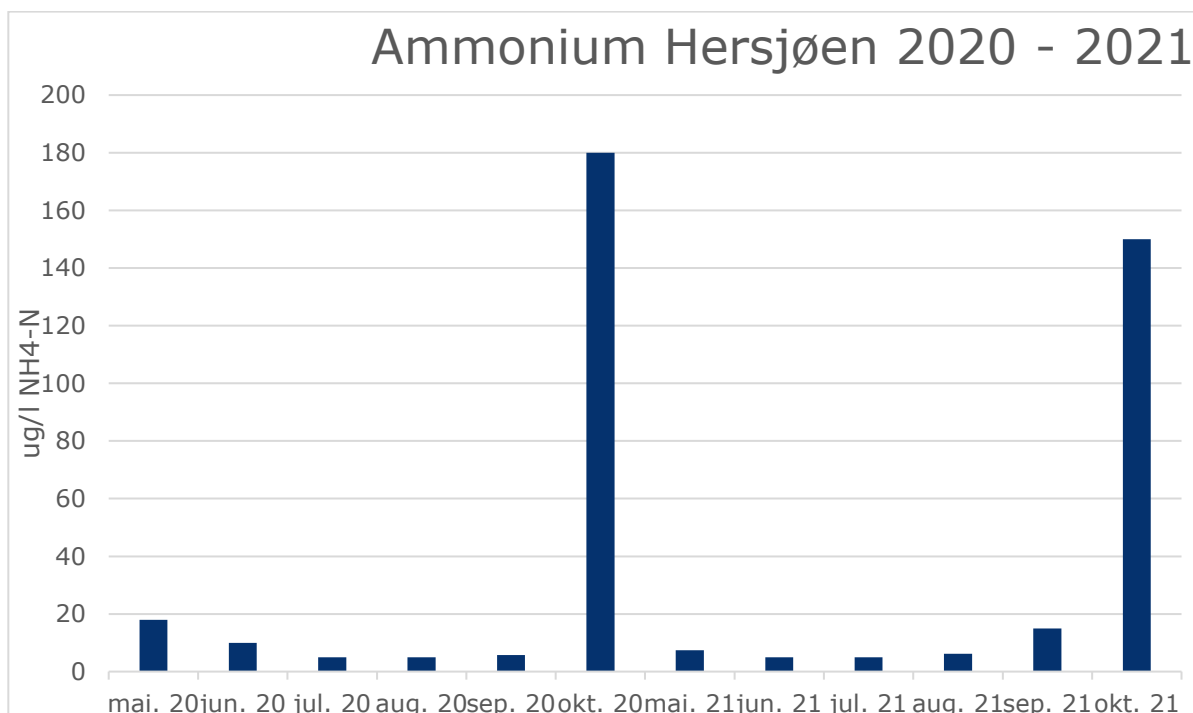
Nitrogenforbindelser

I forbindelse med tiltaksrettet vannovervåking i Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma ble det tatt ut vannprøver fra øvre sjikt av Hersjøen i sommerhalvåret (mai-oktober) der blant annet ammonium ble analysert. Undersøkelsene ble gjennomført av Rambøll. Prøver ble tatt fra øvre sjikt, to ganger siktedypet.

Prøvene viste lave verdier gjennom sommeren, men høye verdier av ammonium i oktober-prøvene. Til sammenligning tilsvarer ammoniumverdier gjennom sommeren intervallet svært god, og prøvene i oktober tilsvarer svært dårlig. I temperaturområdet 10-15°C og pH intervall 8-8,5 tilsvarer den høyeste oppmålte konsentrasjonen totalt ammonium ca. 4 -18 µg/l fri ammoniakk (tilstandsintervall svært god-dårlig for 90-persentil fri ammoniakk).

Det merkes at det typiske tidspunktet for fiskedød har vært vår/tidlig sommer, mens det typiske tidspunktet for høye ammoniumverdier i Hersjøen har vært høst.

To dager etter fiskedødepisoden i 2021 (4. juni) ble det i den eufotiske sonen målt en høyere totalt ammonium verdi enn den som ble målt noen uker tidligere i forbindelse med den tiltaksrettede vannovervåkingen, se Figur 2. Til sammenligning ble det i mai 2021 målt en konsentrasjon på 18 µg/l, mens den var 4. juni 2021 tilsvarende 90 µg/l (moderat tilstand). I nedre sjiktet ble da målt en konsentrasjon på 359 µg/l (svært dårlig tilstand). En høyere ammoniumkonsentrasjon i øvre sjikt i juni enn i mai, kan tyde på en forsinket vårsirkulasjon. Dette blir nærmere diskutert i kap. 5.2.



Figur 2. Ammoniumverdier i eufotisk sone i Hersjøen 2021-2022, gitt som ammonium-N/L. Prøvene ble tatt av Rambøll i forbindelse med den tiltaksrettede overvåkingen.

4. RESULTATER ANALYSER FISK FRA FISKEDØD 2021 OG SAMMENLIGNING TIDLIGERE GJELLE UNDERSØKELSER

4.1 Analyser som ble gjennomført

Det ble samlet inn seks stykk fisk i forbindelse med fiskedøden 2021, og oppbevart i fryseren inntil de i desember 2022 ble oversendt til ALS for analyse av pesticider og jerninnhold på gjellene. Oversikt over fisk funnet i forbindelse med fiskedøden 2021 og hvilke analyser som ble gjennomført er vist i Tabell 3.

Pesticider

Kun to av de seks fiskene (A og D) ble analysert for pesticider i muskel- og levervev (A og D). Disse ble funnet den første dagen av episoden med fiskedød, ble funnet øverst i vassdraget og var i tillegg stor nok for å kunne analysere. Prøvene ble analysert ved hjelp av en screeningsmetode slik at prøvene ble analysert for et bredt spekter av pesticider. Pakken inkluderte de virksomme stoffene til sprøytene som ble benyttet i den åkersprøyte som ble observert å fylle vann fra bekken i tidspunkt rundt fiskedøden (lambda-cyhalotrin, aclonifen, metribuzin og propakvizafop. (se og kap. 1.1 og 5.3). Rapporteringsgrense var 5 µg/kg for alle virksomme stoffer. Det ble ikke funnet laboratorier som kunne gjennomføre analysene mot en lavere deteksjonsgrense (både NIBIO, NIVA og Eurofins ble kontaktet).

Metaller

Alle fiskene ble analysert for metaller på gjeller, hvorav de to minste (C og F) ble analysert som en bland-prøve. Analysepakke for metaller inkluderte i tillegg til jern, også arsen, kadmium, kobolt, krom, kopper, kvikksølv, mangan, nikkel og bly, og ble analysert utfra både våt- og tørrvekt.

Tabell 3. Oversikt over funn av død fisk og analyser på disse.

Prøve-merking	Funn dato	Funnsted	Vekt	Lengde	Merknad	Analyse av metall på gjellene	Analyse av pesticider
A	02.06.2021	200 meter nedenfor E6. Lå inne i sivet	ca. 850 g	Ca. 49 cm	Ble funnet sammen med fisken i F.	Ja. (gjennomført på del-prøve merket «A-hode»)	Ja.
B	03.06.2021	Oppstrøms kassa ved Furuseth slakteri. Lå inne i sivet.	262 g	Ca. 31 cm		Ja	Nei
C	02.06.2021	Ved Furuseth slakteri.	ca. 30 g	Ca. 14 cm	Fanget levende, med «kvelnings-symptomer» - svømte på land.	Ja	Nei
D	02.06.2021	Ved Furuseth slakteri.	690 g	ca. 43 cm.	Tatt sammen med fisk C.	Ja (gjennomført på del-prøve merket «D-hode»).	Ja
E	03.06.2021	Nedenfor kum-inntaket på kjølevannet ved Furuseth Slakteri.	931 g	ca. 49 cm	Halvsvimete.	Ja	Nei
F	02.06.2021	200 meter nedenfor E6. Lå inne i sivet	17 g.	ca. 12 cm	Funnet sammen med fisk A.	Ja	Nei

4.2 Resultater og sammenligning med resultater fra tidligere undersøkelser på gjellejern

Analyseresultatene for fisken fra 2021 vises i Tabell 4 under.

Pesticider

Det kunne ikke detekteres pesticider over deteksjonsgrense. For pesticider merkes det at rapporteringsgrensen lå på 5 µg /kg (biota) for alle virksomme stoffer, mens LC50(96h) for lambda-cyhalotrin ligger på 0,078-2,3 µg/l (konsentrasjon i vann) (National Pesticide Information, 2001) (se og Tabell 5, kap. 5.3). Det kan derfor ikke utelukkes at stoffet har forekommet i konsentrasjoner over dødelig dose til tross for at stoffet ikke er detektert i fiskevev.

Metaller på gjeller

For gjellejern var det store variasjoner mellom de ulike fiskene, og verdier var høyest hos de største fiskene (A, E og D). Jerninnholdet varierte mellom 292 mg/kg TS for de minste fiskene (prøve C+F) og 5560 mg/kg TS for en av de to største fiskene. Også for de andre metallene var det store individuelle forskjeller, men en tendens til høyere verdier på de større fiskene (særlig A). Det eksisterer ikke grenseverdier for jerninnhold og de øvrige metallene på gjeller, men resultater kan sammenlignes med resultater fra andre studier. Jernverdiene ligger godt over

referanseverdiene som NIVA fant i et forsøk der ørret ble utsatt for ulike jernkonsentrasjoner (Åtland, Kroglund & Røyset, 2003). I dette forsøket hadde referansegruppen i gjennomsnitt ca. 100 mg/kg TS gjellejern, og et relativt lite standardavvik. For gruppen som var utsatt for det høyeste jernnivået ble det målt en konsentrasjon opp til ca. 900 mg/kg TS, og ingen dødelighet ble observert i studien.

Fisken som ble undersøkt i forbindelse med fiskedødepisodene i 2007 og 2015 hadde også forhøyede metallverdier på gjellene. I 2015 ble det påvist forhøyde verdier av både jern og mangan (Åkerstrøm et al., 2016). Jernverdiene varierte mellom 379 og 2111 (g/kg TS), mens manganverdiene varierte mellom 64 og 2675 (g/kg TS). Kun 3 av 8 fiskene hadde et jernnivå der Åkerstrøm et al. (2016) mente en kan forvente dødelighet (~1000 g Fe/kg, verdi hentet fra en artikkel om spesiering). verdien er basert på en artikkel der det konkluderes at dødelighet som følge av Fe alene opptrer ved ~1000 g Fe/kg (Teien et al., 2008). I 2007 ble det påvist forhøyede metallkonsentrasjoner av både jern, mangan og aluminium på gjellene, og hadde alle fem fiskene metallkonsentrasjoner der en kan forvente dødelighet (jernkonsentrasjon over 1000 mg/kg TS).

Når resultatene fra 2021 sammenlignes med tidligere undersøkelser kan man altså konkludere at det måles høye jernverdier i sammenligning med referansenivået (100 g/kg TS) som NIVA fant i forsøket sitt (Åtland, Kroglund & Røyset, 2003). Kun ved en fisk ble det målt en jernkonsentrasjon der en kan forvente dødelighet (5860 g/kg TS). Denne konsentrasjonen ligger mye høyere enn hos de andre fiskene som ble funnet i 2021, og ligger i tillegg på et mye høyere nivå enn det som ble målt i 2007 og 2015. Ved gjelleprøver tatt fra fisk funnet død er det et usikkerhetsmoment at gjellene kan ha kommet i kontakt med sedimenter eller bakken, og dermed bli forurenset med partikler som gir forhøyete metallkonsentrasjoner. Det kan derfor ikke utelukkes at svært høyt jerninnhold samt et høyt innhold av flere andre metaller skyldes forurensning av prøven. Mangannivået i 2021 var på samme nivå som for fiskene som ble analysert i 2015, og verdier varierte mellom 130 og 2600 mg/kg TS. Ved tre av de fem prøvene ble det påvist en verdi større enn 200 mg/kg TS, en verdi som i vurderingen av resultatene fra 2015 ble vurdert som skadelig (Åkerstrøm et al., 2016). Det finnes imidlertid lite kunnskapsgrunnlag om når man kan forvente dødelighet for mangan og andre metaller på gjeller.

Tabell 4. Analyseresultater for metaller og pesticidene for de prøvene som ble analysert. Henvises til tabell 3 for nærmere informasjon om prøvene (størrelse og vekt fisk og funnsted).

Parameter	Enhet (TS = tørrstoff, V = våtvektanalyse)	A	B	C+F	D	E
Pesticider		Ikke detektert	-	-	Ikke detektert	-
Fe (Jern)	mg/kg TS	5860	402	292	717	556
Fe (Jern)	mg/kg V	2160	78	61,8	151	350
As (Arsen)	mg/kg TS	4,5	0,463	0,16	0,416	0,204
As (Arsen)	mg/kg V	1,73	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	0,124	0,0208	0,00995	0,0191	0,0165
Cd (Kadmium)	mg/kg V	0,0464	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Co (Kobolt)	mg/kg TS	3,09	0,204	0,109	0,328	0,253
Co (Kobolt)	mg/kg V	1,31	0,0383	0,023	0,0678	0,134
Cr (Krom)	mg/kg TS	12,6	0,722	1,24	0,988	0,938
Cr (Krom)	mg/kg V	4,61	0,19	0,126	0,155	0,668
Cu (Kopper)	mg/kg TS	15,2	3,92	3,39	6,02	1,67
Cu (Kopper)	mg/kg V	4,13	0,876	1,05	4,03	0,502
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	0,393	0,147	0,0928	0,246	0,18
Hg (Kvikksølv)	mg/kg V	0,0836	0,0324	0,0273	0,0478	0,0355
Mn (Mangan)	mg/kg TS	2600	186	130	458	233
Mn (Mangan)	mg/kg V	753	32	44,6	84,2	176
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	7,67	0,192	0,157	0,466	0,335
Ni (Nikkel)	mg/kg V	3,34	<0.04	<0.04	0,087	0,39
Pb (Bly)	mg/kg TS	4,72	0,105	0,0723	0,261	0,229
Pb (Bly)	mg/kg V	2,05	<0.04	<0.04	0,0538	0,125
Zn (Sink)	mg/kg TS	235	426	158	600	935
Zn (Sink)	mg/kg V	60,7	94,7	51,1	108	216
Tørrstoff 105 °C *	%	25,7	18	27,4	17,9	21

* Avvik i relasjon mellom analysert våtvekt, tørrstoff prosent og tørrvekt skyldes måleusikkerheten i analysen.

5. MULIGE ÅRSAKER TIL FISKEDØD

Kapitlet diskuterer hovedteoriene til mulige årsaker til fiskedøden. Fiskedødepisodene er nærmere beskrevet i kap. 1.2.

5.1 Jern

5.1.1 Effekter på fisk

Metallavsetning (jern(III)hydroxid) på gjeller kan ha skjedd ved at Risa har blitt tilført surt og/eller anoksisk metallrikt vann (Haugen, 2007). I tilfellet da anoksisk jernholdig vann blandes med oksygenrikt overflatevann vil Fe^{2+} oksidere til Fe^{3+} som avsettes på gjeller til fisk. I anoksiske forhold vil Fe i stor grad være i formen Fe^{2+} , og som Fe^{3+} i oksygenrikt vann med lav løselighet. Hvor mye Fe som transformeres fra Fe^{2+} til Fe^{3+} og som således kan avsettes på fiskegjeller er avhengig av miljøfaktorer som konsentrasjonen av Fe og pH. Ved pH i området 7-9, er prosessen rask som kan resultere i en betydelig avsetning (Åkerstrøm 2016). Dette kan da medføre oksygenmangel og fiskedød (okerkvelning).

5.1.2 Diskusjon resultater

Resultatene fra intensivovervåkingen i 2020, samt prøvetakingen gjennomført etter fiskedøden i 2015 og 2021, tyder ikke på tilførsel av betydelige mengder med surt og metallrikt grunnvann (se kap. 3.2.2). Kun bekken fra Risetjernet hadde både i 2015 og 2021 en noe forhøyede jernkonsentrasjon, men det ble målt en pH nærme 8. Det ble ved episoden i 2021 heller ikke observert jernutfelling i Risa (Helge B. Pedersen, personlig kommunikasjon, 2021).

Også undersøkelsene som ble gjennomført av mastergradsstudenter fra NMBU indikerer lave metallkonsentrasjoner, samt høy pH (mellom 8 og 9) i de grunnvannspåvirkede sidebekkene. Kun i noen myrpåvirkede tjern og utløpsbekker ble det påvist forhøyede jernverdier, men ble det likevel målt pH over 7.

Også NGU undersøkelser av grunnvannsförekomst Gardermoen indikerer lavt jerninnhold av grunnvannet som tilføres Risa (Dagestad et al, 2020).

Til tross for at det ikke er indikasjoner på tilførsel av store mengder med jernrikt grunnvann til Risa, viste fisken som ble undersøkt i forbindelse med fiskedødepisodene i 2007, 2015 og 2021 forhøyede metallverdier på gjellene.

At det til tross for manglende indikasjoner på tilførsel av store mengder med jernrikt grunnvann til Risa måles forhøyede metallverdiene på gjellene kan muligens forklares ved at Risa kontinuerlig tilføres anoksisk grunnvann. I NGU sine undersøkelser ble det påvist meget lave nitratverdier og forhøyet ammoniuminnhold i bekken ut av Risetjern og Risavassdraget, noe som indikerer at vannføringen er dominert av grunnvann som har gjennomgått oksygenfrie reduserende forhold med denitrifisering (Dagestad et al, 2020). Alt jern i grunnvannet vil da foreligge som toverdige jern. Ved tilførsel til Risa vil på grunn av basiske forhold i Risa det toverdige jernet raskt oksidere, og kunne felles ut på fiskegjeller. Til tross for lave konsentrasjoner vil dette likevel utgjøre en kontinuerlig belastning da det er kontinuerlig tilførsel av grunnvann til Risa. Dette forklarer et høyere gjellejernnivå ved større fisk, da større fisk over en lengre tidsperiode har vært utsatt for jerntilførsler. Som beskrevet i kap. 2.1 utgjør grunnvannsbidraget til øvre delen av Risa cirka 20%. Høyt metallinnhold på gjellene vil, selv om

det ikke er dødelig alene, kunne svekke kondisjonen til fisken, og gjøre den mer utsatt for andre belastninger.

5.2 Ammonium

5.2.1 Effekter på fisk

Ammoniakk er giftig for fisk, og den akutte toksisiteten skyldes hovedsakelig effekter på det sentrale nervesystemet.

Atferdsendringer blant fiks utsatt for atferdsendringer er blant annet (Levit, 2010):

- Dårlig svømmekapasitet
- Problemer med koordinasjon
- Kramper
- Hyperventilering
- Koma

5.2.2 Diskusjon resultater

Som beskrevet i 3.1.2 ovenfor viser resultatene fra prøvene som ble tatt 2 dager etter fiskedøden forhøyede ammoniumkonsentrasjoner i både det øvre og nedre sjiktet til Hersjøen.

Konsentrasjonen i det øvre sjiktet var i tillegg høyere enn ved prøvetakingen som ble gjennomført 2 uker før fiskedøden. Dette kan tyde på en forsinket vårsirkulasjon på grunn av sen ismelting, da til vanlig ammoniumkonsentrasjonen i det øvre sjiktet blir lavere i løpet av vekstsesongen, se Figur 2. Det er påfallende at det var kaldt i april og mai i 2021, og at fisken døde rett etter en periode med bratt temperaturstigning (temperatur opptil 26°C den 30. mai). Prøven som ble tatt på dagen som det ble funnet død ørret viser et forhøyet nitrogeninnhold i Risa. Denne dagen ble det målt totalt nitrogen på 0,28 mg/l i Risa ved Risebru, mens det ble målt totalt nitrogen under deteksjonsgrense 2 dager etterpå. Også ammoniumkonsentrasjonen var forhøyet, men denne analyse er i liten grad pålitelig da prøven ble forsinket analysert på grunn av feil hos laboratoriet. Ammoniumverdien kunne ha vært høyere enn det som ble målt i laboratoriet, da ammonium under oksygenrike forhold raskt oksideres til nitrat. Med utgangspunkt i et 'worst case' scenario der ammoniumkonsentrasjonen er tilsvarende totalt nitrogenkonsentrasjonen (0,28 mg/l) vil 10 % av ammonium foreligge som ammoniakk. Dette tilsvarer en konsentrasjon for ammoniakk på 28 µg/l. En konsentrasjon på 25 µg/l ammoniakk regnes som giftig. I tillegg kan giftigheten forsterkes av andre belastninger (Rusten, 1987).

En ammoniumkonsentrasjon rundt 300 µg/l under vårsirkulasjonen vurderes ikke som usannsynlig da det 2 dager etter fiskedøden ble målt en konsentrasjon på 359 µg/l i nedre sjiktet. Høyt ammoniuminnhold kan skyldes både eutrofiering og tilførsler av anoksisk grunnvann. Som beskrevet i avsnittet om jern (kap. 5.1) ble det påvist meget lave nitratverdier og forhøyet ammoniuminnhold i grunnvannet som drenerer mot Risavassdraget, noe som indikerer at vannføringen er dominert av grunnvann som har gjennomgått oksygenfrie reduserende forhold med denitrifisering. Som beskrevet i kap. 2 er Hersjøen i stor grad påvirket av grunnvannstilførsler, og dette vil kunne gi oksygenfrie og reduserende forhold i det nedre sjiktet. Under disse forhold vil den største parten av nitrogenforbindelser foreligge som ammonium. Særlig i perioden at Hersjøen er islagt vil en kunne forvente høye ammoniumkonsentrasjoner. Sen ismelting på grunn av lave temperaturer i april og mai, i kombinasjon med en bratt temperaturøkning i slutten av mai vil altså kunne ha medført høye ammoniumkonsentrasjoner i Risa. I kombinasjon med høy pH (8,5) og en relativt høy vanntemperatur kunne dette ha medført konsentrasjoner av ammoniakk på et nivå som er giftig.

Mastergradsstudentene fra NMBU fant også at årene med fiskedød (2007, 2015, 2016) hadde en kald vår uten store temperatursvinger til felles (Frogner & Almhjell, 2019).

5.3 Pesticider

5.3.1 Effekter på fisk

I 2019 ble det også observert en åkersprøyte som hentet vann direkte fra Risa, noe som innebar en bekymring for at sprøytemidler kan ha lekket ut i elva. Sprøytejournalene viste at åker var sprøytet kort tid (1-3 dager) før fiskedøden både i 2015, 2016 og 2021.

Mattilsynet opplyser fra sprøytejournal om at sprøytemidler i Tabell 5 har vært benyttet på åkersprøyten. Virksomme stoff og akutt LCC50-96h¹ er også oppgitt i tabellen. Det er særlig Lambda-cyhalotrin som er giftig og kan ved relativt lave konsentrasjoner forårsake fiskedød. Ved lambda-cyhalotrin forgiftning kan følgende atferd observeres (Alibo, 2019):

- Ukoordinert svømming
- Hakkete bevegelser
- Gisping ved vannoverflaten
- Hyperventilasjon

I tillegg kan det oppstå fargeendringer på huden. Om det har oppstått forgiftning kan påvises ved histopatologiske undersøkelser.

5.3.2 Diskusjon resultater

Som beskrevet i 3.2.2er med bakgrunn i ulike årsaker sannsynligheten for å kunne detektere pesticider 1 eller flere dager etter sprøytingen veldig lav, og det ble ikke detektert pesticider i vannprøvene. Likevel ble det i henhold til opplysninger fra Mattilsynet (sprøytejournalen) sprøytet 1-3 dager i forkant av fiskedødeepisodene i 2015, 2016 og 2021. Under sprøytingen stod åkersprøyta helt i kanten av Risa for å fylle opp vann til åkersprøytingen. Dette kunne ha medført avdrift/lekkasjer. Det kunne imidlertid ikke detekteres pesticider i noen av vannprøvene eller vevsprøvene fra fisk tatt i forbindelse med fiskedøden 2021.

Som vises i Tabell 5 er særlig Lambda-cyhalotrin (karate) giftig for fisk ved svært lave konsentrasjoner. Stoffet angriper det sentrale nervesystemet, og det finnes indikasjoner i eldre studier om at det og noen grad kan akkumulere hos fisk (National Pesticide Information, 2001). Samtidig oppgir nyere data blad lite bioakumulasjon og at stoffet har relativt kort nedbrytningstid (Syngenta, 2001) (National Pesticide Information, 2001). Men feltforsøk indikerer at stoffet er betydelig mindre giftig i miljøet, sammenlignet med LC50 verdier basert på laboratorieforsøk (National Pesticide Information, 2001). Dette kan forklares ved at stoffet har svært lav vannløselighet, noe som gjør at det raskt bindes til jord og sedimenter som kan redusere eksponeringsrisikoen for fisk.

Det kan ikke utelukkes at Lambda-cyhalotrin kan ha årsaket fiskedød, selv om stoffet ikke detekteres i prøver fra Risa. Den lave vannløseligheten til stoffet kan gjøre det vanskelig å gjenfinne i vannprøver. Videre merkes det at 50% dødelighet allerede er funnet ved en konsentrasjon på 0,078 µg/l (96h eksponering i vann), mens analyser gjennomført på fisk fra Risa har hatt rapporteringsgrense på 5 µg/kg vevsprøve. Dette gir at også når stoffet ikke blir påvist i vann eller vevs-prøver kan en ikke utelukke sprøyting/pesticider som mulig årsak til fiskedøden. Ifølge opplysninger fra patolog fra Mattilsynet er det heller ikke mulig å gjennomføre patologiske undersøkelser i tilfellet fisken ikke blir konserverert i formaldehyd innenfor kort tid etter fiskedøden.

¹ LC50-96h er konsentrasjon der dødeligheten er 50% etter 96 h eksponering.

Tabell 5. Sprøytemiddel brukt på åkersprøyte som har fylt vann fra Risa

Middel	Virksomme stoff	LC50 akutt ($\mu\text{g/l}$) (96 hours)
Karate	Lambda-cyhalotrin	0,078*
Fenix	Aclonifen	670**
Sencor	Metribuzin	74600**
Zetrola	Propakvizafop	190*

* Kilde: sikkerhetsdatablad Syngenta, **Kilde: sikkerhetsdatablad Bayer

6. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

6.1 Konklusjon

Det ble ikke funnet indikasjoner for at det er direkte sammenheng mellom tilførsel av jernrikt vann og episodene med fiskedød. Det ble likevel funnet forhøyede metallverdier på gjellene som kan være forårsaket av kontinuerlig tilførsel av anoksisk grunnvann. Til tross for lave konsentrasjoner i grunnvannet vil på grunn av basiske forhold i Risa toverdig jern fra grunnvannet raskt oksidere og kunne felle ut på fiskegjeller. Jerninnholdet på gjellene har også flere ganger vært så høyt at det tilsvarer nivåer der man kan mistenke at dette alene kan ha årsaket fiskedød, men det finnes usikkerheter kring både definitive grenseverdier for dødelighet, og relatert til mulig forurensing av prøver. Det høye metallinnholdet kan og svekke kondisjonen til fisken og gjøre den mer utsatt for enten ammoniumforgiftning eller forgiftning med pesticider.

Ammoniakkforgiftning kan heller ikke utelukkes som mulig årsak. I 2021 vil sen ismelting i kombinasjon med en bratt temperaturøkning i slutten av mai kunne ha medført høye ammoniumkonsentrasjoner i Risa. I kombinasjon med høy pH (8,5) og en relativt høy vanntemperatur kunne dette ha medført ammoniakkskonsentrasjoner på et nivå som er giftig. Mastergradsstudentene fra NMBU fant at de øvrige årene med fiskedød (2007, 2015, 2016) også hadde en kald vår uten store temperatursvinger til felles.

På grunn av sprøyting av åker langs Risa 1-3 dager i forkant av fiskedødepisodene i 2015, 2016 og 2021 kan dette heller ikke utelukkes som mulig årsak. Det er også mulig at fiskedøden forårsakes av en samlede belastning som skjer ved kombinasjon av disse 3 mulige årsaker.

6.2 Anbefalinger

6.2.1 Pesticider

Det anbefales å utarbeide en protokoll som beskriver tiltakene som skal iverksettes i tilfellet ny episode med fiskedød. Protokollen skal sikre at død fisk leveres så snart som mulig til analyse, eksempelvis til Veterinærinstituttet, slik at det er mulig å gjennomføre patologiske undersøkelser for å kunne fastslå mulig dødsårsak. Protokollen skal også sikre at vannprøvene tas så snart så mulig etter funn av død fisk. Det bør og foreligge prøvetakingsprogram for vannprøver. I tillegg er det nødvendig at emballasje og nødvendig utstyr for prøvetaking er tilgjengelig for prøvetakere.

6.3 Overvåkning av ammonium i Hersjøen og Risa i vårperioden

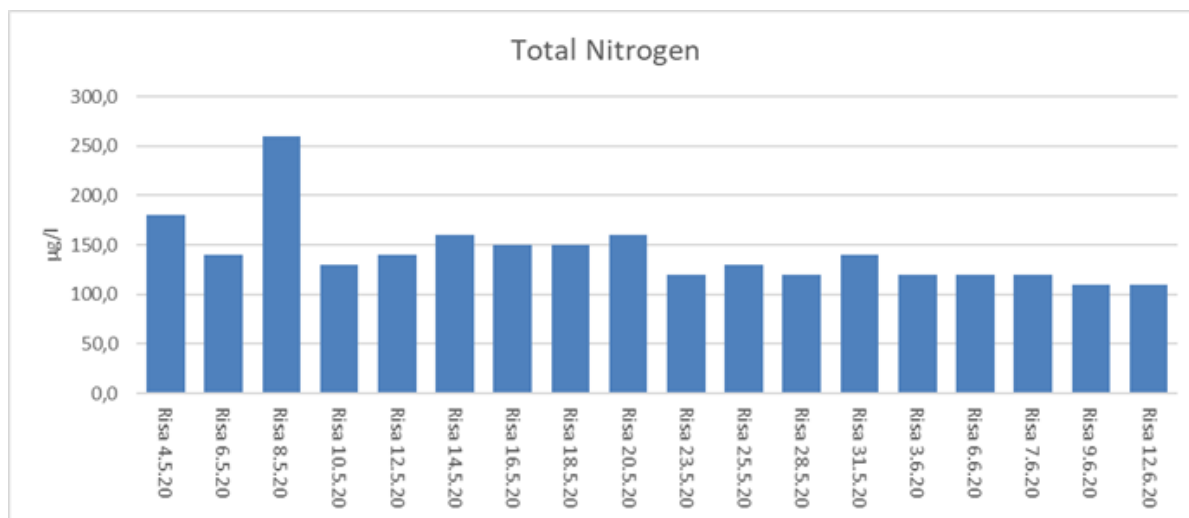
Det anbefales å gjennomføre månedlig prøvetaking og analyser av ammonium og ammoniakk i Hersjøen og Risa i vårperioden (mars-juni), i tillegg ekstra prøver i periode med vårsirkulasjon og ismelting. Perioden bør og omfatte perioden at Hersjøen er islagt, og det skal tas prøver fra både øvre og nedre sjikt. Undersøkelser vil kunne gi svar på om det er forhøyede ammoniumkonsentrasjoner i Hersjøen og Risa i perioden før ismelting og vårsirkulasjon i Hersjøen.

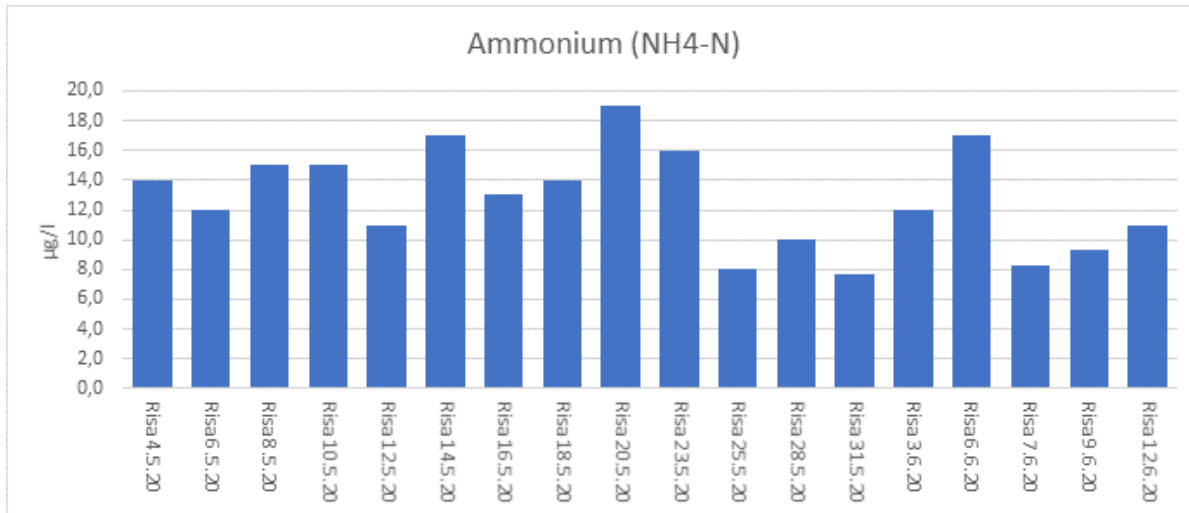
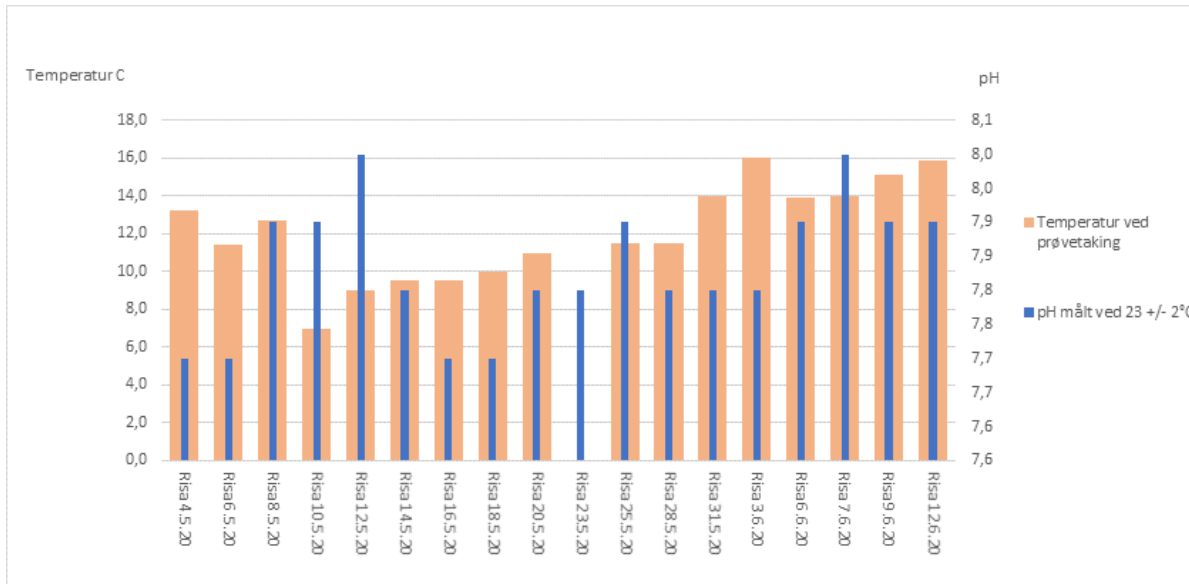
7. REFERANSER

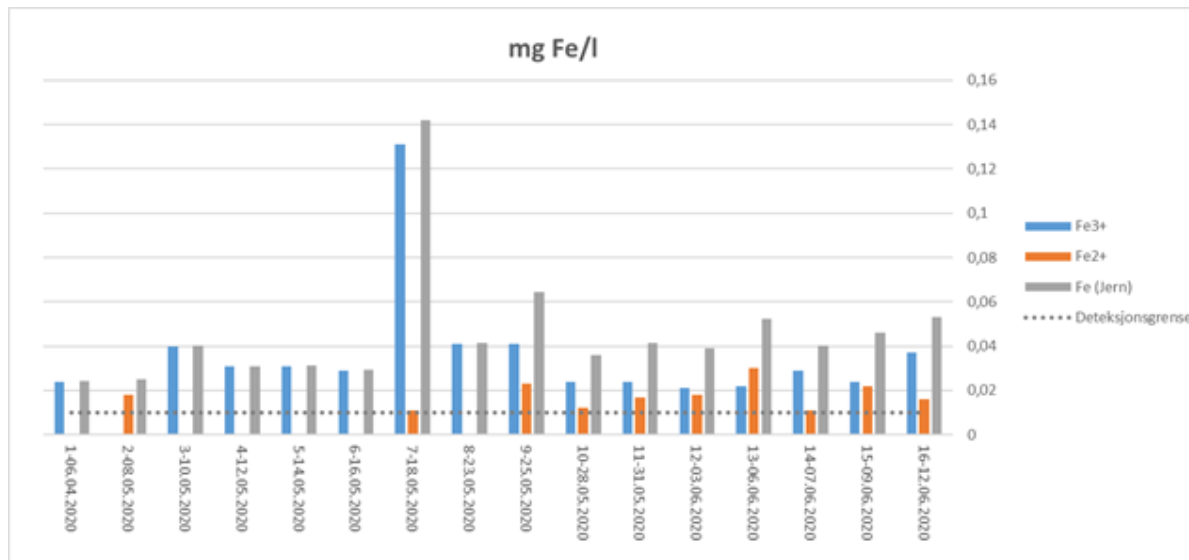
- 1) Alibo. 2019. Effects of lambda cyhaltrin on the behaviour and histology of gills of *Sarotherodon melanotheron*.
- 2) Brandlistuen R. I. og Dønnum B. O. 2016. Internt notat 13.6.2016 fra Risautvalget som beskriver episoden med fiskedød. Upublisert, kan skaffes fra Dønnum eller fra Huvo.
- 3) Dagestad, A., Seither, A., Jæger, Ø., Tassos G. Minde Å., Gundersen P., 2020. Gardermoen - Kartlegging og overvåking av tydelokaliteter for grunnvann med antropogen belastning. NGU rapport 2020.026.
- 4) Frogner I. A og Almhjell D. D., 2019. Kartlegging av årsakssammenheng mellom fysiske og kjemiske forhold og episoder av fiskedød i elva Risa. Masteroppgave NMBU (MINA)
- 5) Haugen T., 2007. Analyse av fiskegjeller fra ørret i Risa i forbindelse med fiskedødepisode 8.- 9. mai 2007. Notat fra NIVA, 7 s. + vedl.
- 6) Hagen, S.M.T. m.fl., 2019. Mapping of chemical, physical and geological conditions in the upper parts of river Risas watershed due to episodes of fish deaths. Abstrakt for ny mastergradsstudent ved NMBU. Mastergraden ferdigstilles mai 2020.
- 7) Hongve, D. Dr. philos i limnologi. Notat 17.6.2016. Upublisert, kan skaffes fra Huvo.
- 8) S.M. Levit, 2010. A literature review of effects of ammonia on fish. Centre for Science in public participation Bozeman, Montana.
- 9) Mattilsynet 2004. Vannkvalitet relatert til dyrevelferd. Oppdragsnr. 200440/118867. 85 sider.
- 10) National Pesticide Information Center, 2001. Lambda-cyhalothrin. Technical Fact Sheet. http://npic.orst.edu/factsheets/archive/_cyhalotech.pdf
- 11) Pedersen H. B. m.fl. Supplerende kartlegging av fiskestatus i bekker og mindre elver i Hurdalsvassdraget/Vorma i 2014. Notat fra Huvo 1/2015. 59 sider.
- 12) Pedersen H. B. m.fl. Kartlegging av fiskestatus i bekker og mindre elver i Hurdalsvassdraget/Vorma i 2016. Notat fra Huvo 1/2017. 51 sider.
- 13) Pedersen H. B. m.fl. Kartlegging av fiskestatus i bekker og mindre elver i Hurdalsvassdraget/Vorma i 2018/2019. Notat fra Huvo 1/2020. In press.
- 14) Pedersen H. B. m.fl. Kartlegging av fiskestatus i bekker og mindre elver i Hurdalsvassdraget/Vorma i 2021.
- 15) Pedersen H. B. m.fl., 2021. Huvo fiskedød. Intensivmålinger i elva Risa.
- 16) Rambøll, 2022. Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma. Tiltaksrettet overvåking og klassifisering 2021.
- 17) Rohrlack T og S. Haaland. 2017. Paleolimnologisk undersøkelse av Hersjøen (002-4158-L). MINA-fagrapport 39. NMBU. 21 sider.
- 18) Rusten, 1987. Ammoniakkfjerning i resirkulasjonsanlegg for fiskeoppdrett. Vann-1-87.
- 19) Syngenta, 2001. SIKKERHETSDATABLAD KARATE 5 CS.
- 20) Åkerstrøm A., Pedersen H. B og Dønnum B.O. 2016. Fiskedød i Risa 2015. Notat fra Ullensaker kommune, 5 sider + vedlegg.
- 21) Åtland Å., Kroglund F., Røyset O., 2003. Avgiftning av jern ved dosering av flytende silikat - en pilotstudie. NIVA.

VEDLEGG 1 GRAFER INTENSIVPRØVETAKING 2020

Grafer over analyseresultater og feltparametere for vannområdets intensivovervåking i Risa 2020.







VEDLEGG 2 – RESULTATER PRØVETAKING ETTER AKUTT FISKEDØD 2021

From: ALS Laboratory Group avd. Oslo, Drammensveien 264, 0283, Oslo. Tlf. . Faks . Email: info.on@alsglobal.com					
To: Rambøll Norge AS Ref: Rambøll Norge AS [susanna.burgess@ramboll.no]					
Program: FERSKVANN					
Ordernumber: NO2110009 (1350040326; HuVo - Fiskedød)					
Report created: 29-Jun-2021 by Jeanette Boifot					
	Sample description	Risa	Utløp Hersjøen	Dypvannsprøve	Hersjøen øvre sjikt, Dypeste punkt
ELEMENT	SAMPLE	1	2	Hersj-B	Hersj
Sampling Date		2021-06-04	2021-06-04	2021-06-04	2021-06-04
Fe (Jern)	mg/L	0,0479	0,076	0,0082	0,0309
Fe3+	mg/L	<0.010	0,023	<0.010	<0.010
Fe2+	mg/L	0,05	0,053	0,02	0,029
Hydrogensulfid H2S	mg/L	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Sulfid (S2-)	mg/L	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Sulfat (SO4)	mg/L	17	16,9	16,6	17,4
Sulfat-S (SO4-S)	mg/L	5,68	5,62	5,55	5,78
pH-verdi		8,4	8,3	8	8,6
Temperatur	°C	22	22	22	22
Ammonium + Ammoniakk som NH4+	mg/L	<0.026	0,037	0,359	0,09
Ammonium-N + Ammoniakk-N	mg/L	<0.020	0,029	0,279	0,069
Nitritt (NO2)	mg/L	<0.040	<0.040	<0.040	<0.040
Nitritt-N (NO2-N)	mg/L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Nitrat (NO3)	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Nitrat-N (NO3-N)	mg/L	<0.500	<0.500	<0.500	<0.500
Total nitrogen (Tot-N)	mg/L	<0.10	<0.10	0,55	<0.10