



OPPDRA MJØSA

Mjøsvurderingen

En omfattende gjennomgang av vår kunnskap
om Mjøsa og omgivelsene rundt



NTNU

Kunnskap for en bedre verden



Publikasjonen: Mjøsvurderingen: En omfattende gjennomgang av kunnskapsstatus om Mjøsa-systemet og dets omgivelser.

ISBN 978-82-691902-5-0 (trykt, hf.)
ISBN 978-82-691902-6-7 (PDF)

Forside foto: Jan Tore Bern
Dokumentet er utarbeidet av Elizabeth S. Barron and Aleksander Bern

Innholdsfortegnelse

Kapittel 1: Bakgrunn	8
1.1 Sammendrag	8
1.2 Introduksjon til Mjøsa	9
1.3 Mjøsa-vurderingen	12
1.4 Metodikk	14
Kapittel 2: Den historiske betydningen av Mjøsa	16
2.1 Oppsummering	16
2.2 Innledning	17
2.3 Bosetninga rundt Mjøsa	18
2.4 Fisket i Mjøsa i et historisk perspektiv	27
2.5 Mjøsa som ferdselsåre og kraftkilde	30
2.6 Vannstanden i Mjøsa: historiske reguleringer og flomhendelser	37
2.7 Forurensing, Mjøsaksjonen og ammunisjonsdumping	44
2.8 Avslutning	50
Kapittel 3: Sosiopolitisk og kulturell kunnskap om Mjøsa	51
3.1 Sammendrag	51
3.2 Introduksjon og metoder	52
3.3 Økonomisk landskap	52
3.4 Idretten og dens betydning for Mjøsregionen	56
3.5 Forvaltning av Mjøsa	57
3.6 Mjøsa og drikkevann	61
3.7 Demografi	63
3.8 Menneskers helse i Mjøsregionen	64
3.9 Konklusjon	65
Kapittel 4: Økologisk og hydrologisk oversikt	66
4.1 Sammendrag	66
4.2 Klima	66
4.3 Geologi, hydrologi og flom	70
4.4 Akvatiske overvåkings-programmer i Mjøsa	74

4.5	Biologisk status og overvåkning.....	78
4.6	Økologiske trender	86
4.7	Endringer i arealbruk og arealdekke	89
Kapittel 5: Kapittel 5: Scenarioer, modellering og teknologi.....		93
5.1	Sammendrag	93
5.2	Introduksjon	95
5.3	Metoder	95
5.4	Tidligere studier	96
5.5	Forskningsinstitusjoner og statlige initiativer.....	98
5.6	Satellittdata med åpen kildekode	98
5.7	Oppdrag Mjøsas datainnsamlingsarbeid	102
5.8	Digital tvilling.....	105
5.9	Sammendrag.....	115
Kapittel 6: Syntese.....		116
6.1	Sammendrag.....	116
6.2	Vannforvaltning.....	116
6.3	Planlegging for klimaendringer.....	117
6.4	Mål for bærekraftig utvikling, offentlig planlegging og arealplanlegging.....	118
6.5	«Skalamismatch» – manglende samsvar mellom naturlige og administrative grenser	122
6.6	Kunnskapshull og forskningsbehov.....	123
Kapittel 7: Referanser.....		126
Vedlegg 1: Norsk til engelsk-oversettelser brukt i vurderingen		149
Vedlegg 2: Ordliste over akronymer, forkortelser, sentrale programmer og organisasjoner, samt tekniske spesifikasjoner		150
Vedlegg 3: Mjøsa arealbruk- og arealdekkeendringskart		152

Figurliste

Figur 1.1: Administrativt kart over fylker og kommuner som grenser til Mjøsa.

Figur 1.2: Nedbørfeltet Vormå-Lågen, som Mjøsa er en del av.

Figur 1.3: Tverrfaglig rammeverk for Oppdrag Mjøsa. Figuren er basert på IPBES' konseptuelle rammeverk og viser sammenhengen mellom mange av elementene som har blitt vurdert i Oppdrag Mjøsa og i denne vurderingen.

Figur 2.1: Travløp på Mjøsisen (1890-1910?).

Figur 2.2: Det siste slepet med fløtingstømmer på Mjøsa (1980).

Figur 2.3: Flomsteinen på Hamar. Foto: Øyvind Holmstad.

Figur 2.4 Granatdumping på Mjøsa.

Figur 3.1 Fritidsseiling på Mjøsa.

Figur 3.2: Mjøsa som drikkevannskilde og resipient (mottaker av avløpsvann) og prosessene for å sikre god drikkevannskvalitet gjennom denne sirkulære prosessen

Figur 3.3: Stupetårn i solnedgang ved Mjøsa.

Figur 4.1: Faktaark om klimaet i Hedmark. Sammendrag av forventede endringer fra 1971–2000 til 2071–2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer med direkte innvirkning på sikkerhet. Muligheten for kvikkleireskred er den eneste forskjellen mellom tabellen for Hedmark og tabellen for Oppland (Norsk Klimaservicesenter, 2022a).

Figur 4.2: Store elver i Mjøsregionen.

Figur 4.3: Arbeid med overvåking av fiskebestander i Mjøsa.

Figur 4.4: 2024 Arealbruk og arealdekkeendring i området rundt Mjøsa.

Figur 4.5: 2019 Arealbruk og arealdekke.

Figur 4.6: 2019-2024 Endring i skogdekke

Figur 5.1: Visualisering av observasjonspyramiden og Mjøsa

Figur 5.2: Undersøkellessteder for dumpet ammunisjon.

Figur 5.3: Prosessen for avbildning av innsjøbunnen med en sidesøkende sonar (øverst) og et multistråleekkolodd (nederst), grafikk tilpasset fra Shang et al., 2019

Figur 5.4: Nivåer av dataintegrasjon mellom digital og fysisk enhet.

Figur 5.5: Eksempler på brukstilfeller for digitale modeller i det geospasiale domenet

Figur 5.6: Eksempler på brukstilfeller for digitale skygger i det geospasiale domenet.

Figur 5.7: Eksempler på brukstilfeller for digitale tvillinger i det geospasiale domenet.

Figur 6.1: KS' taksonomi for klassifisering av indikatorer til oppfyllelse av bærekraftsmålene (lastet ned fra ks.no 20. november 2025; www.ks.no/fagomrader/barekraftsmalene).

Figur 6.2: Mjøsas strandlinje.

Tabelliste

Tabell 1.1: Fylker og kommuner (per 2024) som inngår i vurderingen

Tabell 2.1: Tidslinje over bosetninga rundt Mjøsa

Tabell 2.2: Befolkningsendring i Mjøsbyene 1835-1900

Tabell 2.3: Folketallet rundt Mjøsa 1815-1983 (Stensrud, 1991)

Tabell 2.4: Tidslinje: Forhold knyttet til fisket i Mjøsa

Tabell 2.5: Tidslinje: Transport og regulering

Tabell 2.6: Tidslinje, regulering

Tabell 2.7: Forurensning, sykdom og Mjøsaksjonen

Tabell 5.1: Tidligere innsamlede data fra Mjøsa

Tabell 5.2: Tabell over optiske satellitter som leverer åpent tilgjengelige satellittbilder med dekning av Mjøsa

Tabell 5.3: Tabell over optiske satellitter som leverer åpent tilgjengelige satellittbilder med dekning av Mjøsa

Tabell 5.4: Tidslinje for datainnsamlingen i Oppdrag Mjøsa

Tabell 5.5: Farkoster brukt i datainnsamlingen til Oppdrag Mjøsa mellom 2020 og 2024

Tabell 5.6: Ulike tolkninger av begrepet digitale representasjoner

Liste over tekstbokser

Tekstboks 3.1: Vinter-OL 1994

Tekstboks 3.2: EUs rammedirektiv for vann (vanndirektivet)

Tekstboks 3.3: Arven etter Mjøsaksjonen

Tekstboks 4.1: Tilstanden i innsjøen 2023

Takk:

Forfatterne vil takke Oppdrag Mjøsa (NRIR #2738109) and NTNU. En hjertelig takk rettes også til kommunene Eidsvoll, Gjøvik, Hamar, Lillehammer, Løten, Ringsaker, Stange og Østre Toten, samt Innlandet Fylkeskommune, for den økonomiske støtten. Vi vil også takke forskningslederne i Oppdrag Mjøsa: Jan Grimsrud Davidsen, Terje Andreas Eikemo, Mats Askund Ingulstad, Rune Strand Ødegård, Øyvind Ødegård, sammen med prosjektleder Jørn Wroldsen, for veiledning og støtte gjennom skrive- og revisjonsprosessen. Ivar Berthling bidro som ekstern fagfelle på andreutkastet og kom med en rekke nyttige kommentarer og forslag. Sabine Fischer fortjener en spesiell takk fra hele gruppen for arbeidet med referanser og siteringer.

Anbefalt siteringsformat:

For hele rapporten, trykt. Hr.:
Mjøsvurderingen: En omfattende gjennomgang av kunnskapsstatus om Mjøsa-systemet og dets omgivelser. 2026 Barron, E.S. og Bern, A. (reds). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. ISBN 978-82-691902-5-0 (trykt, hf.)

For hele rapporten, PDF:

Mjøsvurderingen: En omfattende gjennomgang av kunnskapsstatus om Mjøsa-systemet og dets omgivelser. 2026 Barron, E.S. og Bern, A. (reds). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. ISBN 978-82-691902-6-7 (PDF)

For enkeltkapitler trykt. Hr., med kapittel 2 som eksempel:

Bergseng, E.N. «Den historiske betydningen av Mjøsa» i: E.S. Barron og Bern, A. (reds) *Mjøsvurderingen: En omfattende gjennomgang av kunnskapsstatus om Mjøsa-systemet og dets omgivelser (s. sidetall)*. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. ISBN 978-82-691902-5-0 (trykt, hf.)

For enkeltkapitler i PDF, med kapittel 2 som eksempel:

Bergseng, E.N. «Den historiske betydningen av Mjøsa» i: E.S. Barron og Bern, A. (reds) *Mjøsvurderingen: En omfattende gjennomgang av kunnskapsstatus om Mjøsa-systemet og dets omgivelser (s. sidetall)*. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. ISBN 978-82-691902-6-7 (PDF)

Kapittel 1: Bakgrunn

Hovedforfatter: Elizabeth S. Barron, Preema Ranjitkar og Sajith Prabashwara Ranatunga

1.1 Sammendrag

Mjøsa er Norges største innsjø og er svært viktig for mange mennesker. Den står overfor stadig større utfordringer som følge av utbygging, industri, landbruk og klimaendringer. Innlandet fylkeskommune, kommunene i regionen og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) har tatt initiativ til et stort program for å se på disse sammenvevde utfordringene. Programmet heter Oppdrag Mjøsa.

Oppdrag Mjøsa har som mål å bidra til økt bærekraft og verdiskaping i regionen, gjennom å gjennomføre brede og koordinerte strategier med mange aktører som har interesser i og rundt Mjøsa. Det er betydelig interesse for Mjøsa og dens omgivelser på grunn av innsjøens økonomiske, kulturelle og historiske betydning. Selv om Oppdrag Mjøsa først og fremst er en forskningsagenda, er kommunikasjon og involvering av publikum kjerneoppgaver for teamet og NTNU.

Mjøsa-vurderingen befinner seg i skjæringspunktet mellom forskning og formidling. Den er utformet etter modell av vurderingsprosessen til FNs naturpanel (IPBES) og utgjør en omfattende kunnskapsstatus om Mjøsa. Gjennom en serie på seks kapitler oppsummerer den Mjøsas historie, sosiale og politiske forhold, hydrologi, biologi og økologi. Den gjennomgår også hvordan man har tatt i bruk avansert teknologi for å få en bedre forståelse av innsjøen. I kapittel 6, som bygger på informasjonen som er presentert i kapitlene 2–5, tar vi for oss politisk relevante spørsmål som ble introdusert i kapittel én. Disse spørsmålene brukes som organiserende

temaer som binder de ulike kapitlene sammen. Ved å ta for seg noen av de mest presserende temaene i skjæringspunktet mellom vitenskap og politikk, vil denne vurderingen kunne utgjøre et tverrfaglig «første stopp» for alle som er interessert i å forstå Mjøsa og dens omgivelser.

Vi håper at denne rapporten kan være et nyttig dokument for de i offentlig og privat sektor som er interessert i å lære mer om Mjøsområdet, og et verdifullt bidrag for nysgjerrige studenter og forskere som lurer på hva som allerede er kjent, og hvilke kunnskapshull de kan være med på å tette. På et praktisk plan ser vi for oss at Mjøsa-vurderingen kan fungere som en modell for hvordan man kan tilpasse den komplekse og omfattende globale miljøvurderingsprosessen til mer lokale eller regionale spørsmål, og slik tjene som et eksempel for andre deltakere i EU-oppgavet Restore our Oceans and Waters, som Oppdrag Mjøsa er en del av. Rapporten gjøres derfor tilgjengelig i sin helhet på både norsk og engelsk.

Vi har valgt en utpreget geografisk og stedsbasert tilnærming til miljøvurderingen, og vi har hentet like mye fra samfunnsvitenskap og humaniora som fra biofysiske og tekniske vitenskaper. Dette kommer tydelig frem i formuleringen av de politisk relevante spørsmålene, i tilpasningen av IPBES' konseptuelle modell som en tverrfaglig retningslinje, og, ikke minst, i syntesediskusjonene som presenteres i kapittel 6. Vi håper derfor også at rapporten vår kan være et verdifullt eksempel på hvor viktig tverrfaglig samarbeid er i vurderingsarbeid.

1.2 Introduksjon til Mjøsa

Tar du Mjøsa fra en som har vokst opp i traktene rundt innsjøen, tar du bort noe de fikk i dåpsgave. (Bergman and Hjelpestein 2004, 9)

Mange i Norge og resten av verden har et dypt personlig forhold til landskap og sted, og det gjelder også de som bor i området rundt Mjøsa. Dåpsgaver er ment å gi beskyttelse og åndelig veiledning gjennom et liv orientert mot Gud og kirken. Innsjøens gave er å orientere mottakeren mot stedet, mot vannet og det omkringliggende landet og alt det rommer, å opprettholde liv og å gi kulturell, sosial og kanskje til og med en viss åndelig orientering.

Mjøsa har vært en ressurs for mennesker i tusenvis av år. I dag grenser sju kommuner til innsjøen, hvorav de fleste ligger i Innlandet fylke (figur 1.1). Selv om bare sju kommuner ligger ved Mjøsa, er 14 kommuner omtalt i denne vurderingen. Grunnen til det er at disse kommunene påvirker eller blir påvirket av innsjøen på ulike måter (tabell 1.1). Derfor er de inkludert i de ulike kildene vi har gjennomgått.

Mjøsa er drikkevannskilde for dyr og mennesker og en forutsetning for verdiskaping som vannkilde for landbruk, industri og vannkraftproduksjon. Mjøsa har et rikt biologisk mangfold, og den er høyt verdsatt som rekreasjonskilde og fiskevann. Mjøsa har også vært transportvei og avfallsdeponi. Som om innsjøen kunne vaske bort gamle synder og dårlige minner, fungerte den som deponi for store mengder ammunisjon og annet avfall i århundrer, og den er

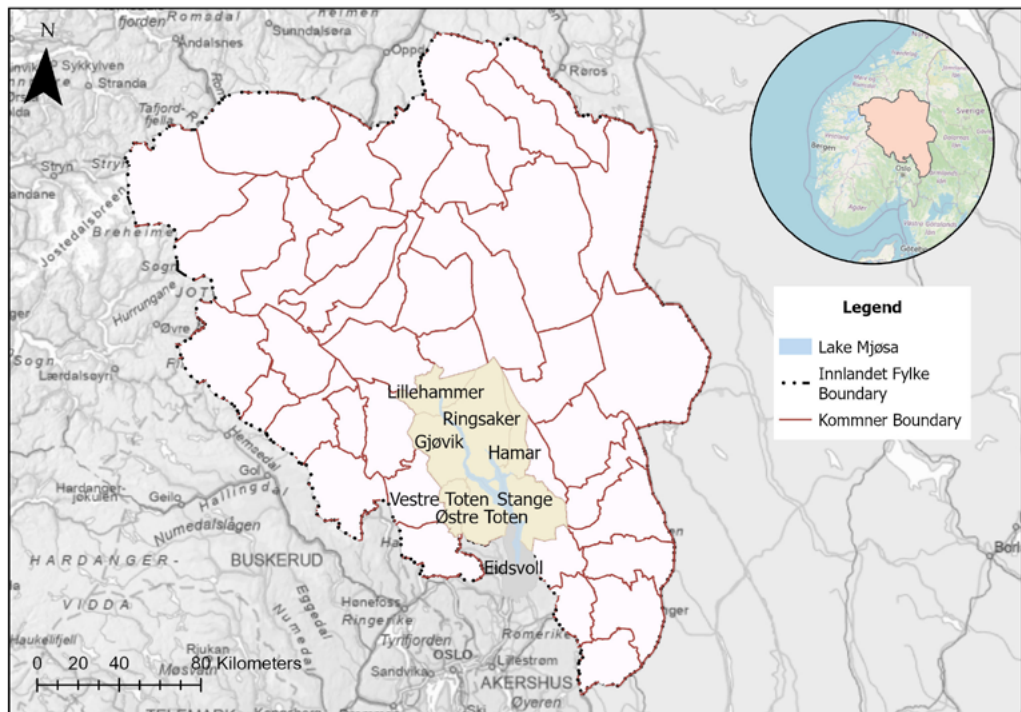
fortsatt negativt påvirket av avrenning fra landbruket. Med ujevne mellomrom oppstår det oppblomstringer av potensielt skadelige bakterier, slik at det må settes i verk lokale tiltak. På grunn av høye nivåer av miljøgifter som PCB og kvikksølv anbefales det å begrense inntaket av fisk fra innsjøen.

Fra 1960-tallet opplevde Mjøsa en sterkt negativ miljøutvikling, og faren for å nå et kritisk vippepunkt for eutrofiering ble møtt med en storstilt redningsaksjon for å hindre varige skader på innsjøen – bedre kjent som Mjøsaksjonen. Operasjonen var kostbar og omfattende, og mange mente at tiltakene var vellykkede (Oppdrag Mjøsa 2023, intern rapport).

Siden Mjøsaksjonen har det vært mye overvåkingsaktivitet ved Mjøsa, i regi av både nasjonale og regionale aktører, som Vannforeningen, Forsvaret (nærmere bestemt Forsvarsbygg), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norsk institutt for naturforskning (NINA) og det interkommunale vann- og avløpsselskapet HIAS, som ble etablert i forbindelse med Mjøsaksjonen. Dataene som er samlet inn gjennom denne kontinuerlige overvåkingen, har ført til bred enighet om at det nå er behov for en intensivert tverrfaglig innsats og bruk av ny teknologi for å møte alle utfordringene i regionen (Oppdrag Mjøsa, intern rapport 2023).

Kommuner	Grenser til innsjøen	Fylke
Eidsvoll	Ja	Akershus
Hamar	Ja	Innlandet
Lillehammer	Ja	Innlandet
Gjøvik	Ja	Innlandet
Løten	Nei	Innlandet
Strange	Ja	Innlandet
Østre Toten	Ja	Innlandet
Ringsaker	Ja	Innlandet
Øyer	Nei	Innlandet
Gausdal	Nei	Innlandet
Vestre Toten	Nei	Innlandet
Nordre Land	Nei	Innlandet
Søndre Land	Nei	Innlandet
Gran	Nei	Innlandet

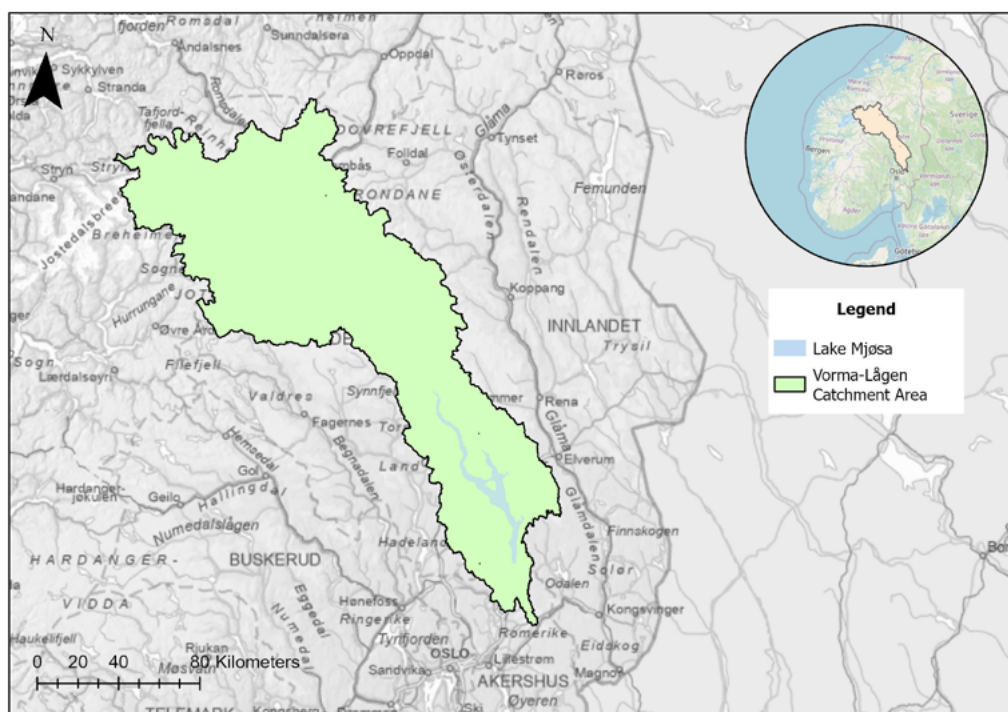
Tabell 1.1: Fylker og kommuner (per 2024) som inngår i vurderingen



Figur 1.1: Administrativt kart over fylker og kommuner som grenser til Mjøsa

Det er viktig å merke seg at selv om både kommuner, fylker og Mjøsa har klare grenser, finnes det ikke noen klar definisjon av hva som utgjør Mjøsregionen. Hvordan regionen har blitt konseptualisert, har variert etter tidsperiode og hva man har vært spesielt opptatt av i den aktuelle studien. Dette kommer tydelig frem i kildematerialet til de ulike kapitlene som presenteres her. Mens kapittel 2 (Den historiske betydningen av Mjøsa) og kapittel 3 (Sosiopolitisk og kulturell kunnskap om Mjøsa) ser på Mjøsregionen gjennom nåværende og historiske kommune- og fylkesgrenser, gir kapittel 4 (Økologisk og hydrologisk oversikt) en oversikt over Mjøsa med utgangspunkt i innsjøens hydrologiske avgrensning som nedbørfelt med elver og sideelver (figur 1.2).

Kapittel 5 (Scenarioer, modellering og teknologi) tar derimot for seg Mjøsa med utgangspunkt i selve innsjøen, og med utgangspunkt i ulike interessepunkter i innsjøen. Resultatet er at vurderingen gjenspeiler hvordan ulike fagfelt og forskningsinteresser studerer og forstår innsjøen og dens omgivelser forskjellig. Hvilke konsekvenser dette har for langsiktig forvaltning og bærekraft, diskuteres i kapittel 6 (avsnitt 6.2).



Figur 1.2: Nedbørfeltet Vorma-Lågen, som Mjøsa er en del av.

1.3 Mjøsa-vurderingen

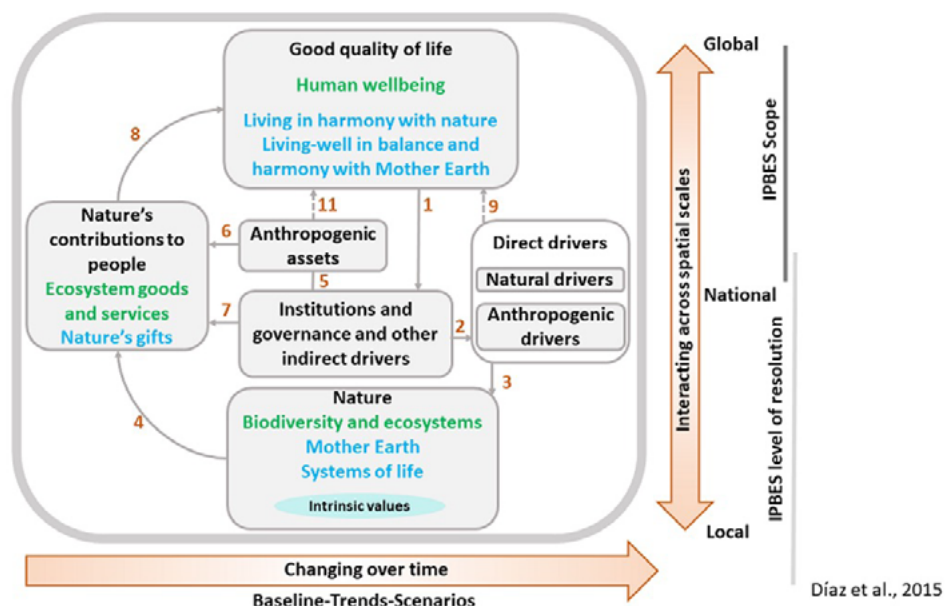
Det finnes mye tilgjengelig materiale om Mjøsa innenfor en rekke fagfelt og fra både offentlige og private forskningsinstitusjoner, men det er ikke samlet og diskutert på ett sted. Mjøsa-vurderingen er et forsøk på å samle og gjennomgå så mye relevant materiale som mulig, og å etablere en kunnskapsstatus om Mjøsa og Mjøsas omgivelser. Den er utformet etter de internasjonalt anerkjente strategiene for globale miljøvurderinger (GEA). GEA er storstilte rapporter som syntetiserer eksisterende kunnskap om tematiske eller metodiske emner, og som skal utgjøre et grunnlag for utarbeidelse av offentlig politikk (Kowarsch & Jabbour, 2017). Vurderinger er ikke ment å forutsi eller foreskrive politikk, men å gi et lett tilgjengelig og transparent kunnskapsgrunnlag.

Oppdrag Mjøsa er organisert i seks forskningsløp som til sammen skaper en bred og tverrfaglig tilnærming til forståelsen av innsjøen og dens omgivelser. I inneværende prosjektperiode, 2023–2027, er ett av målene å bidra til forvaltningen av Mjøsa med konkrete løsninger, ny kunnskap og en mer bærekraftig forvaltningsmodell. Selv om vurderingen ikke er ment å gi løsninger eller ny kunnskap, mener vi at den kan fungere som et grunnlag for bærekraftig forvaltning ved å gi basisinformasjon og synliggjøre behovet for en tverrfaglig tilnærming til beslutningsprosesser.

For å sikre at bidragene fra Oppdrag Mjøsa er evidensbaserte, er det avgjørende å bruke eksisterende kunnskap som grunnlag for videre forskning og politisk relevante bidrag. For å nå disse målene ble det engasjert en gruppe ph.d.-kandidater som skulle bistå i forskningsløpene Vannet, Omgivelsene, Menneskene, Historien, Teknologien og Digital tvilling. Et av de viktigste læringsmålene for

ph.d.-kandidatene er at de skal utvikle verktøy og ferdigheter som tverrfaglige forskere parallelt med at de utvikler sine individuelle prosjekter. Denne vurderingen oppfyller dermed to av Oppdrag Mjøsas hovedmål: 1) å gi et kunnskapsgrunnlag for nåværende og fremtidig arbeid, inkludert å identifisere kunnskapshull, og 2) å fungere som en teambuilding-øvelse i tverrfaglig samarbeid.

Oppdrag Mjøsas tverrfaglige tilnærming er inspirert av den konseptuelle modellen som er utviklet og brukt av FNs naturpanel IPBES (Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services) (Diaz et al., 2015). De ytre boksene i IPBES-figuren representerer (fra øverst og videre med klokken) «god livskvalitet», «direkte drivere», «natur» og «naturens nytteverdi for mennesker». Den grønne teksten viser hvordan disse elementene refereres til i vitenskapelige terminologi. Den blå teksten viser eksempler på hvordan de omtales blant urfolk og lokale samfunn. Boksene i midten er «menneskeskapte ressurser» øverst og «institusjoner og styring og andre indirekte drivere» nederst. Figur 1.3 nedenfor er en tilpasning av den konseptuelle modellen som viser sammenhengene mellom ulike systemkomponenter slik de er identifisert spesifikt for Mjøsa og dens omgivelser. Gule figurer representerer deler av systemet som er samfunnsmessige og av spesiell interesse. Blått i modellen representerer naturvitenskapelige og biologiske dimensjoner. Grønt viser områder med eksplisitt overlapping og integrering av sosiale og naturlige komponenter. Pilene langs utsiden av boksen indikerer den viktige rollen som endringer over tid og rom spiller. Figuren illustrerer relasjonene mellom sentrale aspekter av forskningsforløpet, men er ikke ment å være uttømmende.



Figur 1.3: Øverst: IPBES konseptuell modell. Nederst: Tverrfaglig rammeverk for Oppdrag Mjøsa.

Konseptet «god livskvalitet», øverst i midten i figuren, omfatter elementer som helse, identitet, kjønn, politikk og livsgrunnlag (kapittel 3). Neste konsept med klokken er forurensning, klimaendringer, fiske og arealbruk. Dette er viktige endringsdrivere i Mjøsa-systemet (kapittel 3 og 4). Økosystemet rundt Mjøsa (den nederste blå boksen) omfatter både levende (biotiske) og ikke-levende (abiotiske) elementer, både i vannet og på land (kapittel 4). Til venstre fanger IPBES' systemelement «naturens nytteverdi for mennesker» hvordan naturen og samfunnet på ulike måter støtter og drar nytte av hverandre. De lange ettervirkningene av dette i Mjøsregionen presenteres i kapittel 2. De to elementene i midten er de mest samfunnsmessige. Det øverste fokuserer på menneskelige ressurser: utdanning og lokalbefolkningen i Mjøsområdet. Det nederste elementet fokuserer på institusjonenes rolle, på styring og på andre sosiale og indirekte drivere, som statens og Mjøsaksjonens rolle. Disse temaene tas opp i kapittel 2 og 3. Kapittel 5 handler om observasjon over tid og på tvers av skalaer, representert i figuren av de ytre pilene.

Politisk relevante spørsmål

Vurderingen er en gjennomgang av eksisterende litteratur og kunnskap, ikke en oversikt over aktuell forskning eller over planlagte bidrag fra aktive prosjekter. Selv om vurderingen ikke er ment å være retningsgivende eller tilby løsninger på de komplekse problemene regionen står overfor, har forskerteamet, basert på sin gjennomgang og diskusjon med interessenter, identifisert en rekke politisk relevante spørsmål som vurderingen tar opp, og hvor det er klare kunnskapshull. Temaene er demografi og menneskelige tjenester, forurensning, klimaendringer, bærekraftig utvikling og styring. Ulike aspekter ved disse temaene blir diskutert i de ulike kapitlene, og i kapittel 6 presenteres en syntese og kunnskapshull.

Spørsmålene er som følger:

1. Hvilken rolle vil endret demografi spille for fremtidig arealforvaltning og utvikling i Mjøsområdet? (demografisk endring)
2. Hvilke konsekvenser har måten forurensning og vannforurensning

håndteres på, for drikkevannsforsyning og fritidsfiske? (forurensning)

3. Hvordan vil planlegging for klimaendringer, både avbøtende tiltak og tilpasning, påvirke forvaltningen av innsjøen og områdene rundt? (klimaendringer)
4. Hvordan påvirker planlegging for å nå bærekraftsmålene innen 2030 – på nasjonalt, fylkeskommunalt og kommunalt nivå – planer for regional utvikling og ressursforvaltning?
5. Hvordan påvirker «skalamismatch» – manglende samsvar mellom biologiske og hydrologiske grenser på den ene siden og juridiksjonsgrenser på den andre – overvåkings- og forvaltningsbeslutninger og tilgangen på relevant kunnskap for disse prosessene? (styring på flere nivåer)

1.4 Metodikk

Mjøsa-vurderingen ble gjennomført fra høsten 2024 til sommeren 2025. Omfanget og innrammingen ble opprinnelig utformet av E. S. Barron, basert på hennes erfaring som koordinerende hovedforfatter på IPBES' Sustainable Use Assessment (Barron et al., 2022). Planen ble gjennomgått og godkjent av programledelsen og forskningslederne i Oppdrag Mjøsa. Barron har vært redaktør for dokumentet og hovedforfatter for kapittel 1 og 6. Ph.d.-kandidater som arbeider på tvers av de ulike forskningsløpene i Oppdrag Mjøsa, har vært hovedforfattere på hvert av de fire hovedkapitlene, og bidratt til kapittel 1 og 6. Også en rekke andre kolleger og samarbeidspartnere ved NTNU og andre steder har bidratt. Forfattere og bidragsytere for hvert kapittel er oppført i alfabetisk rekkefølge, ikke etter bidrag. Vurderingen representerer dermed et viktig tverrfaglig bidrag fra Oppdrag Mjøsa og forskningsløpet Omgivelsene under det nåværende arbeidsprogrammet.

Gjennomgangen er basert på vitenskapelig litteratur og på hvit og grå litteratur som forfatterne har funnet eller fått tips om fra samarbeidspartnere og andre interesserte. På grunn av pågående forskning (ikke minst blant medlemmene i Oppdrag Mjøsa), er det nødvendig i vurderinger av denne typen å fastsette en sluttdato for hvilke kilder som vurderes. Uten en slik avgrensning ville arbeidet aldri kunne fullføres. I denne vurderingen omfatter litteraturgjennomgangen perioden fra september 2024 til august 2025. Dette innebærer at litteratur som ble publisert eller anbefalt for forfatterteamet etter august 2025, ikke er inkludert i vurderingen. I begynnelsen av hvert kapittel har forfatterne gitt mer detaljert informasjon om hvordan de har identifisert og gjennomgått litteraturen. Kapittel 2 gir en historisk gjennomgang av viktige hendelser i og rundt innsjøen, med vekt på elementer som fortsatt er relevante. Kapittel 3 inneholder informasjon om sosiale tjenester, kulturinstitusjoner, nyere sosial- og kulturhistorie, demografi og menneskers helse. Kapittel 4 er en oversikt over klima, geologi, biologi, og innsjøøkologi. Det gir dessuten lenker og referanser til de nyeste rapportene og elektronisk tilgjengelige datasettene. Kapittel 5 gjør rede for hvordan teknologi har blitt brukt til å forstå Mjøsa og dens omgivelser, med vekt på hvilke teknologier Oppdrag Mjøsa har tatt i bruk for å fremme læring og forvaltning i sanntid. Det inneholder en omfattende liste over datasett, satellitter og relevant informasjon som kan være til hjelp for den som er interessert i dette området. Til slutt, i kapittel 6, tar vi for oss de politisk relevante spørsmålene som er beskrevet ovenfor, ved å trekke veksler på materialet i de foregående kapitlene. Vi identifiserer viktige kunnskapshull og områder der det er behov for mer forskning. Vedlegg 1 er en liste over teamets forslag til oversettelse av en del norske termer. Vedlegg 2 er en liste over sentrale institusjoner, begreper, forkortelser og akronymer. Bruken av

forkortelser og akronymer gjør rapporten enklere å lese, og listen i vedlegget gjør at rapporten kan leses på tvers av disipliner.

Vurderingen fulgte en utarbeidelses- og gjennomgangsprosess basert på globale miljøvurderingsprosedyrer (f.eks. IPBES) tilpasset våre behov og forhold. Selv om målgruppen først og fremst er i Norge, ble de første utkastene til dokumentet skrevet på en blanding av engelsk og norsk, basert på forfatterenes språkpreferanser og kildematerialet. Forfatterne skrev et førsteutkast til hvert kapittel, som ble gjennomgått av redaktøren og ledende vitenskapelig ansatte i Oppdrag Mjøsa. Kommentarene ble samlet i et felles regneark, der det også var satt av plass til svar fra forfatterne om hvordan de hadde tatt hensyn til kommentarene. Andreutkastet ble utarbeidet og redigert til det nåværende dokumentet. Andreutkastet gjennomgikk en lignende åpen kommentar- og gjennomgangsprosess, og her deltok i tillegg eksterne korrekturlesere. Alle referanser er offentlig tilgjengelige og ble samlet inn i Zotero (et gratis, nettbasert referansehåndteringsprogram). Pdf-filer er lagret i Oppdrag Mjøsas digitale arkiveringssystem for enkel tilgang på forespørsel. I denne rapporten følger vi American Psychological Associations referansestil (7. utgave), med det unntak at referanser med samme førsteforfatter og år blir gjort entydige ved å legge til en bokstav på slutten av årstallet i referanser i teksten i stedet for ved å legge til flere forfatternavn.

Den endelige versjonen er tilgjengelig i sin helhet på norsk og engelsk etter å ha gjennomgått profesjonell oversettelse (dvs. ikke KI-oversettelse). Vi mente at bruk av profesjonell oversettelse var avgjørende for rapportens og innholdets integritet. Vi har gjort vårt ytterste for å komme i kontakt med alle interesserte parter for å utarbeide en så grundig vurdering av kunnskapsstatus om Mjøsa som mulig, men det er selvsagt alltid ressurser man har oversett, og muligheter man har gått glipp av. Forfatterne tar det fulle og hele ansvaret for dette, og ber om forståelse for og tålmodighet med eventuelle feil og forglemmelser. Det er ikke uvanlig at slike rapporter kommer i oppdaterte utgaver med jevne mellomrom, og vi håper at det ved en eventuell ny utgave vil være ny og interessant kunnskap å rapportere om.

Kapittel 2: Den historiske betydningen av Mjøsa

Hovedforfatter: Even Næss Bergseng
Bidragsyter: Marton Bay Wærnes

2.1 Oppsummering

Dette kapittelet presenterer en gjennomgang av litteraturen som dekker den historiske utviklingen av Mjøsa og Mjøsregionen, med vekt på bosetningshistorie, fisket, kommunikasjonshistorie, regulerings- og flomhistorie, forurensning, miljøaktivisme og ammunisjonsdumping. I tid strekker kapittelet seg fra den første bosettingen rundt Mjøsa rundt år 6000 fvt. og fram til sent 1900-tall og 2000-tall, der det er av relevans for tematikken. Materialet som er tatt i bruk for dette kapittelet er en blanding av fagfellevurderte tekster, generelle innføringsbøker og litteratur av en mer lokalhistorisk karakter.

Gjennomgangen viser at innsjøen historisk sett har hatt en stor betydning for bosetningen rundt Mjøsa, som kilde til mat og drikkevann, som en biinntekt for bønder, og som kommunikasjonstøi for båter og tømmerfløting. Et høydepunkt ble nådd med dampbåttrafikken på midten av 1800-tallet. Innsjøen også blitt regulert for kraftproduksjon. Men i senere tid har Mjøsas økonomiske og kommunikasjonsmessige betydning blitt redusert. Etableringen av først jernbanen langs østkysten av Mjøsa mot slutten av 1800-tallet og deretter av bilveiene utover 1900-tallet gjorde vannveien gradvis mindre viktig, først for gjennomgangstrafikken, men etter hvert også for den mer lokale ferdseien

og frakten. Dette til tross for de store ambisjonene om å forbinde Mjøsa gjennom kanaler til Oslofjorden. Fisket i Mjøsa ble i løpet av 1900-tallet redusert til en fritidssysseil. Vannet i Mjøsa er i kortere tider blitt utsatt for sterk forurensning i forbindelse med flommer, eksemplifisert med Storofsen i 1789, men det var først mot slutten av 1800-tallet og særlig utover 1900-tallet at forurensningen ble et voksende og vedvarende problem, som følge av økende utslipp fra landbruk, industri og privathusholdninger.

Til tross for at mye er skrevet om Mjøsa og Mjøsregionen i et historisk perspektiv, viser gjennomgangen at det mangler utfyllende oversiktsverk over både Mjøsregionens historie spesielt og Innlandets historie generelt. Gjennomgangen viser også behovet for at det gjøres mer arkeologisk- og historiefaglig forskning på Mjøsas miljøhistorie, deriblant om de førhistoriske flomhendelsene og om ammunisjonsdumpingen på 1900-tallet.

2.2 Innledning

Da den tyske geologen Leopold von Buch reiste gjennom Norge i 1810, midt under Napoleonskrigene, omtalte han Mjøsa som «det lille innlandshavet i Norge, som synes skapt for å bringe handel og velstand inn til hjertet av landet» (von Buch, 1810).¹ Von Buch var mest opptatt av de gode mulighetene den langstrakte innsjøen gav for transport av varer og passasjerer inn i det ellers vanskelig framkommelige innlandet, slik det hadde gjort i over tusen år. Men Mjøsa har også gitt menneskene rikelig tilgang på mat og drikkevann. I senere tid har Mjøsa fungert som vannmagasin for kraftkrevende industri nedstrøms i vassdraget, som flomdemping for området, og som mottaker av ulike former for menneskelig og industrielt avfall. Det er særlig det sistnevnte som har satt forholdet mellom det biologiske mangfoldet i vannet og menneskene på prøve, ikke bare i Mjøsregionen, men også lenger nedstrøms i Oslofjorden. Urbaniseringen, industrialiseringen og moderniseringen av landbruket fra midten av 1800-tallet og utover 1900-tallet, førte til store og økende utslipp av organisk avfall, næringssalter, tungmetaller, kjemikalier og etter hvert plast. Ammunisjonsdumpingen fra tiden rundt andre verdenskrig og fram til 1970-tallet, og den voldsomme oppblomstringen av cyanobakterier (blågrønnalger) på 1950- og 1960-tallet, står som foreløpige bunnpunkt i historien om menneskenes forhold til Mjøsa.

Dette kapittelet vil gi en kort overordnet innføring i den historiske betydningen av innsjøen Mjøsa og om hvordan menneskene har levd med den, og til den historiefaglige litteraturen som er skrevet om Mjøsa. Helt siden steinalderen

har menneskenes forhold til Mjøsa og deres evne til å dra nytte av innsjøen og til å påvirke den, endret seg i takt med øvrige sosiale, kulturelle, teknologiske, og økonomiske samfunnsendringer. Det samme har menneskenes mulighet til å forstå de økologiske forholdene i vannet, og til å handle på bakgrunn av den forståelsen. Mens Mjøsa tidligere var en av de viktigste transportårene i Innlandet og mjøsfisket viktig en kilde til inntekt for lokalbefolkningen, er sjøen i dag en drikkevannskilde, et basseng for vannkraft og en arena for rekreasjon.

Materialet som er tatt i bruk for dette kapittelet er en blanding av fagfellevurderte tekster og litteratur av en mer lokalhistorisk karakter. Noen av verkene omhandler Mjøsa, vassdraget eller de omliggende byene og bygdene direkte, mens andre verk berører forhold ved Mjøsa og Mjøsregionen i lys av en annen overordnet tematikk. Litteraturen er i hovedsak funnet gjennom søk i biblioteksdatabasen Oria og på Nasjonalbibliotekets nettbibliotek, men også gjennom samtale med andre i forskingsprogrammet Oppdrag Mjøsa, deriblant Arne Julsrud Berg og Øyvind Ødegård. Det aller meste av materialet ligger tilgjengelig for lesing på nett gjennom blant annet Nasjonalbiblioteket. Kapittelet omtaler også enkelte eldre historiske kilder, for å illustrere noe av det store historiske materialet som finnes.

Bakgrunnen for denne blandingen av materiale er at det finnes forholdsvis få fagfellevurderte historiefaglige artikler og bøker som direkte omhandler Mjøsas historie. Et av hovedfunnene i dette kapittelet er at det i det hele tatt

¹ Tysk originaltekst: «Er tritt hier aus dem Miosensee, dem kleinen, innern Meere von Norwegen; recht gemacht Verbindung und Wohlstand bis im Herzen des Landes zu bringen» (Buch, 1810). Engelsk oversettelse fra 1813: «[...] the small inland Sea of Norway, which appears calculated to carry commerce and prosperity into the heart of the country» (Buch, 1813).

mangler et systematisk historiefaglig oversiktsverk over Mjøsregionens og Innlandets historie, både den eldre og den nyere. *Den store Mjøsboka* (Stensrud, 1991) er en god populærvitenskapelig introduksjon, men den historiske delen er av begrenset omfang og boka mangler kildehenvisninger.

Det finnes flere måter å definere hvilket geografisk område som er relevant å se på i forbindelse med historiske studier av Mjøsa, avhengig av hva man studerer eller hvilke tidsperioder man forholder seg til. I dag ligger Mjøsa innenfor de administrative grensene til to fylker (Innlandet og Akershus) og syv kommuner (Eidsvoll, Østre Toten, Gjøvik, Lillehammer, Ringsaker og Hamar). Gjennom historien har de administrative grensene endret seg adskillige ganger, både på regions- og det som tilsvarer dagens kommunenivå. Vi har i dette kapittelet valgt å benytte oss av begrepet *Mjøsregionen*, og bruker det til å vise til det som i dag tilsvarer de syv kommunene, men også dagens Vestre Toten. Grunnen til dette er tredelt: den geografiske nærheten til Mjøsa, at dagens Vestre Toten i tidligere tider lå under samme administrative enhet som Østre Toten (prestegjeldet Toten) og da deler av kommunen nærmest regnes som en del av tettstedet Gjøvik.

Det første underkapittelet vil ta for seg grunntrekk i bosetningshistorien rundt Mjøsa, med vekt på befolkningsutvikling og urbanisering, samt litt om næringsveier. Det andre underkapittelet vil se på fisket i Mjøsa i historisk perspektiv. Det tredje vil i hovedsak se på båttrafikken på Mjøsa og litt på ideene om å anlegge en kanal mellom innsjøen og havet, og det fjerde på reguleringene av innsjøen og historiske flomhendelser. Even Næss Bergseng har skrevet mesteparten av teksten i

kapittelet. Det fjerde underkapittelet, skrevet av tidligere masterstudent Marton Bay Wærnes, vil ta for seg litteraturen og hovedtrekkene knyttet til Mjøsas forurensningshistorie. Kapitlene er ikke ment som uttømmende om temaene, kun som korte introduksjoner til videre lesing og forskning.

2.3 Bosetninga rundt Mjøsa

I om lag 8000 år har det levd mennesker rundt Mjøsa. Fisket, jakta, den rike jorda, tømmeret i skogen og den lett tilgjengelige vannveien har utgjort grunnlaget for tilflyttingen og den senere faste bosetningen. Den første byen, eller *kaupangen*, Hamar, ble trolig opprettet på midten av 1000-tallet, men ble brent og nedlagt på 1500-tallet. Først tre hundre år senere fikk Mjøsregionen på ny en egen by, Lillehammer, som raskt ble etterfulgt av en reetablering av Hamar og en nyetablering av Gjøvik. I første halvdel av 1800-tallet opplevde Mjøsregionen og Innlandet² stor befolkningsvekst og var en av Norges mest folkerike. I dag er Innlandet som helhet et av fylkene med lavest befolkningstetthet og befolkningsutvikling, mens områdene i og rundt mjøsbyene opplever stadig befolkningsvekst.

I dette delkapittelet presenteres noen hovedtrekk i bosetningshistorien omkring Mjøsa, og noen sentrale verk som kan brukes for videre fordypning. Det finnes, som nevnt i innledningen over, ingen faghistoriske oversiktsverk om Mjøsregionen eller Innlandet. Men det er utgitt bøker om de enkelte byene, bygdene og landskapenes historie, som Lillehammer (Bjørnhaug, 2000; Feiring, 2004; Rugsveen & Stang, 1996) Gjøvik

² Innlandet fylke ble dannet i 2020 ved sammenslåing av fylkene Hedmark og Oppland. Historisk sett har dette området samlet blitt kalt «Opplandene», som under perioden med den administrative regionen «Opplandenes amt» fra 1757 til 1781. «[i]nnland» og «oppland» i ubestemt form kan bety områder som ligger henholdsvis et stykke bort fra kysten eller som omkranser en større by. For enkelhetens skyld benytter vi oss av «Innlandet», selv om det er et historisk sett nytt begrep.

(Mollgard, 1961; Ruud, 2010) og Hamar (Gjerdåker, 1998; Lillevold, 1987). Om bygdene og landskapene kan særlig Svein-Erik Ødegaards flerbindsverk om Stange trekkes fram (Ødegaard, 2006a, 2016, 2022), *Hedemarks historie* (Halvorsen & Hedmark historielag, 1957), flerbindsverket *Eidsvoll Bygds Historie* (1950-1961), redigert av historieprofessor Andreas Holmsen og med bidrag fra flere kjente historikere, som Edvard Bull og Rolf Fladby (Eidsvoll bygdebokkomite, 1952). Historiker Håvard Havin Kongsrud

skriver på vegne av Toten historielag på en ny bok om Totens historie, med vekt på middelalderen. Ellers finnes det en rekke andre bygdebøker, som blant annet for Brumunddal (Hedmarksmuseet og Domkirkeodden, 1986), Moelv (*Moelven*, 2019) og Helgøya (Enemo, 2021). I tillegg utgis det årlig en lang rekke lokalhistoriske årbøker, hvor særlig *Mjøsmuseets årbok* er verdt å trekke fram i denne sammenhengen, da de har publisert flere temanummer knyttet direkte til Mjøsa.

8500 fvt	Innlandsisen trakk seg tilbake fra Mjøsa.
6000 fvt	Første tegn etter mennesker (jegere og sankere) i Mjøsregionen.
4000 – 1800 fvt.	Yngre steinalder: Oppdyrking av jord og fast bosetting i Mjøsregionen.
500 fvt.	Rike arkeologiske funn fra Åker gård fra begynnelsen av yngre jernalder.
1049	Trolig årstall for anleggelse av myntepresse på Hamar av kong Harald Hardråde.
1153	Eableringen av Hamar bispesete.
1230-tallet	Oppføringen av Mjøskaftet på Steinsholmen i Ringsaker av kong Håkon Håkonsson. Nevnt i et pavebrev fra 1234.
1537	Bispetet flyttet til Oslo under reformasjonen.
1563 1570	Hamar satt i brann av svenske soldater under Den nordiske sjuårskrigen. Markedsplassen flyttet til Oslo, og Hamar i praksis nedlagt som kaupang.
1789	«Storofsen», en flomkatastrofe som rammet store deler av Innlandet.
1827	Lillehammer etablert som kjøpstad med begrensede rettigheter, full bystatus i 1842.
1848	Hamar etablert som kjøpstad.
1861	Gjøvik etablert som kjøpstad.
2010	Moelven og Brumunddal gitt bystatus.
2020	Oppland og Hedmark slått sammen til Innlandet fylkeskommune

Tabell 2.1: Tidslinje over bosetninga rundt Mjøsa

Bosetning i Mjøsregionen fra steinalderen til jernalderen

Dahl et al. skriver i *Mjøsområdet geologi* at isen trakk seg tilbake fra området rundt Mjøsa for omtrent 9000 år siden (7000 fvt.) (Dahl et al., 2017). Menneskene skal ha kommet om lag tusen år senere (6000 fvt.), tiltrukket av fisken i sjøen og elvene og av det rike viltet i skogen, deriblant elgen som skal ha kommet til Innlandet på denne tiden (Rugsveen & Stang, 1996). Oppdyrking av jorda fant sted senere, i den yngre steinalderen, perioden 4000–1800 fvt. (Amundsen, 2011; Dahl et al., 2017; Damlien et al., 2021; Pilø, 2005). Det var særlig den kalkrike jorda og det gunstige lokalklimaet som dannet grunnlag for de rike jordbruksbygdene langs Mjøsa.

Det er gjort rike kulturminnefunn fra både bronsealderen (1800–500 fvt.) og jernalderen (omtrent 500 fvt. –1050 evt.) langs Mjøsas strender. Arkeologene Sandodden og Smiseth påpeker i sin artikkel i *Mjøsregionens årbok* fra 2015, at de mange gravhaugene og bygdeborgene plassert på odder og nes ut i Mjøsa, vitner om at innsjøen må ha spilt en sentral rolle i denne perioden (Sandodden & Smiseth, 2015). De mener at man kan anta at stormenn ønsket å bli gravlagt langs skipsleia slik at folk som reiste forbi kunne se gravhaugene og la seg imponere. Avkastningen fra det gode jordbruket, særlig på Toten og på Hedemarken, kombinert med kontroll med handelen med jern, pels og andre fangstprodukter, er ifølge Sandodden og Smiseth kilden til den velstanden som mange av disse funnene vitner om. Gravene vitner også om at samfunnet, særlig i yngre jernalder, har vært sosialt lagdelt, med høvdinge, bønder, leilendinger og treller.

Mens det i de andre delene av Norge foregikk store omveltninger og nedgangstider omkring 500-tallet evt. (ved det som marker overgangen mellom eldre og yngre jernalder), hevder Sandodden og Smiseth at det i Mjøsregionen og Innlandet

snarere er snakk om oppgangstider (Sandodden & Smiseth, 2015). Blant de arkeologiske funnene ved Mjøsa fra denne perioden, er særlig det såkalte Åkerkomplekset, ved Åker gård i Hamar, verdt å trekke fram. Her er det gjort funn av ringsverd, beltebeslag og prakthjelmer, som tyder på et sosialt toppsjikt, trolig et høvdingsete som kan sees i sammenheng med framveksten av en lang rekke høvdingseter i Norge i perioden. Blant andre rike funn fra Mjøsa på samme tid er fra Sveinhaug og Veldre i Ringsaker.

Fra 500-tallet finner vi også henvisninger til folkegruppen «heiner» eller «heider», som muligens kan knyttes til «Hedmark», i verket *De origine actibusque Geratun* («Om goternes opphav og bedrifter», eller *Gotesoga*), skrevet av den romersk-gotiske historieskriveren Jordanes (*Jordanis Gotesoga*, 1932). Navnet knyttes også til det som trolig var et eldre navn på Mjøsa, *Heiðsær* (*Eidsivatinget*, 2022).

Rundt år 600 evt. ble også det indre Østlandet og Mjøsregionen rammet av nedgangstider. Det gjorde seg utslag i en lavere produksjon av jern og leirkar. Pest blir pekt på som en mulig forklaring på at befolkningen sank (Sandodden & Smiseth, 2015). Senere på 600-tallet og utover på 700-tallet ser befolkningen i Norge og i Innlandet ut til å øke igjen. De neste århundrene fram mot middelalderen var preget av en forsiktig vekst, hvor flere landområder ble ryddet og dyrket.

Bosetning i Mjøsregionen i middelalderen (1000-1500)

Et særlig viktig trekk ved Mjøsregionens historie i middelalderen, er framveksten av kaupangen og etter hvert bispesetet på Hamar. Det fantes også andre, mindre handelssteder og maktsentra, men Hamars posisjon dominerte. Perioden fra 1000-tallet og fram mot begynnelsen av 1300-tallet var preget av en jevn, forsiktig befolkningsvekst. Det finnes ingen

folketellinger i Norge fra middelalderen, men Stensrud anslår i *Den store Mjøsboka* at det i traktene rundt Mjøsa må ha levd mellom 15 000–20 000 ved inngangen av 1300-tallet (Stensrud, 1991)³, før en ny og denne gangen sterk befolkningsnedgang fant sted som følge av svartedauden. Svartedauden førte til at mange gårder ble lagt øde, som først utover 1500- og 1600-tallet ble tatt i bruk igjen.

Åker gård og Hamar i middelalderen

Inn mot 1000-tallet og samlingen av Norge, var storgården og kongsgården Åker ved Hamar fremdeles et maktsenter. Høvdingene der hadde rikelig med tilgang til jern og fangstprodukter fra fjellbygdene og korn fra flatbygdene. Åker lå strategisk og sentralt plassert sett opp mot ferdselen på Mjøsa og trafikken mot Østerdalen (Sandberg, 2015). Åker var trolig også et religiøst sentrum og det var kanskje her at Eidsivatinget (en av de fire lagtingene i Norge) møttes i første del av middelalderen (Sandodden & Smiseth, 2015), før det ble etablert på Eidsvoll (Holmsen, 1959). I 1046 skal kongene Magnus Olavsson og Harald Sigurdsson ha sluttet forlik på Åker, som kan tyde på at kongedømmet hadde fått kontroll over gården og omkringliggende jord (*Norsk byhistorie*, 2006). Per-Øivind Sandberg har behandlet Åker gård omfattende i boka *Fra høvdingsete til herregård* (Sandberg, 2015).

Den første byen langs Mjøsa, og på mange måter en slags arvtaker etter Åker gård, var Hamar og markedet der. Nøyaktig når Hamar oppstod som kaupang, synes å være noe uklart. Snorre Sturlasson forteller i sagaene om opprettelsen av byer gjort av ulike konger, men nevner ikke Hamar. Men et myntfunn fra Hamar fra omtrent 1050, med mynt slått av kong Harald Sigurdsson Hardråde (1045-1066) og som viser til Hamar, kan tyde på det ble anlagt en myntpresse der på Hardrådes tid (*Norsk byhistorie*, 2006; Lillevold, 1987). Og

da bispesetet ble opprettet i 1152/1153, skal det på forhånd visstnok ha vært en markeds plass der (*Norsk byhistorie*, 2006).

Over tid ble Hamar det sentrale handels- og maktsenteret i Mjøsregionen i middelalderen, både for kongen og hans menn, men særlig for kirken. Ifølge Helle er grunnleggingen av bispesetet å regne som en nødvendig forutsetning for framveksten av Hamar i middelalderen (*Norsk byhistorie*, 2006). Domkirken, bispegården og tilhørende institusjoner skal ha stort preg på bybildet. Biskopen på Hamar var en viktig aktør i samtidens politikk, og hadde store økonomiske interesser (Hamar historielag, 2004). Blant annet eide bispesetet rettigheter både i lågasildsfisket og i ørretfisket på Fåberg (Rugsveen & Stang, 1996). Om man ønsker å lese mer om bispesetets historie på Hamar, anbefales boka *Hamar bispestol 850 år* (Hamar historielag, 2004).

Vi har i utgangspunktet få kilder til forholdene på Hamar i perioden fra senmiddelalderen (ca. 1350 til 1537). Men i den såkalte *Hamarkrøniken*, et verk av en ukjent forfatter fra midten av 1500-tallet og første gang utgitt på 1700-tallet og som gir seg ut for å bygge på arkivmateriale fra bispesetet, skildres senmiddelalderens Hamar i sine glansdager før svartedauden på 1300-tallet (*Hamarkrøniken*, 1986). Her presenteres en by i blomstring og velstand, som befinner seg i en slags gullalder, ifølge Mari Kristin Høilund i hennes mastergrad fra 2007, *Historie som argument: Hamarkaupangen får nytt liv*, hvor hun studerer hvordan Hamar presenteres i ulike historiske tekster fra 1500- til 1800-tallet (Høilund, 2007).

Hamar holdt fram med å være handels- og maktsentrumet i Mjøsregionen utover senmiddelalderen, men med de store omveltningene i Norge på 1500-tallet var det slutt. Under reformasjonen i Danmark-Norge i 1537, ble det vedtatt av kongen

3 Men hvor Stensrud henter disse tallene fra, fremkommer dessverre ikke i boka.

at bispesetet på Hamar skulle flyttes og legges under Oslo. Noen år senere, under den Den nordiske sjuårskrigen (1563-1570) ble byen brent ned av svenskene, og i 1570 ble markedsplatsen på Hamar flyttet til Oslo. Med det var det gamle Hamar i praksis nedlagt som kaupang og by (*Norsk byhistorie*, 2006; Lillevold, 1987). Det skulle ta flere hundre år før Hamar ble gjenopprettet, men minnet om byen ble holdt aktivt i live, særlig utover 1700-tallet (Høiland, 2007).

Andre viktige steder i Mjøsregionen i middelalderen

Mens Hamars rolle som makt- og handelssentrum er ubestridt, er det er mindre klart om det fantes et fast handelsmarked ved dagens Lillehammer eller på Fåberg. Trond Feiring (Feiring, 2004) skriver i andre bind av *Fåberg og Lillehammers historie* at det er få opplysninger om noe større markedsaktivitet der, men at et «Litlikaupanger» og «Litlihamar» er nevnt i Håkon Håkonsson saga. Feiring skriver også at bønder fra Gudbrandsdalen i 1579 skal ha sendt et brev til kongen og klaget over at markedet ved gården Hammer (i dagens Lillehammer sentrum) ble «for nogen Tid siden» avskaffet. Ut ifra dette mener Feiring at det kan være rimelig å slutte at det har eksistert en mindre handelsplass ved Hammer gård, men noen ordentlig kaupang eller by lik Hamar er det ikke snakk om.

Eidsvoll spilte en rolle i middelalderen som møtested for Eidsivatinget, et av de fire lagtingene i Norge med hver sin landskapslov. Plasseringen av tingstedet ved Sundfossen i Eidsvoll, ikke langt fra munningen av Mjøsa, utgjorde et knutepunkt i lagsagnet som omfattet Hedmarken, Hadeland og Romerike, og etter hvert også Gudbrandsdalen og Østerdalen. Plasseringen i nærheten av Mjøsa sier noe om betydningen innsjøen hadde i middelalderen. Det er i senere tid gitt ut to nye historiefaglige verk

om Eidsivating: *Eidsivatinget: den norske tingtradisjonen gjennom 1000 år*, redigert av Jørn Øyrehaugen Sunde og Brage Thunestvedt Hatløy (*Eidsivatinget*, 2022) og *Landslov og lagting - Eidsivatinget etter 1274* av Miriam Jensen Tveit (Tveit, 2022)

Et annet eksempel på et maktsenter ved Mjøsa i middelalderen, er det såkalte Mjøskaftet på Steinsholmen, to kilometer sør for dagens Moelv. Mjøskaftet var et befestet tårn med en grunnflate på 18 ganger 20 meter, og trolig fem etasjer høyt, og dermed det fremste eksempelet på festninger bygget ved Mjøsa. Ole-Berge Olden skriver i sin masteroppgave fra 2022 at det kan tenkes at Mjøskaftet har vært en brikke i maktkampen mellom kong Håkon Håkonsson, som fikk festningen bygget på 1230-tallet, og biskop Pål på Hamar. Kong Håkon skal ha ønsket å kontrollere skipsfarten på Mjøsa for å styrke sin makt på det indre Østlandet (Olden, 2022; Sæther, 2005) Mjøskaftets plassering langs skipsleden i den nordlige delen av Mjøsa, vitner om betydningen av å forsøke å kontrollere ferdselen på Mjøsa. Videre påpeker Olden at Mjøskaftets verdslige funksjon gjør at byggverket skiller seg fra de fleste andre kjente middelalderreminene i Norge, som først og fremst er kirkeruiner (Olden, 2022).

Bosetning i Mjøsregionen i perioden 1500-1900

Befolkningsutvikling i Mjøsregionen fra 1500- til 1700-tallet

Perioden fra 1500-tallet og framover var, til tross for stadig tilbakevendende bølger med pest, preget av en jevn befolkningsvekst i Mjøsregionen. Stensrud skriver at mens det ved inngangen til 1500-tallet trolig ikke bodde flere enn 10 000 innbyggere rundt Mjøsa, hadde befolkningen doblet seg til 20 000 i 1650 (Stensrud, 1991). Bakgrunnen for økningen skyldes dels at det ifølge

Hutchison i Norge lenge var mulig å øke jordbruksproduksjonen i takt med befolkningsveksten på 1500- og 1600-tallet fordi man på ny tok i bruk landområder som hadde ligget øde etter svartedauden på midten av 1300-tallet (Hutchison, 2019). Slik reetablering av ødegårder ser vi rundt Mjøsa, for eksempel i Fåberg (Rugsveen & Stang, 1996) og Stange (Ødegaard, 2006b).

Det ble gjennomført *manntall* i Norge på 1660-tallet og i 1701 (tellingene av *menn* i alderen 12 år og oppover), men den første fullstendige folketellingen i Norge ble først utført i 1769. Da ble det talt 723 000 mennesker i Norge. Det bodde da om lag 33 966 mennesker i Mjøsregionen, litt avhengig av hvordan man definerer grenser for regionen (Statistisk sentralbyrå, 1980). 4 Manntallene og folketellingene ligger tilgjengelig på Digitalarkivet sine nettsider.

Skogbruket i vekst (1500-1800)

Skogen og tømmeret har alltid vært en ressurs for menneskene i Mjøsregionen, men det var etter middelalderen at trelasthandelen virkelig ble stor. Introduksjonen av den vanndrevne oppgangssaga i Norge på 1500-tallet gjorde det mulig for bøndene å utvinne langt mer tømmervirke enn tidligere (Fryjordet, 1992; Hutchison, 2019). Etterspørselen etter norsk tømmer internasjonalt økte, og ettersom skogene langs kysten ble felt begynte tømmerhandlere i utførselsbyene å søke lenger inn i landet etter trelast, deriblant rundt Mjøsa og oppover Gudbrandsdalen og Østerdalen, som kunne fløtes på Mjøsa, Vorma og Glomma (Rugsveen & Stang, 1996).

Utover 1600-tallet fryktet myndighetene lave tømmerpriser, overhogst og avskoging også i de indre strøkene, en bekymring som var mer knyttet til vern

av ressurser snarere enn en omsorg for naturen, og innførte forordninger og reguleringer som begrenset hvor mye virke man kunne ta ut. I 1688 innførte kongen en ordning med sagprivilegier, som skilte mellom sager som fikk sage tømmer av et visst kvantum til eksport og sager som bare fikk sage tømmer til bygdas eget behov (bygdesager) (Fryjordet, 1992; Rugsveen & Stang, 1996). Dette innebar omtrent en halvering av antallet sager og sagd tømmer. De sagene som overlevde var de store og de lønnsomme, som ofte borgerskapet eide (Dyrvik, 1979, 2011). I praksis førte dette til at bøndene ble utestengt fra sagdrift, utover det som gikk til eget bruk. For Mjøsregionens vedkommende var det borgere i Christiania (Oslo) og Fredrikstad som dominerte tømmerhandelen (Fryjordet, 1992). Det meste av tømmeret som ble fløtet på Mjøsa ble eksportert videre derfra. Som det kommer fram av underkapittel 2.5.4., var det sterke interesser blant handelsborgerskapet i Christiania om å lette transporten av tømmeret til hovedstaden, gjennom en kanalisering av vannveiene opp til Mjøsa.

Mangelen på en kjøpstad i Mjøsregionen

Etter nedleggelsen av bispesetet og markedet på Hamar på 1500-tallet, lå Mjøsregionen og Innlandet lenge uten noen egen by. Riktignok fantes det tilreisende kjøpmenn som bøndene kunne drive begrenset handel med, og sesongvise markeder som Grundsetmarkedet ved Elverum.

Handel og håndverksproduksjon var fram til langt utover på 1800-tallet i hovedsak forbeholdt menn med borgerbrev, som var tilknyttet de offisielle byene (kjøpsteder og ladesteder) som følge av privilegiumssystemet. Bystyrene, sammen med laugene, regulerte hvem som fikk

4 Jeg har valgt å inkludere alle prestegjeldene som grenser til Mjøsa, men har luket ut Hurdalen fra Eidsvold prestegjeld. Legger man til Hurdal (697), Gausdal (3101) og Løten (1952) prestegjeld, blir summen 39 716.

lov til å drive med handel eller håndverk gjennom å utstede borgerbrev. Eksport til utlandet, da særlig tømmer, måtte gå gjennom byene, da kongemakten ønsket å sikre mest mulig kontroll over tollene og skatteleggingen (Dyrvik, 1979; Hutchison, 2019). Byene var i denne perioden i hovedsak å finne langs kysten på grunn av handelen med utlandet, med unntak av bergstedene Kongsberg og Røros, som bare hadde begrensede byrettigheter.

Markedene i Christiania og på Røros var særlig viktige for kornbøndene rundt Mjøsa, men reiseveien dit var lang. Misnøyen med den store avstanden kan man finne hos mange skribenter på 1700- og begynnelsen av 1800-tallet, blant annet hos stiftamtman Christian Sommerfeldts (1746-1811), som mente at det gikk utover effektiviteten i landbruket. Sommerfeldt skrev at «saa megen Tid spildes paa lange Kjøpstædsreiser, for at hente Korn, maa man virkelig undre over, at Bonden her kan finde Tid til betydelige Jordforbedringer.» (Sommerfeldt, 1795).

Det var for det meste enighet om nytteverdien for bøndene rundt Mjøsa i å etablere en egen by i regionen; det var også enighet om at Mjøsregionen hadde et stort nok befolkningsgrunnlag for det (Norsk byhistorie, 2006). Dansken Niels Sevel Hoffmann Bloch (1761-1829), skrev for eksempel følgende da han besøkte Mjøsa i 1808:

At Oplandene (alle til Mjösen støtende Egne), hvis Folkemængde beløber sig til over 80,000 Sjele, burde, inden egne Grændser, skienkes en Kjøbstad; og at Hammer var dertil det beqvemmeste Sted: det er noget alle oplyste Patrioter forlængst have været enige om, at ansee og erklære for nyttigt. (Bloch, 1808)

Ser man Kristians amt (Oppland) og Hedemarkens amt under ett, hadde de i 1815 til sammen en befolkning på 129 000. Det ble trukket fram som et kronargument for forkjemperne av en by til Mjøsregionen.

Etableringen av Lillehammer, Hamar og Gjøvik

Det fantes ulike oppfatninger om hvor en eventuell mjøsby skulle ligge. Myndighetene kunne gi kjøpstadsprivilegier til allerede eksisterende tettsteder som de mente hadde ville kunne bli levedyktige byer. Eller så kunne de peke ut nye steder, som fra før av stod uten særlig tettstedsbebyggelse, men som man av andre grunner mente at hadde grunnlag for å vokse og utvikle seg.

Til sammen ble elleve mulige plasseringer av en ny by ved Mjøsa vurdert. Mange ytret ønsker om en reetablering av Hamar, som på begynnelsen av 1800-tallet bare var et jordbrukslandskap (Lillevold, 1987). Ideen om byen Hamar var noe mange nært sterke følelser for (Høiland, 2007), og mange bønder på Hedemarken hadde sterke interesser for en etablering i området. Videre vurderte man en plassering ved utløpet av Lenaelva, der tettstedet Skreia ligger i dag, og utløpet av Hunnselva, hvor det alt var begynt å vokse fram et tettsted ved glassverket (og siden spikerfabrikken) på Gjøvik. Den tidligere nevnte Sommerfeldt hadde på 1790-tallet sett for seg en by på Lillehammer, på bakgrunn av at det alt fantes flere møller og sagbruk langs Mesnaelva. Sommerfeldt knyttet også – som mange andre – opprettelsen av en mjøsby med ideen om å etablere en seilbar kanal fra Mjøsa og ut til kysten (les mer i kapittel 2.5.4.) (Feiring, 2004; Sommerfeldt, 1795). Uavhengig av hvor den nye byen på Innlandet skulle

5 Engelsk oversettelse: «[...] so much time is spilt on long travels to the market towns for buying grain, that one must truly wonder if the farmer at all in this area has got time to improve the soil.»

plasseres, var alle parter enige om at den måtte ligge langs Mjøsa.

Prosessen med å bestemme mjøsbyens plassering gikk over flere tiår. Flere undersøkelseskommisjoner ble oppnevnt, og Stortinget behandlet saken i flere omganger. Til slutt stod valget i 1827 mellom Hamar og Lillehammer, og stortingsflertallet lot seg overbevise om sistnevnte. Noe av argumentasjonen for Lillehammer var industripotensialet i Mesna, og at avstanden til hovedstaden var lengre enn fra Hamar. Plasseringen ved nordenden av Mjøsa og ved inngangen til Gudbrandsdalen gjorde det ifølge tilhengerne til et kommunikasjonsmessig knutepunkt der vanntransport og landtransport møttes (Feiring, 2004). I første omgang fikk Lillehammer bare begrensede byrettigheter; fulle rettigheter fikk byen i 1842.

Etableringen av en by på Lillehammer stilnet ikke ønsket om en reetablering av Hamar. Amtmann og stortingsrepresentant Fredrik Heidmann (1777–1850) og professor Gregers Fougner Lundh (1786–1836) hevdet i 1842 at Lillehammer ikke ville tjene som handelsplass for hele Opplandene (Innlandet). Da Stortinget diskuterte saken og vedtok *Lov om Opprettelsen af Kjøbstaden Hamar* i 1848, var det hensynet til handelen som var det avgjørende, og ikke

industrien som hadde vært viktig i forrige runde (Lillevold, 1987).

Gjøvik ble tildelt kjøpstadsrettigheter av Stortinget i 1860. Selv om glassverket på Gjøvik var blitt nedlagt i 1843, var det gryende industrivirksomhet langs Hunnselva, med for eksempel Holmen brenneri og Mustad fabrikker, og det ble ansett som et egnet sted for videre utvikling. Forkjemperne for en by på Gjøvik ble fra Hamarsiden kritisert for at enda en by langs Mjøsa bare ville sabotere for de to andre. Men forkjemperne for en by på Gjøvik argumenterte for at bøndene i de folkerike områdene på Toten, Land, Valdres og Hadeland (med en samlet befolkning på 72 000 i 1866) hadde behov for et marked hvor de kunne få solgt sine produkter. I tillegg ble den nyetablerte dampskipstrafikken på Mjøsa trukket fram som et argument (Mollgard, 1961).

Som det kommer fram av tabellen over, ble Hamar raskt den største av de tre, mens Gjøvik og Lillehammer utviklet seg til å bli omtrent jevnstore mot slutten av 1800-tallet (Statistisk sentralbyrå, 1878, 1902; *Statistiske Tabeller for Kongeriget Norge: R. 8: Ottende Række : Indeholdende Tabeller over Folkemængden i Norge Den 31te December 1845 Samt over de i Tidsrummet 1836-1845 Ægteviiede, Fødte Og Døde*, 1847). Særlig Gjøvik fikk et oppsving mot slutten av århundret som følge av økt sysselsetting i industrien (Haugstøl, 1954;

Folketelling	LILLEHAMMER	HAMAR	GJØVIK
1835	254	-	-
1845	695	-	-
1855	1 256	1 025	-
1866	1 627	1 868	626
1876	1 551	2 188	1 051
1891	1 832	4 170	1 416
1900	3 111	6 046	3 153

Tabell 2.2: Befolkningsendring i Mjøsbyene 1835-1900

Mollgard, 1961; Wicken, 1982). For Hamar sin del henger veksten særlig sammen med utviklingen av byen som knutepunkt på jernbanenettet (Lillevold, 1987; Stensrud, 1991). På Lillehammer var ifølge Feiring «gullalderen» i perioden 1842 til begynnelsen av 1860-tallet (Feiring, 2004). Dette hang sammen med framveksten av dampskipstrafikken, men også med at Lillehammer i 1842 fikk fulle byrettigheter. Etter en periode med stagnasjon og noe nedgang, dels som følge av den generelle utvandringen til Amerika, begynte Lillehammer også å vokse på 1890-tallet, etter jernbanen kom til byen.

Befolkningsutvikling på 1800- og 1900-tallet

Den store Mjøsbo (Stensrud, 1991) inkluderer en tabell over den senere utviklingen i folketallet rundt Mjøsa, fra 1815 til 1983, dessverre uten å definere hvilke kommuner som er med og ikke.

I tabellen til Stensrud framkommer det at befolkningen økte svært mye i første halvdel av 1800-tallet. Den store befolkningsøkningen både i Mjøsregionen og i Norge generelt på 1800-tallet skyldes trolig flere årsaker. For det første var fødselstallene fremdeles veldig høye, samtidig som barnedødeligheten sank. Koppevaksinen fikk særlig stor betydning etter 1820. For det andre var det færre demografiske kriser enn før: de stadig

tilbakevendende pestepidemiene var blitt borte fra Norge fra omkring midten av 1600-tallet, og etter 1814 ble Norge hverken rammet av krig eller store uår. For det tredje gav jordbruket bedre avkastning og potetdyrkingen fra 1820-tallet bidro til bedre ernæring (Myhre, 2012).

I andre halvdel av 1800-tallet stoppet befolkningsveksten i Mjøsregionen opp som følge av utvandring til Amerika og flytting inn til de større byene, særlig hovedstaden. Mens den norske utvandringen til Amerika tok til på 1830-tallet, var folk fra mjøsbygdene senere ute med å utvandre ifølge Stensrud. Stensrud peker på at forholdene stod bedre til her enn andre deler av landet, og da man lenge hadde tilgang på dyrkningsreserver som kunne ta unna befolkningsveksten (Stensrud, 1991). Men senere utover århundret ble det vanskeligere for folk rundt Mjøsa også, som følge av sterkere konkurranse i jordbruket som følge av kornimport fra andre land. Billigere fraktpriser som følge innføringen av jernbane og dampskip presset kornprisene ytterligere ned, og mekaniseringen av landbruket førte til et lavere behov for innleid arbeidskraft (Myhre, 2012; Stensrud, 1991). Dermed ble det vanskeligere å skaffe seg et levebrød for de som ikke alt eide jord, og mange valgte derfor å reise.

PERIODE	Folketall ved begynnelsen av perioden	Vekst per år i gjennomsnitt, prosent
1815-1865	45 576	1,3
1865-1890	85 596	-0,2
1890-1946	82 290	0,9
1946-1980	133 010	0,7
1980-1983	170 440	0,1

Tabell 2.3: Folketallet rundt Mjøsa 1815-1983 (Stensrud, 1991)

Utover 1900-tallet begynner befolkningen å vokse igjen i Mjøsregionen. I de spredtbygde delene av regionen forholder befolkningen seg nokså stabil, fram til etter 1950-tallet da befolkningen begynte å synke. Den store veksten fant sted i byene og i tettstedene, slik som Kapp og Raufoss utenfor Gjøvik, Brumunddal, Moelv, Stange og Ilseng på Hedemarken og Jørstadmoen utenfor Lillehammer. I de fleste av disse tettstedene er det industrien eller handel som har vært drivkreftene bak folkeveksten, mens det på Jørstadmoen har vært forsvaret. Byenes vekst utover 1900-tallet knyttes både til ytterligere industri og handel, men også til vekst i offentlig tjenesteyting som utdanning og helsevesen (Bjørnhaug, 2000; Gjerdåker, 1998; Ruud, 2010; Stensrud, 1991). For mer om den senere demografiske utviklingen i Mjøsregionen, se kapittel 3.8.

2.4 Fisket i Mjøsa i et historisk perspektiv

Mjøsa er med sine 20 fiskearter en av de mest artsrike innsjøene i Norge. I dag er fisket i Mjøsa primært en fritidssysssel, og av liten økonomisk betydning. I tidligere tider har Mjøsa tjent som spiskammer for befolkningen rundt sjøen, og fisket har gitt folk en kilde til ekstrainntekter ved siden av jordbruket for både bonde og biskop. Men til forskjell fra kysten, har ikke Innlandet hatt rene yrkesfiskere eller helårsbosetninger som er utviklet på grunn av fisket.

Lågåsilden var lenge den mest lønnsomme arten, etterfulgt av ørreten, men i våre dager er forholdet mellom de to artene snudd (Dervo et al., 2017; Stensrud, 1991). Fiskens livsbetingelser er blitt påvirket av menneskelig byggeaktivitet, reguleringsvirksomhet og forurensning, både i Mjøsa og i tilløpselvene, men det er også blitt gjort tiltak for å bedre fiskens levevilkår.

Ca. 4000 fvt.	Funn av helleristninger i Fåberg med fiskemotiv.
1459	Oppføringen av «Fiskekapellet» på Øyra i Fåberg
1855	Opprettelsen av en inspektør for ferskvannsfiskeriene.
1863	Lov av 6. juni 1863 som regulerte redskapsbruken i innlandsfisket
1883	Mjøsens Fiskeriforening stiftet.
1908	Forbudet mot oter og dreggefiske i Mjøsa opphevet
1917	Hartvig Huitfeldt-Kaas publiserte sine undersøkelser i Mjøsens fisker og fiskerier.
1961	Byggingen av Hunderfossen kraftverk. Det menneskelige inngrepet med størst negativ betydning for hunderørreten.
1964	Lov om laksefisket og innlandsfisket
1965	Oppstart av settefiskproduksjon for hunderrørret.
1978 1981	Omfattende fiskeribiologiske undersøkelser i Mjøsa i forbindelse med Mjøsaksjonen.
1992	Lov om laksefisk og innlandsfisk mv. (lakse- og innlandsfiskloven). Gjeldende lov i 2025
2006	Forskrift om fiske i Mjøsa med ifallende elver og bekker i Akershus, Hedmark og Oppland.

Tabell 2.4: Tidslinje: Forhold knyttet til fisket i Mjøsa

Fisket i Mjøsa i førmoderne tid

Fisket i Mjøsa fram til middelalderen

Det er god grunn til å anta at det er blitt drevet med fiske så lenge det har levd mennesker rundt Mjøsa og tilløpselvene. I enkelte steinalderbosetninger i Innlandet er det påvist funn av fiskebein (Rugsveen & Stang, 1996) Vi finner helleristninger i Fåberg fra rundt år 4000 fv.t med motiv av fisk (Rugsveen & Stang, 1996).

Fisket i Mjøsa og tilførselselvene har også vært av betydning i vikingtid og middelalderen. Vår hovedkilde til fisket i middelalderen kommer fra eiendomsoverdragelser og fra forlik og avtaler om fiske på bestemte steder. Det finnes ifølge Rugsveen og Stang også opplysninger om at fisk ble brukt som skattebetalingsmiddel. I *Hamarkrøniken*, et verk av en ukjent forfatter fra midten av 1500-tallet og første gang utgitt på 1700-tallet, skildrer senmiddelalderens Hamar og forteller at byens «borgere og innbyggere fikk der mye pen fisk» (*Hamarkrøniken*, 1986). Som nevnt i kapittel 2.2., hadde bispesetet på Hamar rettigheter både i lågasildsfisket og i ørretfisket på Fåberg, og hamarbiskopens interesse for lågasildsfisket viser seg også gjennom oppføringa av det såkalte «Fiskerkapellet» på Øyra i Fåberg i 1459.

Beskrivelser av fisket i Mjøsa på 1600- og 1700-tallet

Fra 1600- og 1700-tallet finner vi en rekke beskrivelser av artsrikdommen i Mjøsa av typografiske skribenter og opplysningsmenn som Peder Claussøn Friis (1545-1614), Jens Lauridsen Wolf (1583-1660), Erik Pontoppidan (1698-1764), Johan Ernst Gunnerus (1718-1773) og Gerhard Schønning (1722-1780), med flere (Friis, 1881; *Nye samling af Det Kongelige norske videnskabers selskab Skrifter*, 1784; Pontoppidan, 1752; Schønning, 1980; Wolf, 1651) (Norges naturlige historie 1752 bd 2)

Hos Schønning og Pontoppidan finner vi flere beskrivelser av «Lake-Sildens fiskeri» ved Fåberg og på Hedemarken. Pontoppidan gir riktignok ikke arten en så hederlig omtale, da han mener den er «[...] næsten som en anden Sild, men ikke slet saa stor. Af Smag er den og langt ringere og har ingen synderlig Fedme, hvorfor den ikke stort agtes af dem, som have Val.» På den annen side beskriver Pontoppidan Mjøsa som «et af de aller fiskerigeste ferske Vande i Verden», og hevdet at det skal finnes minst 23 «Fiske-Sorter» der (Norges naturlige historie 1752 bd 2).

Bildet av det rike mjøsfisket som skisseres opp hos typografene, utfordres og nyanseres i innberetningene fra samme periode fra embetsmennene rundt Mjøsa, blant annet i den store spørreundersøkelsen i 1743, utstedt av myndighetene i København. Her hevdes det at fisket er av liten økonomisk betydning for flere av områdene rundt vannet, som for eksempel Hedmark sorenskriveri, Toten eller Vang prestegjeld. Dels pekes det på lave fiskebestander, og dels på at fiskeutstyr var svært kostbart. Sorenskriveren i Toten har en annen forklaring, og hevder at den manglende fiskerikdommen skyldes bøndernes «uvidenhed paa fiskerie og endelhs [sic.] slætte evne til at holde fiskerædskep». I Fåberg og i Gausdal prestegjeld derimot, ble det sagt at fisket etter lågåsild og hunderørret var betydelig og lønnsomt (*Norge i 1743: Innberetninger Som Svar På 43 Spørsmål Fra Danske Kanselli : 2 : Akershus Stift : Hedmark, Oppland*, 2004).

Utover beskrivelsene av fisken i Mjøsa, finner man i *Hamarkrøniken* og i mange av de topografiske verkene fra 1600- og 1700-tallet også skildringer av en annen mer mytiske skapning i vannet, den såkalte *Mjøsormen* (eller *mjøsormene*, litt avhengig av hvilken kilde man leser). I *Hamarkrøniken* beskrives den som «en gresselig stor orm som var forferdelig å se. [...] Hans øyne var så store som et karband, og han hadde en stor svart

man liksom en hest og den hang ned på halsen» (*Hamarkrøniken*, 1986). Sjøormen omtales på 1600-tallet hos blant annet Claussøn Friis (1881) og hos Wolf (1651) som et jærtegn som varsler om store endringer. Sjøormen skal både ha varslet om reformasjonen i Europa og om Hamars undergang. Ormen kobles også gjerne til det store og ennå nokså ukjente dypet i Mjøsa. De senere topografene på 1700-tallet, som Erich Johan Jessen (1705-1783) (1763) og Gunnerus (*Nye samling af Det Kongelige norske videnskabers selskab Skrifter*, 1784), er mer kritiske til sjøormens eksistens, men Jessen utelukker ikke muligheten helt. Bare det at de i det hele tatt bruker plass i bøkene sine på å omtale sjøormen, sier noe om ormens betydning og utbredelse som kulturell forestilling. Så seint som i 1917 velger også Hartvig Huitfeldt-Kaas å nevne sjøormen i boka *Mjøsens fisker og fiskerier*, men mer av kulturelle enn vitenskapelige årsaker. For en generell innledning til den kultur- og idehistoriske betydningen av Mjøsormen, anbefales andre bind av *Norsk idéhistorie: Tankeliv i den lutherske stat* (Gilje, 2002).

Fisket i Mjøsa fra 1800-tallet og utover

Næringsfisket i Mjøsa holdt fram utover 1800-tallet, og man forsøkte fra statlig og faglig hold å styrke virksomheten. I sitt oversiktsverk over det norske lakse- og innlandsfisket, skriver Magnus Berg (1986) om hvordan Mjøsa på 1800-tallet ble ansett som særlig velegnet sett fra et økonomisk ståsted til å sette ut fiskearter, på grunn av sin nærhet til hovedstaden og det folkerike omlandet. Magnus Gabriel Hetting (1811–1892), den første inspektøren for ferskvannsfiskeriene i perioden 1855–1874, søkte å gjøre ferskvannsfiskeriene mer lønnsomme. Sammen med zoologen Halvor Heyerdahl Rasch (1805–1883), utførte Hetting banebrytende arbeid for kunstig fiskeoppdrett i norske ferskvann. Lakseyngel ble satt ut i Mjøsa så tidlig som

i 1866-67, uten særlig hell. Senere ble det også satt ut flere arter som regnbueørret, røye og den svenske vänerlaksen, men heller ikke disse artene lyktes i å etablere seg (Berg, 1986).

Lågåsildas lønnsomhet i Mjøsa og Lågen, gjorde at man på midten av 1800-tallet forsøkte å overføre den til andre innsjøer som Tyrifjorden, Randsfjorden og Krøderen. Selv om avstanden fra Mjøsa til disse innsjøene var kort, var arbeidet utfordrende, da lågåsilda ikke tåler å bli transportert som ferdigutvokst, og da klekkingen av nye egg viste seg å være vanskelig. I 1879-1880 lyktes man med forsøket, og man overførte lågåsildrogn til klekkeriet i Vestfossen, og siden til andre steder, men lågåsilda har bare stedvis lyktes å etablere seg i andre vann (Berg, 1986).

Berg skriver også om hvordan fiskeriinspektør Hetting fastsatte regler for fisket i Mjøsa og tilløpselvene for å hindre overfiske av bestandene, da særlig ørreten. Dette innebar bestemmelser for mengde og utstyrsbruk. På 1860-tallet vedtok Stortinget også lover som regulerte bruken av fiskeredskap, og som for eksempel forbød bruken av dynamitt i fisket (Berg, 1986).

Huitfeldt-Kaas og Mjøsens fisker og fiskerier

En særlig viktig kilde til fisket i Mjøsa på slutten av 1800- og begynnelsen av 1900-tallet er Hartvig Huitfeldt-Kaas' bok *Mjøsens fisker og fiskerier* (1917), utførlig behandlet i artikkelen «Mjøsens fisker og fiskerier gjennom 100 år» av Dervo et al. (2017). Biologen Huitfeldt-Kaas regnes som en pioner innenfor feltet. I perioden 1900-1902 bevilget Stortinget ham 8 000 kroner for å gjennomføre fiskeriundersøkelser i Mjøsa, hvor han i tillegg til å beskrive artsmangfoldet og kartlegge fisket, også gjennomførte temperaturmålinger, dybdemålinger og nye rektanguleringsmålinger

av vannoverflaten. Huitfeldt-Kaas' beregninger økte sjøens målte flateinnhold med 3 km². Huitfeldt-Kaas (1917) beskriver et økonomisk godt fiske, men trekker samtidig fram at fangstmengden på hans tid er på vei ned. Årsaken til dette skyldes blant annet feil beskatning, for eksempel for lågåsilden, men Huitfeldt-Kaas antyder også at det for harrens del kan skyldes miljøproblemer og forurensing. Hevingen av vannmengden i Mjøsa, med demningen ved Sundfossen i 1858, regnet han også inn som en negativ miljøfaktor (Dervo et al., 2017).

Dervo et al. (2017) gir i sin artikkel også en kortfattet oversikt over den videre utviklingen i Mjøsas fiskerihistorie, i de hundre årene etter Huitfeldt-Kaas' undersøkelser. Hovedtendensen i perioden er på den ene siden at truslene mot fiskebestanden forsterkes, og at det økonomisk lønnsomme næringsfisket har avtatt. Næringsfisket holdt seg fram mot 2. verdenskrig, men avtok utover etterkrigstiden i takt med utviklingen av den øvrige velstandsutviklingen. Det fisket som nå gjøres er primært for rekreasjon (Dervo et al., 2017).

Flere av utfordringene Huitfeldt-Kaas i sin tid pekte på ble forsterket i løpet av 1900-tallet. Folketallet rundt Mjøsa fordoblet seg i løpet av perioden, og virksomhet i både industri og landbruk brakte med seg stadig større utslipp av næringssalter i innsjøen og tilløpselvene, som fikk holde på uhindret fram til 1970-tallet. Gjødelsavrenning fra jordbruket førte til at mange tilløpselver og -bekker ble uegnet for gyting. Mange av utfordringene ble bøtet på gjennom Mjøsaksjonen, og i dag er vannkvaliteten betydelig forbedret. Annen menneskelig aktivitet, som videreutbygging av jernbane og den massive satsingen på bilvei, har også påvirket fiskens leveforhold. De to utvidelsene av reguleringene ved Svanfossen i henholdsvis 1947 og 1961, har også bidratt til dårligere levekår for fiskearter som er knyttet til strandsona,

som mort, abbor, gjedde og ørret (Dervo et al., 2017). Tilsvarende hadde utbyggingen av Hunderfossen kraftverk på 1960-tallet stor negativ betydning for hunderørreten (Næstad et al., 2023).

2.5 Mjøsa som ferdselsåre og kraftkilde

Mjøsa har i lange tider tjent som ferdselsåre for handel og persontrafikk, både på vannet i sommerhalvåret og over isen om vinteren. I et land, som til forskjell fra resten av Europa i stor grad er preget av elver som fra naturen sin side er lite farbare, med mange store fall og stryk, utgjør Mjøsa med sin lengde på 117 kilometer et vesentlig bidrag til de indre vannveiene.

Lenge var veien over Mjøsa både raskere og tryggere enn landeveien, da utbedrede kjøreveger langs mjøskysten først ble etablert på 1600- og 1700-tallet. Mens disse veiene ble ikke ansett for særlig gode, selv i samtidens standard. Så da dampskiptrafikken tok til på midten av 1800-tallet, valgte de fleste som var på gjennomreise å benytte seg av båttrafikken i stedet. Tilsvarende har det i Mjøsa og i tilløpselvene blitt fløtet tømmer i flere århundrer, fram til det siste slepet i 1980. Trafikken over sjøen har vært av betydning for lokalbefolkningen, men også for tilreisende fra andre deler av landet. Den sentrale plasseringen midt i Innlandet og det lange seilbare strekket, gjorde innsjøen til et sentralt knutepunkt mellom ruter fra Oslo i sør, til Trondheim og Romsdalen i nord over Dovre eller Østerdalen, Bergen i vest over Valdres og til Sverige i øst. Fra 1900-tallet har tog- og biltrafikken utkonkurrert båttrafikken, og i dag er båtferdselen på Mjøsa hovedsakelig en fritidssysse.

1743	Sogneprest Ole H. Hoff i Tøten prestegjeld nevnte hvilken "uskaterlig nytte" det ville ha vært for Opplandene, Christiania og Fredrikstad om Mjøsa ble gjort «navigabel fra havet».
1805	Den kongelig oppnevnte kanalkommisjonen foreslo å bygge kanal mellom Mjøsa og Christiania. Planen strander på grunn av napoleonskrigene.
1824	Kanalinspektoratet lanserte en plan om å kanalisere strekningen fra Mjøsa til Rælingssund.
1841	Første dampskip i trafikk på Mjøsa: Jernbarden (Lillehammer og Minnesund)
1843	Kommunikasjonskomite nedsatt av regjeringen for å arbeide med spørsmålet om å sette Mjøsa i forbindelse med Christiania, ved enten kanal eller jernbane.
1848	Bønder samlet på gården Nordli i Sørumsdal for å drøfte spørsmålet om kanalisering av Lågen og Rauma helt til Romsdalen, i tillegg til forbindelse ned til Øyeren og Oslofjorden.
1854	Hovedbanen åpnet: jernbaneforbindelse mellom Oslo (Christiania) og Eidsvoll. Tidligere kalt Mjøsbanen.
1856	Dampskipet Skibladner satt i trafikk.
1858	Første regulering av Mjøsa i Vormo ved Sundfossen. Anlagt for å gjøre Vormo seilbar mellom Eidsvoll og Mjøsa.
1862	Hamar-Grundsetbanen åpnet: Forbandt Mjøsa med Østerdalen.
1877	Rørosbanen åpnet mellom Hamar og Trondhjem.
1880	Hedmarksbanen ferdigstilt: Jernbaneforbindelse mellom Eidsvoll og Hamar. Dermed var Norges første stambane åpnet (mellom to landsdeler) Åpning av Minnesund jernbanebru.
1894	Forlengelse av Hedmarksbanen til Lillehammer og oppover Gudbrandsdalen.
1902	Gjøvikbanen åpnet: Jernbaneforbindelse mellom Oslo (Kristiania) og Gjøvik.
1910	Andre regulering Mjøsa, ved Svanfoss. Anlagt med mål om å bedre båttrafikken og krafttilførselen i Glommavassdraget.
1918	Glommens og Laagens Brukseierforening stiftet. Interesseorganisasjon for vannkraftprodusentene i Glommens og Gudbrandsdalslågens nedbørfelter. En fortsettelse av Glommens Brukseierforening fra 1903.
1923	Mjøsferga mellom Ringsaker og Gjøvik satt i drift (avviklet 1988).
1940	Vassdragsloven av 15. mars 1940
1951	Hamar-Kapp-ferga ble satt i trafikk (innstilt i 1970).
1980	Siste tømmerslep på Mjøsa
1985	Mjøsbrua mellom Moelv og Biri åpnet.
2023	Åpning av Minnevik jernbanebru, Norges lengste jernbanebru. Anlagt i forbindelse med etableringen av dobbeltspor mellom Hamar og Eidsvoll.

Tabell 2.5 Tidslinje: Transport og regulering



Figur 2.1 Travløp på Mjøsisen (1890-1910?) (Foto: Ole Hansen Løken, Anno Domkirkeodden, lastet ned fra digitalmuseum.no 16. januar 2026)

Trafikken på Mjøsa før 1800-tallet

Båttrafikk i jernalder og middelalder

Ifølge arkeologene Sandodden og Smiseth kan vi anta at varetransporten over Mjøsa har vært omfattende og organisert alt i jernalderen og i middelalderen, særlig under Hamars storhetstid i høymiddelalderen. I jernalderen fantes det ingen kjøreveger, bare enkle tråkk og rideveger, og det var derfor mye raskere å frakte varer med båter på Mjøsa. Fra sagalitteraturen har vi mange skildringer av båtføring på Mjøsa, deriblant av sjøslaget ved Ekornholmen utenfor Feiring på 1200-tallet. Fra perioden før vikingtiden og sagalitteraturen har vi derimot få kilder til båtbruken på Mjøsa (Sandodden & Smiseth, 2015). Det er per i dag ikke gjort noen stedfestede funn av skip i Mjøsa fra jernalder eller middelalderen (Sandodden & Smiseth, 2015), men i 2022 gjorde forskere tilknyttet Oppdrag Mjøsa et funn av et eldre skipsvrak i Storfjorden i Mjøsa. Marinarkeolog Øyvind Ødegård har anslått at vraket kan stamme fra perioden 1300–1900, men utelukker ikke at det kan

være eldre (Bergstrøm, 2024; Kjørstad, 2023). Det er i forbindelse med Oppdrag Mjøsa et mål om å få datert vraket.

Føringsbåter og kongsbåter i tidlig nytid (1500-1800)

Fra 1500-tallet og fram mot midten av 1800-tallet, var det de såkalte *føringsbåtene* som dominerte varetransporten på Mjøsa. De fraktet tøystoffer, tobakk, kaffe, korn, kjøtt, meierivarer, malm, sprit og glassvarer. Denne båttypen er særlig behandlet i masteroppgaven til Andersen-Øzkaraman, *Føringsbåtene på Mjøsa* (2024), skrevet i forbindelse med Oppdrag Mjøsa. Her tar han utgangspunkt i dataene som ble innsamlet ved undersøkelsene av det såkalte *Torgunrudvraket* i 1980 og 2023. Dette er en føringsbåt som skal ha sunket en gang på begynnelsen av 1800-tallet. Andersen-Øzkaraman argumenterer for at føringsbåtene var avgjørende for handelen og samfunnsutviklingen i Mjøsregionen (Andersen-Øzkaraman, 2024). Han tar også til orde for flere vrakundersøkelser i Mjøsa, da han mener at innsjøens størrelse og historikk, og det faktum at det

er ferskvann, tilsier at det er gode sjanser for å gjøre funn av eldre trebåter i Mjøsa.

De såkalte *kongsbåtene* trekkes i litteraturen fram som en annen type viktige båter i perioden 1600-1800. Dette er båter som bøndene langs Mjøsa var pliktige til å bygge og bemanne, og som ble brukt til transport av embetsmenn og øvrighetspersoner på tjenestereise. Den eldste skriftlige kilden som omtaler slike kongsbåter, har vi fra 1662 (Andersen-Øzkaraman, 2024; Berg & Nordsveen, 1996).

Trafikken på Mjøsa 1800-tallet og utover

Innføringen av dampbåter på Mjøsa

Det mest omfattende verket om Mjøsas båthistorie på 1800- og 1900-tallet er verket *Damp- og motorbåter på Mjøsa* (1996), av Arne Julsrud Berg og Arve Marthinus Nordsveen. Boka gir en generell oversikt over utviklingen i båttrafikken over Mjøsa i perioden, men også en detaljert gjennomgang av de enkelte båtene som har gått i rutetrafikk.

Hovedvekten av boka sentrerer rundt dampbåtene, som ifølge Berg og Nordsveen utgjorde en kommunikasjonsmessig revolusjon på Mjøsa. Dampbåtene var både raskere enn seilbåtene, mindre utsatte for værforhold og dermed mer forutsigbare. «Jernbarden» var fra 1840 den første dampbåten som seilte på Mjøsa, og syv år etter fulgte «Dronningen». Dampbåtenes inntog på Mjøsa sammenfalt med etableringen og framveksten av byene Lillehammer (1828), Hamar (1849) og Gjøvik (1861), og med etableringen av de første jernbanene i Norge, med Hovedbanen mellom Christiania og Eidsvold (1854) og Hamar-Grundsetbanen (1862).

Med den første reguleringa av Mjøsa ved Sundfossen i 1858, ble den øvre delen

av Vorma gjort seilbar for større båter mellom Eidsvoll og Minde. På den måten kunne dampbåtene ta imot varene og passasjerene som kom med jernbanen til Eidsvold og frakte dem oppover Mjøsa, og videre i retning av Gudbrandsdalen, Valdres og Østerdalen. Ifølge Berg og Nordsveen var 1874 toppåret for dampskipene på Mjøsa, med hele 105 000 fraktete passasjerer, omtrent halvparten av den nasjonale innsjøtrafikken (Berg & Nordsveen, 1996).

Dampbåttrafikken på Mjøsa spilte også en rolle for turismen i regionen. Båtene tilbød høyere fart for turistene som var på veg opp mot Gudbrandsdalen og høyfjellene for å fiske og jakte, og høy komfort for de som ønsket å reise på lystturer rundt om i Mjøsa, for å for eksempel skue Skreifjellene, domkirkeruinene på Hamar eller gravhaugen på Helgøya. På 1880-tallet var reiselivsvirksomheten omfattende, og det ble bygget hoteller og gårdspensjonat i byene og bygdene rundt Mjøsa. I konkurranse med jernbanen og biltrafikken, rettet skipet «Skibladneren» seg mer inn mot turisttrafikken (Berg & Nordsveen, 1996). Ønsker man å lese mer spesifikt om «Skibladnerens» historie, kan man se på *Skibladner 1856-1981* av Jan H. Olstad (1981).

Jaktbåtene

Det var ikke bare dampbåter å se på Mjøsa etter 1840. Andre halvdel av 1800-tallet var også perioden for de såkalte mjøsjaktene, som vi kan lese om i masteroppgaven til Gjermund Høiby Motland (2024), også skrevet i forbindelse med Oppdrag Mjøsa. Motland skriver at de gamle føringsbåtene, som tidligere hadde stått for transport av bulklast over innsjøen, ble utkonkurrert av dampbåtene hva gjaldt hastighet, kostnader og pålitelighet. Framveksten av teglverkene, brenneriene og andre industribedrifter skapte en etterspørsel etter effektiv bulktransport, som var billigere enn de mer kostbare dampbåtene. Det skapte ifølge Motland

grunnlaget for utviklingen av de billigere jaktbåtene, som med et lite mannskap kunne frakte varer som det ikke hastet å levere, slik som poteter, sprit eller teglstein. Denne båttypen ble utviklet av enkeltpersoner som med kjennskap til den nyeste skipsbyggingsteknologien langs kysten. Jaktbåtene dannet ifølge Motland et unikt båtbyggermiljø ved Mjøsa i nesten hundre år, fra den første båten ble bygget i 1859 og fram til den siste ble hugget i 1958.

Skipstrafikken i en militær sammenheng

Båttrafikken på Mjøsa er også blitt vurdert i en militær sammenheng. I perioden 1895-1905, da uenighetene innad i unionen mellom Norge og Sverige tilspisset seg, og det var frykt for krig, fantes det konkrete planer om å utruste dampbåtene på Mjøsa og Øyeren med kanoner (Berg & Nordsveen, 1996). Tanken var at kanonbåtene skulle drive med oppholdende strid som en del av forsvaret av hovedstaden, og hindre svenskene i å frakte soldater og utstyr over til vestsiden av Mjøsa (Berg & Nordsveen, 1996). «Skibladneren» ble vurdert til å være den viktigste kanonbåten, på bakgrunn av sin høye fart. Planene ble ikke gjennomført, og den mulige trusselen fra Sverige forsvant etter den fredelige unionsoppløsningen i 1905.

Dette var ikke den eneste gangen Mjøsa er blitt vurdert i en militærstragisk sammenheng. I verket *Almindelig Udkast af Krigens Skueplads* fra 1785, skrev Heinrich Otto Scheel (1745-1808) om bruk av Mjøsa i krigssituasjoner, og pekte på den smale strekningen mellom Morskogen og Mjøsa som særlig viktig å vokte (Scheel, 1785). Den senere Bredo Henrik von Munthe af Morgenstjerne (1774-1835) skildret også betydningen av militære båtoperasjoner på Mjøsa, i sitt verk om Bernhard Ditlef von Staffeldts felttog mot Sverige i 1814 (Morgenstjerne, 1827).

Jernbanen og biltrafikken utfordrer dampbåttrafikken

Den gradvise utvidelsen av jernbanenettet utfordret dampbåttrafikkens posisjon. I 1880 ble banen til Eidsvold videreført til Hamar og i 1894 videre til Lillehammer og oppover Gudbrandsdalen. Og i 1902 kom jernbanen fra Kristiania til Gjøvik. Jernbanetrafikken utkonkurrerte den langsgående trafikken mellom Eidsvold og Lillehammer, men båttrafikken på de kortere rutene og fergestrekningene på tvers av sjøen holdt lenge stand. Antallet båter på Mjøsa økte fram til 1930, og den samlede passasjer- og godstransporten var trolig på sitt største rundt 1920.

Til å begynne med var ikke de første bilene noen trussel for båttrafikken. Men utover 1920-tallet ble lastebilene og rutebilene reelle konkurrenter, og stadig flere rutebåter måtte gi tapt på 1930-tallet. Andre verdenskrig satte en foreløpig stopper for bilismen, men med opphevinga av importvernet for tunge lastebiler i 1951 og med frislippet av privatbilrasjoneringa i 1960 og med den massive satsinga på bygging av bilveier, eksploderte biltrafikken.

Passasjergrunnlaget for bilfergene, som Gjøvik-Mengshol økte kraftig helt fram mot etableringen av Mjøsbrua i 1985. Men med etableringa av brua ble det slutt på mjøsfergene, og båttrafikken på Mjøsa er i våre dager i hovedsak for rekreasjon. Innsjøen, som tidligere forbandt mennesker sammen, oppfattes nå av mange som en barriere (Berg & Nordsveen, 1996). For mer om Mjøsbrua og den øvrige veghistorien kan man se til *Mjøsbrua : en vandring i veghistorien* av Erik Johnson (Johnsen, 1992)

Isvegene over Mjøsa

Det er ikke bare ved hjelp av båter at Mjøsa er blitt brukt som ferdselsåre. Lenge ble sleden brukt over innsjøen, da vannet frøs til. Isvegen var å foretrekke langt utover våren, mens landevegene

fremdeles var bløte og vanskelig framkommelige.

Isvegene var viktige for handel og persontrafikk, men samtidig farlige på grunn av råk og overvann (Sandodden & Smiseth, 2015). Vi har også skriftlige kilder fra 1700- og 1800-tall som hevder at reisende risikerte å bli jaget av store ulveflokker over isen (*Norge i 1743: Innberetninger Som Svar På 43 Spørsmål Fra Danske Kanselli : 2 : Akershus Stift : Hedmark, Oppland*, 2004; von Buch, 1813), uten at det er blitt bekreftet noen dødsfall som følge av slike angrep (Bjerke & Linell, 2002; Furseth, 2005).

Den kanskje mest kjente teksten som tar for seg isvegen over Mjøsa er Christian Kroghs novelle «Paa Isa paa Mjøsa» fra boka *Omkring Mjøsa: Interviewer og Skisser* (Krogh, 1909), som på humoristisk skildrer en tilreisendes noe bekymrede møte med vintertrafikken over Mjøsa.

Fra 1920-tallet kjørte også privatbiler og lastebiler over isen (Berg & Nordsveen, 1996). Ettersom det lenge var få bruer på

tvers av Mjøsa, ble isvegene blitt oppfattet som snarveger, som for eksempel mellom Hamar og Helgøy eller Moelv og Biri. Lenge ble isvegene holdt brøytet og staket med offentlige midler (Johnsen, 1992). Men åpningen av Mjøsbrua reduserte behovet for isvegene, samtidig som det nå går lengre mellom hver gang isen legger seg, på grunn av mildere og mer ustabile vintre, som følge av klimaendringer. Offentlige isveger er ifølge Innlandet fylkesarkiv nå å regne som historie (Innlandet fylkeskommune, n.d.).

Tømmerfløting på Mjøsa

Tømmerfløting har også vært en viktig del Mjøsas transporthistorie. Den mest inngående boka om fløting på Mjøsa er *Fløting gjennom århundrer: fløtingas historie i Glomma- og Mjøsavassdraget* av Øivind Vestheim (1998), men også Berg og Nordsveen berører temaet. Vestheim skriver at det er vanskelig å si når tømmerfløtinga tok til, da få skriftlige kilder fra middelalderen skriver noe direkte om tematikken. Fra 1500-tallet har vi flere kilder, som



Figur 2.2 Det siste slepet med fløtingstømmer på Mjøsa (1980) (Foto: Ole-Thorstein Ljøstad, Anno Norsk skogmuseum SJF-F.014427)

lensregnskaper og tollregnskaper, og fra slutten av 1700-tallet har man mer eller mindre sammenhengende arkiver etter fløtingsforeningen i de forskjellige hovedvassdragene (Vestheim, 1998).

Fløting var ifølge Berg og Nordsveen en bedriftsøkonomisk og samfunnsøkonomisk billig transportmåte. I likhet med den kommersielle båttrafikken, har også tømmerfløtingen til slutt måttet gi tapt i møte med bilismen. Det siste slepet på Mjøsa gikk i 1980, da Glomma Fellesfløtingsforening la ned sin virksomhet i Mjøsa (Berg & Nordsveen, 1996).

Selve slepet av tømmer er av liten skade for omgivelsene, foruten at det kan forstyrre den øvrige båttrafikken og fisket. Men tilrettelegging av vassdragene for tømmerfløtingen gjennom opprensning av elvebunnen og dambygging, særlig i mindre elveløp, har påvirket fiskens levevilkår negativt (Vestheim, 1998).

Forslag om kanal mellom Mjøsa og havet

Fra 1700-tallet, utover 1800-tallet og på starten av 1900-tallet ble det av flere aktører, både internt i Mjøsregionen og utenfor, tatt til orde for å lage en seilbar kanal fra Mjøsa og ned til havet. Kanalideene er ikke blitt viet egne artikler eller bøker, men omtales i flere bøker, som for eksempel i forbindelse med skogbruks- og fløtingshistorie (Andersen, 1996; Bødtker, 1945; Fryjordet, 1992; Olsen, 1993), Bård Frydenlunds biografi om Peder Anker (Frydenlund, 2009) eller i boka om Romerikes vannveier av Åge Olav Olsen (Olsen, 1993). Even Næss Bergseng, forfatter av dette kapittelet og deltaker i Oppdrag Mjøsa, planlegger å ta for seg kanalideene i sin ph.d.-avhandling.

En av de tidligste gangene ønsket om en Mjøskanal ble ytret, var av sogneprest Ole H. Hoff i Toten prestegjeld i 1743.

Inspirert av kanalbyggingen i Sverige, skrev han til myndighetene i København, at den «Store Miøs, om den var eller kunde giøres navigabel fra havet af var for alle oplandene, Christiania og Friderikstad uden tvivel en uskaterlig nytte, som det er for Stockholm, og alle de kjøbstæder og provincier omkring Melern.» (*Norge i 1743: Innberetninger Som Svar På 43 Spørgsmål Fra Danske Kanselli : 2 : Akershus Stift : Hedmark, Oppland*, 2004). Tilsvarende mente amtmann Christian Sommerfeldt i 1795 at «[e]n Kanal til at lætte transporten til Søestæderne, og en Kjøbstæd i Oplandene, begge forbundne vil understøtte hindanden og virke kraftigt til at opnaae Øjemedet.» (Sommerfeldt, 1795).

På begynnelsen av 1800-tallet tok godseier og tidligere veidirektøren Peder Anker (1749-1824) initiativ til å utrede en kanalforbindelse mellom Øyeren og Christiania, den såkalte Øyerenkanalen (Frydenlund, 2009). Motivasjonen var i stor grad knyttet til de å lette transporten av tømmer, da Anker og mange andre Christiania-baserte forretningsmenn eide store mengder skog i Mjøs- og Glommavassdraget.

Anker fikk ved hjelp av den svenske byggmesteren Pohl og ingeniøren Samuel Bagge (1774-1814), som begge hadde vært tilknyttet arbeidet med Trollhättan kanal, utarbeidet et forslag til en kanal som forbandt Øyeren med Bjørvika via Nittelva og Nordmarka. Kongen oppnevnte en kanalkommisjon for å vurdere forslaget. Planen fikk støtte, men under forutsetning av at det også ble utredet en forbindelse videre opp mot Mjøsa. Til tross for støtten, strandet planen på bakgrunn av blokaden og krigssituasjonen under Napoleonskrigene.

Mjøskanalen dukker siden opp i flere runder. I 1814 tok Anders Lysgaard (1756-1827), bonderepresentant fra Christians amt, til orde på riksforsamlingen på Eidsvoll at man burde anlegge en kjøpstad ved Mjøsa og at man samtidig

skulle anlegge kanal. I 1824 lanserte kanalinspektoratet en plan om å kanalisere strekningen fra Mjøsa til Rælingssund, men finansdepartementet mente at kostnadene var for høye, og man la planen til side. I 1843 nedsatte regjeringen en komite som skulle arbeide med spørsmålet om å sette Mjøsa i forbindelse med Christiania. De vurderte kanal, men landet på jernbane.

Kanal-ideen gjenoppstod på starten av 1900-tallet. I 1913 presenterte kanaldirektør Sætren sammen med Hans Maximilian Graff en ny kanalplan i Teknisk ukeblad (Sætren, 1913). Denne gangen var planen at kanalen skulle munne ut i Bekkelaget, sørøst for Kristiania, og at båtene skulle gå i tunneller gjennom fjellet. Sætren og Graff var overbeviste om at denne kanalen ville bidra til langt billigere transportkostnader enn hva jernbanen kunne tilby.

En enda mer omfattende idé, var å kanalisere Lågen og Rauma helt ut til Romsdalsfjorden. Denne ideen skal ifølge Tollef Kilde ha blitt drøftet i 1848 av bønder som samlet seg på gården Nordli i Sørumsund (Østlendingen, 1975). Bøndene skal ha ønsket dette i tillegg til et kanalanlegg ned til Oslofjorden. Dersom en slik plan hadde blitt realisert, ville Mjøsa ha utgjort sentrumet i en vannvei som gikk tvers gjennom hele Sør-Norge.

2.6 Vannstanden i Mjøsa: historiske reguleringer og flomhendelser

Vannstanden i Mjøsa er og har historisk sett vært av stor interesse og bekymring for befolkningen rundt Mjøsa, og lenger nedstrøms. Fra naturens side svinger vannstanden i takt med værforholdene, med tørke og flom som hvert ytterpunkt, sistnevnte med *Storøfsen* i 1789 som største i historisk tid; mens man fra

menneskelig hold har kunnet regulere høyden opp til flere meter fra den første demningen ble bygget ved Sundfossen i Vormå i 1858. Fra 1910 har Mjøsa også fungert som vannreservoar for kraftproduksjon lenger nedstrøms.

For høy vannstand, i form av flom, byr på åpenbare utfordringer med tanke på ødeleggelse av materielle verdier og i verste fall liv. Men også for lav vannstand, som for eksempel i mai 2025 vil skape vanskeligheter, som for eksempel med vanning for bønder rundt Mjøsa som er avhengige av å pumpe opp vann fra innsjøen (Nordby, 2025). For lav vannstand kan også skape problemer, særlig på Gjøvik-siden, for båter å kunne anlegge kai, og var et moment i debatten om utbyggingen av de første demningene i Vormå.

Dette underkapittelet vil gi en kort innføring til de viktigste reguleringene av Mjøsa og til de viktigste flomhendelsene som har rammet innsjøen.

Regulering av Mjøsa 1858-1993

Den første reguleringen av Mjøsa (1858) ved Sundfossen, ble som nevnt i kapittel 2.4 bygget for å øke vanddybden i Vormå, og dermed lette helårstrafikken mellom Minnesund og Eidsvoll, slik at dampbåttrafikken kunne korrespondere med togene fra Christiania (Kanalkontoret, 1881; Olsen, 1993). Demningen ved Sundfossen åpnet opp for reguleringshøyde av Mjøsa på 2,5 meter. Sundfossen ble i tiårene som fulgte gjenstand for mye debatt, blant annet om hvorvidt den førte til høyere flomnivå og til skade på fisket, særlig lågasildsfisket.

1824-1827	De første faste målingene av vannstanden i Vorma ved Minnesund.
1858	Første regulering av Mjøsa i Vorma ved Sundfossen. Anlagt for å gjøre Vorma seilbar mellom Eidsvoll og Mjøsa. Reguleringshøyde 2,5 meter.
1903	Glommen Brugseierforening stiftet.
1906	Regjeringen Michelsen tillot Glommen Brugseierforening å regulere vannstanden i Mjøsa ved Svanfoss, uten å konsultere Stortinget.
1907	Stortinget kritiserte regjeringen for avgjørelsen om å gi tillatelse til regulering av Mjøsa, og vedtok at regjeringen ikke kunne gi nye konsesjoner uten å gå gjennom Stortinget.
1910	Andre regulering av Mjøsa fullført ved Svanfoss, med demning og sluser. Anlagt med mål om å bedre båttrafikken og krafttilførselen i Glommavassdraget. Reguleringshøyde 2,2 meter.
1917	14. desember 1917 om ervervelse av vannfall, bergverk og annen fast eiendom kap. 1 og lov av samme dato om vassdragsreguleringer
1918	Glommens og Laagens Brukseierforening stiftet. Interesseorganisasjon for vannkraftprodusentene i Glommas og Gudbrandsdalslågens nedbørfelter. En fortsettelse av Glommens Brukseierforening fra 1903.
1940	Vassdragsloven av 15. mars 1940
1947	Mjøsa II: tredje regulering av Vorma/Mjøsa (Svanfoss). Ytterligere 0,66 meter reguleringshøyde.
1961	Mjøsa III: fjerde regulering av Vorma/Mjøsa (Svanfoss). Ytterligere 0,73 meter reguleringshøyde.
1973	Slusa ved Sundfossen fjernet, som følge av vedlikeholdskostnader og mindre båttrafikk.
1993	Ny sluse bygd ved Svanfossen, som følge av økende interesse for fritidsbåter.

Tabell 2.6: Tidslinje, regulering

Den andre reguleringen, lenger sør i Vorma ved Svanfossen, stod ferdig i 1910. Hensikten bak denne reguleringen var dels for å bote på utfordringer forårsaket av demningen ved Sundfossen, men først og fremst for å regulere vanntilførselen for kraftproduksjonen lenger nedstrøms i Vorma- og Glommavassdraget. Oppføringen av denne nye demningen, omtalt som *Mjøsreguleringen*, var ikke ukontroversiell. For det første fryktet flere kommuner langs Mjøsa, Vorma og Glomma dens innvirkning på fisket, jordbruket og isvegene, og de erstatningskostnadene som ville følge av den økte vannstanden i Mjøsa (*Elektrisitetens forvaltningshistorie 1877-1921*, 2020; *Stortingsforhandlinger*, 1907; Fuglum, 1988; Thue, 2006). Men langt mer kontroversiell ble reguleringen som følge av dens konstitusjonelle og politiske

sider: I 1907 gav regjeringen Michelsen tillatelse til Glommens Brugseierforening til å gjennomføre reguleringen, uten å gå via Stortinget. Dette førte til sterke konfrontasjoner, og regjeringen ble pålagt å ikke gi konsesjoner uten å konsultere Stortinget. Saken var sterkt bidragsytende til at regjeringen Michelsen gikk av i 1907.

Blant de eldre og større elkraftverkene lenger nedstrøms langs Glomma, som Mjøsa fungerer som vannmagasin for, finner vi blant annet Rånåsfoss (1921) i Sørums kommun, Solbergfoss (1924), Kykkelsrud (1903) og Vamma (1915) i Askim kommune, og kraftverkene ved Sarpefossen i Sarpsborg, som Borregård kraftverk (1898) og Hafslund kraftverk (1899).

I senere tid har demningen ved Svanfossen blitt utbedret to ganger, i 1947 (kalt Mjøsa II) og 1961 (Mjøsa III), uten tilsvarende konflikter som i 1907. Konesjonene ble denne gang gitt til den sammenslåtte foreningen Glommens og Laagens Brukseierforening. Reguleringene ved Svanfossen innebar en reguleringshøyde på 2,2 meter i 1907, Mjøsa II økte reguleringshøyden med ytterligere 0,66 meter, og Mjøsa III med ytterligere 0,73 meter. (Glommen og Laagens Brukseierforening, n.d.). Til sammen innebærer dette en reguleringshøyde på 3,61 meter, med høyeste regulerte vannstand (HRV) 123,15 moh.) og den laveste regulerte vannstand (LRV) 119,54 moh. (Holmqvist & Hamududu, 2022).

For mer litteratur om Glommen Brukseierforening og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) (sammenslått fra 1918) og deres rolle i reguleringen av Mjøsa, se (Furuholmen, 1938) for perioden 1903-1938 og de tre jubileumsbindene for tiden fram til 1993 (*Glommens Og Laagens Brukseierforening : [B. 1] : 1918-43, 1947; Glommens Og Laagens Brukseierforening : B. 2 : 1943-1968, 1975; Glommens Og Laagens Brukseierforening : B. 3 : 1968-1993, 1995*). For norsk krafthistorie generelt anbefales *De temmet vannet: Statkrafts tekniske kulturhistorie* (Sekne, 2011) og NVE-rapporten (*Elektrisitetens forvaltningshistorie 1877-1921, 2020*), skrevet av Per Einar. Faugli.

Historiske flommer i Mjøsa

Mjøsa og Mjøsregionen har i alle tider vært utsatt for flom, noen store og ødeleggende. Den største flommen i Mjøsa historisk tid er den såkalte *Storofsen* i 1789, tett etterfulgt av *Storflaumen/Ofsen* i 1860. I senere tid er *Vesleofsen* i 1995 og flommen som fulgte ekstremværet *Hans* i 2023 de mest kjente. Store flomhendelser er blant de naturulykkene som fører til størst økonomisk tap i

Norge årlig, og dette gjelder også for befolkningen og bebyggelsen rundt Mjøsa, selv om skadeomfanget er av et langt mindre omfang enn større historiske flomhendelser i andre deler av verden, som i Kina eller India, hvor antall ofre kan telles i titusenvvis eller hundretusenvvis som følge av større og tettere bosetning og mer ødeleggelse av matjord. En annen skadevirkning av flommene, er forurensningen av vannet som følge av sedimenter, trær og vegetasjon som følger flomvannet, som illustrert under *Storofsen* beskrevet nedenfor, eller rundballer pakket inn i plast i nyere tid, som under *Hans* (Engesmo et al., 2024).

De verste flomhøydene i tilførselselvene, da særlig Lågen, vil ofte dempes og strekkes over tid i et så stort basseng som Mjøsa. Tilsvarende har reguleringen av Mjøsa i nyere tid bidratt til å kutte ned på høydene på de fleste flommene (Holmqvist & Hamududu, 2022), men vil ha mindre innvirkning på de aller høyeste, som vil være omtrent like store som om vassdraget ikke hadde vært regulert (Roald, 2013).

Innføringsverket *Flom i Norge* av Lars Andreas Roald (Roald, 2013) inneholder flere beskrivelser av flommene som har rammet Mjøsregionen og har henvisninger til videre litteratur om flom generelt og flom i Mjøsvasdraget spesielt. Rapporten «Flomberegning for Mjøsa/Vorma» fra NVE (Holmqvist & Hamududu, 2022) kommer også med en kort historisk oversikt over de største flommene i Mjøsa, med beregninger av . De enkelte bygdehistoriske årbøkene og byhistoriene tar ofte for seg flomskader på enkeltsteder. For en generell innføring i historien om flomsikring i Norge, se (Andersen, 1996).

Tidslinje: Forhistoriske og observerte historiske Flomhendelser

ÅR		VANNSTAND ¹
50-1 fVT	Gammelofsen. Stor flomhendelse i Lågenvassdraget. Ukjent hvor stor påvirkning den hadde på Mjøsa.	Ukjent
600-800	Merovingerofsen. Stor flomhendelse i Lågenvassdraget. Ukjent hvor stor påvirkning den hadde på Mjøsa.	Ukjent
1789	Storofsen: Høyeste observerte vannstand i Mjøsa i historisk tid. Observasjon 24. juli.	128,00 moh.
1795	Det såkalte Thesenraset i Vormå førte til at vannstanden i Mjøsa skal ha steget åtte meter.	
1808	Fjerde høyeste observerte vannstand i Mjøsa. Ukjent observasjonsdato.	126,40 moh.
1827	Tredje høyeste observerte vannstand i Mjøsa. Vannstand observert 5. juni. Den første det finnes direkte daglige målinger for.	126,50 moh.
1846	Observasjonsdato 23. juni	125,70 moh.
1860	Storflaumen eller Ofsen. Nest høyeste observerte vannstand i Mjøsa.	127,97 moh.
1863	Flomhendelse i Mjøsa. Observert 26. juni.	125,80 moh.
1910	Flomhendelse i Mjøsa. Observert 18. juni.	125,60 moh.
1927	Flomhendelse i Mjøsa. Observert 11. juli.	126,21 moh.
1967	Flomhendelse i Mjøsa. Observert 7. juni.	125,62 moh.
1995	Vesleofsen. Observert 11. juni.	125,84 moh
2011	Pinseflommen. Observert 16. juni. Mellom 10-20 årsflom.	124,24 moh.
2013	Observert 5. juni.	124,49 moh.
2023	Ekstremværet Hans. Største flom siden Vesleofsen.	125,14 moh
	(Nullpunktet ved Hamars vannmerke.)	(117,69 moh)
	(Laveste regulerte vannstand LRV)	(119,54 moh)
	(Normal sommervannstand etter siste regulering)	(122,80 moh.)
	(Høyeste regulerte vannstand etter siste regulering HRV)	(122,94 moh)



Figur 2.3: Flomsteinen på Hamar. Foto: Øyvind Holmstad

Forhistoriske flomhendelser

Det er først fra middelalderen av at vi begynner å finne skriftlige nedtegnelser av flomhendelser i Norge. Men vi vet fra arkeologisk hold at det er funnet sted større flommer i Mjøsvassdraget i forhistorisk (før-skriftlig) tid, som for eksempel Gammelofsen (50-1 fvt.) og Merovingertidsofsen (600-800) i Gudbrandsdalslågen, som kvartærgeolog Atle Nesje, Ingar M. Gundersen og Rebecca J.S. Cannell har skrevet om i kapittelet «Flommer og flomskred i Gudbrandsdalen i et værmessig og klimatisk perspektiv» i boka *Gård og utmark i Gudbrandsdalen : arkeologiske undersøkelser i Fron 2011-2012* (Gundersen & Kulturhistorisk museum Oslo, 2019). Det er ikke gjort noen studier av hvordan disse flommene i Gudbrandsdalen påvirket Mjøsa, men det kan være grunn til å anta at konsekvensene var tilsvarende som med Storofsen i 1789.

Storofsen i 1789 i Mjøsa

I historisk tid er *Storofsen* i 1789 den største flommen i Mjøsa og på Østlandet generelt. Dette gjenspeiles i dens omtale i litteraturen. Flommen skyldtes svært stor snøsmelting på grunn av høye temperaturer og mye regn. Somrene før hadde vært uvanlig kalde, og med mindre snøsmelting enn vanlig, slik at det i 1789 var større mengder snø i fjellene. I tillegg var telen tykk og tinte seint, så det øverste jordlaget tok opp lite vann da regnværet satte inn. I Mjøsa skal vannstanden ha nådd 128,00 moh. den 24. juli, ti meter over det som den gang var det normale (Hagen, 1995; Holmqvist & Hamududu, 2022; Nordstoga, 2004; Østmoe, 1985; Roald, 2013).

Storofsen krevde ikke liv i bygdene rundt Mjøsa, til forskjell fra Gudbrandsdalen, hvor skadene var enorme og hele 61 mennesker omkom. Det ble funnet flere flomofre i Mjøsa som hadde kommet med Lågen, og som ikke kunne identifiseres (Roald, 2013). Men flommen førte til store

skader på gårdsbruk, og skal ha nådd inn i kirker. Offentlig nedsatte kommisjoner reiste rundt på gårdene og kartla skadene. Skaderapportene er dels bevarte, og gir innsikt i skadeomfanget.

Gunnhild Kolstad (Kolstad, 1988) og Arne Haave (Haave, 1990) har skrevet om skadene *Storofsen* førte til i de ulike delene av det som i dag utgjør Ringsaker kommune, med utgangspunkt i fogdebrev og skademeldingene som ble innhentet av embetsmennene. I Nes sogn var det skade på 29 gårdsbruk på til sammen 784 riksdaler 36 skilling, i Ringsaker 29 gårdsbruk for 940 riksdaler og i Vang på 13 gårdsbruk på 3 987 riksdaler. Gårdsbruk som ble skadelidende kunne ikke søke om direkte økonomisk kompensasjon fra myndighetene, men kunne få innvilget redusert skattebyrde (avtak) i en periode. På vestsiden av Mjøsa ble det søkt om avtak på 21 gårder, hvor vann fra Mjøsa og fra flombekker skal ha skåret renner i åkrene og skyldt jorden med seg (Lauvdal, 1951; Roald, 2013).

Utover de offisielle skaderapportene har vi også andre kilder til de gamle flomhendelsene, fra både offentlig og privat hold, og en rekke avisartikler. For eksempel siterer Kolstad klokkeren Niels Samulelsen, som skal ha skrevet om matmangel i etterkant Storofsen, dels fordi det etter vannet trakk seg tilbake dukket opp en «*saa ubeskrivelig Mængde af den saakallede Lemener, hvilke aade op baade Korn og Høe, saa her fantes lidet igjen hos nogen Mand ved Møsskanten*». (Kolstad, 1988)

En annen kilde til skadene Storofsen førte til i Mjøsregionen er den tidligere nevnte amtmann Sommerfeldt. Han skrev i 1790 at Mjøsa under Storofsen året før «var næsten skjult med Vrag og sasa ureen, at Fiske bleve syge og uspiselige.» Sommerfeldt forteller også at i skrivende har stund, ett år etter flomtoppen, ennå ikke hadde «faaet sin Klarhed igjen». Samtidig var Sommerfeldt opptatt av

at skaden var flomkatastrofen ikke var uopprettelig, og at de oversvømte jordene «i tiden igjen vel blive saa gode, som de forhen vare, eller maaske bedre». (Sommerfeldt, 1795).

Storofsen forsterka den allerede pågående utflyttingen av bønder fra Gudbrandsdalen og Østerdalen, særlig fra de delene som var hardt rammet, til Bardu og Målselv i de indre delene av Troms, som gjenspeiles i dialektene i området (Andersen, 1996; Troms, 1979; Roald, 2013).

En indirekte følge av *Storofsen*, var at det ble opprettet en kanaldirektørstilling i 1804 og etter hvert et eget kanaldirektorat. Direktoratet var først plassert i København, men ble overført til Norge i 1813. Kanaldirektoratet regnes som en av forløperne til Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE) (Andersen, 1996; Roald, 2013).

Flommer i Mjøsa på 1800-tallet

Mjøsa ble igjen råket av storflommer i 1808 og 1827. Flommen i 1827 er den første man har direkte daglige målinger av vannstanden for. Disse målingene ble gjort under ledelse av kaptein Gerhard Schive, som på oppdrag fra kanaldirektoratet hadde gjennomført målinger ved Minnesund fra 1824. (Roald, 2013)

Den største flommen i Mjøsa på 1800-tallet var den såkalte *Storflaumen* eller *Ofsen* i 1860, som rammet store deler av Østlandet. Dette er den nest høyeste flommen i Mjøsa i historisk tid, med en vannstand på 127,97 moh. observert 22. juni. Men skadeomfanget var mindre enn det differansen på 3 centimeter under *Storofsen* i 1789 skulle tilsi, på grunn av forberedelsene som ble gjort.

Det var i forbindelse med denne 1860-flommen at det første flomvarsel i Norge ble gitt, først i Buskerud den 6. april, og deretter i Kristians amt (Oppland), på bakgrunn av de store mengdene

snø som lå i fjellet. Varslet muliggjorde forberedelser, og nær Mjøsa ble kaier og bruer tyngt ned med stein.

Skadevirkningene ved 1860-flommen i Mjøsregionen var likevel påtakelige, særlig i den gjenoppståtte byen Hamar hvor flommen gikk langt oppover husveggene og Strandgaten lå under vann. Lokalhistoriker Lillevold beskriver flommen som en katastrofe for Hamar (Lillevold, 1987). For den endre yngre byen Gjøvik sin del var skadene mindre omfattende, da det først og fremst var den høyereliggende delen av byen som på det tidspunktet var blitt bygget ut, mens tomtene nærere strandlinja bare var stukket ut og ennå ikke utbygd da flommen kom (Mollgard, 1961; Roald, 2013). For Lillehammers del, som i hovedsak ligger et godt stykke oppe fra vannet, var de største skadene knyttet til at tømmerlensa i Mesna brast og at store tømmermengder ble ført ut i Mjøsa (Feiring, 2004; Roald, 2013). På Eidsvoll stasjon skal flommen ha gått halvannen meter over skinnegangene (Andersen, 1996).

Flommer i Mjøsa på 1900-tallet og 2000-tallet

Den neste storflommen som rammet Mjøsa var i 1927, da vannstanden kulminerte på 126,21 moh. den 11. juli. Dette var langt lavere enn 1860-flommen, men høyere enn Vesleofsen i 1995. 1927-flommen førte nok en gang til en oversvømmelse av Strandgaten på Hamar, men også til at skader på Lillehammer (Roald, 2013). Sammenlignet med 1860-flommen er det skrevet betydelig mindre om 1927-flommen og dens påvirkning på Mjøsa. Det samme gjelder flommen i 1967, hvor det den 7. juni ble observert en vannstand på 125,62 moh.

Vesleofsen i 1995 er i større grad behandlet i litteraturen, men fokuset er oftere på Gudbrandsdalen og Glommaområdet enn på Mjøsregionen (Hagen, 1995; Lundquist, 1996; Nordstoga, 2004;

Roald, 2013).⁶ Vesleofsen kulminerte i Mjøsa den 11. juni på 125,84 moh. Det samlede skadebeløpet under *Vesleofsen* ble 1,8 milliarder kroner (1995), og et menneske omkom i Gudbrandsdalen da han forsøkte å kjøre på en oversvømt veg. Flommen førte til et økt behov for kunnskapsinnhenting om flommer. Blant annet satte regjeringen ned utvalg som i 1996 leverte en utredning om flom og flomtilpasning (Njøs, 1996), og det ble startet opp et tverrfaglig forskningsprosjekt, HYDRA, som leverte sin sluttrapport i 2000 (Norges vassdrags- og energiverk & HYDRA (forskningsprogram), 2000).

I etterkant av Vesleofsen har man hatt tre større flommer i Mjøsa, med *Hans* i 2023 som den største (125,14 moh.), etterfulgt av flommen i 2013 (5. juni på 124,4 moh.) og den såkalte *Pinseflommen* i 16. juni 2011 (124,24 moh.) (Roald, 2015).

2.7 Forurensing, Mjøsaksjonen og ammunisjonsdumping

Dette underkapittelet er skrevet av Marton Bay Wærnes, og presenterer litteratur som tar for seg forurensning og dumping i Mjøsa, og om Mjøsaksjonen som utspilte seg på 1970-tallet.

Forurensningen av Mjøsa er tidligere gjort til tema i studier av miljøpolitikken fremvekst i Norge i etterkrigstiden, i en periode hvor nye natursyn bredte om seg og forurensning ble politisert, forstått og håndtert på nye måter. At forurensningssituasjonen i Mjøsa sammenfaller med og inngår i fortellingen om miljøpolitikken fremvekst har

ført til at den tidlige fasen av Mjøsas forurensningshistorie er den best belyste. I Mjøsregionen kulminerte de lokale forurensningsproblemene med storstilt miljøkaksjon, og Mjøsaksjonen har dannet omdreiningspunktet for historisk forskning på forurensning av Mjøsa. Litteraturen som videre presenteres dreier seg hovedsakelig om årsaken og opptakten til, og Mjøsaksjonen selv.

Ammunisjonsdumpingen som foregikk i innsjøen som i dag har fått økt oppmerksomhet og aktualitet illustrerer imidlertid at Mjøsas forurensningshistorie dreier seg om mer enn opptakten til og gjennomførelsen av 1970-tallets Mjøsaksjon.

Masteroppgaven *Forurensning av Mjøsa: Mjøsas helsetilstand forsket frem, formidlet og forstått* skriver Mjøsas forurensningshistorie i tiden etter Mjøsaksjonen ved å basere seg på vitenskapelige rapporter og avisartikler fra perioden 1946-2024 (Wærnes, 2025).

⁶ Til tross for den geografiske nærheten, er det ikke alltid slik at det forekommer flom samtidig i den vestre delen av Glommavassdraget (Gudbrandsdalslågen, Mjøsa og Vorma) som i den østre (Glomma nord for Vormas munning) (Gundersen & Kulturhistorisk museum (Oslo), 2019; Roald, 2013)

Forurensning i Mjøsa frem til Mjøsaksjonen

Eutrofiering, miljøpolitikk og vaskemiddelaksjon

Som en konsekvens av byvekst og økende industri- og landbruksvirksomhet i Mjøsregionen på 1900-tallet økte forurensningen av Mjøsa jevnlig. Intensiteten økte særlig i løpet av etterkrigstiden. På 1960- og 1970-tallet ble det tydelig at det sto dårlig til med miljøtilstanden i innsjøen. Avrenninger fra jordbruket, industrien og befolkningen i Mjøsregionen brakte med seg forhøyede nivåer av næringsstoffer til innsjøen (særlig fosfor) som førte til økt algevekst. Denne prosessen kalles eutrofiering, som betyr overgjødning.

Forurensningen økte i flere vannområder i perioden som en konsekvens av etterkrigstidens samfunnsvekst. Eutrofiering, i tillegg til forurensning, ble tidlig utpekt som hovedproblemene i forurensede vannområder nasjonalt sett (Berntsen, 1994). Mot slutten av 1960-tallet var vannet i Mjøsa så grumsete og illeluktende at det vekket reaksjoner hos lokalbefolkningen, lokalmyndigheter og i fagmiljøer. Prosessene som fant sted i Mjøsa, da innsjøen gikk over fra å kunne regnes som oligotrof (næringsfattig) til å bli eutrof (næringsrik), er beskrevet i blant andre (Nashoug, 1999; Økland & Økland, 1995). Her gis også beskrivelser av fagtermer som dreier seg om *trofigrad* i innsjøer.

Magnus Løkenes masteroppgave i teknologi og vitenskapsstudier fra 2019, «*Blanke Mjøsa klar og rein?*» *Vannforurensningenes veger inn i politikken 1945-1973*, dreier seg om forurensningen av Mjøsa og studerer vannforurensning slik det blir gjort til del av norsk etterkrigspolitikk. Oppgaven studerer perioden fra opprettelsen av Hamar i 1849, til Mjøsaksjonen igangsettes i 1973, favner bredt, og tar for seg temaer som urbanisering, forurensningsmotstand

og miljøpolitikk (Løken, 2019). Oppgaven har bred periodisering og illustrerer hvordan forurensningsproblematikken er i utvikling i tiden før Mjøsaksjonen, som det også gjøres rede for i den vannhistoriske boka *Det viktige vannet* (Johansen, 2004).

Per Østby gjør forurensningen av Mjøsa til tema i sine studier av integreringen av miljøvitenskap i politikken, og utviklingen av forurensningsforskning i Norge. Et arbeidsnotat forfattet av Østby i 1997 er det første i rekken av arbeider som dreier seg om temaet (Østby, 1997). Norsk institutt for vannforskning (NIVA) rolle i kartleggingen og håndteringen av Mjøsas uønskede tilstand er nærgående studert av Østby. NIVA spiller en sentral rolle i overvåkingen av Mjøsa også i dag, da de siden 1972 har foretatt årlige undersøkelser av miljøtilstanden i innsjøen. NIVA opprettes i 1958 blant annet som en konsekvens av at forurensningen av Oslofjorden var svært problematisk i perioden. Den sentrale rollen NIVA får i Mjøsas forurensningshistorie skildres av Østby, og speiles i plassen Mjøsa tar i historier om NIVAs utvikling (Baalsrud, 1996, 2004). Andre sentrale miljøpolitiske institusjoner som etablertes i perioden er blant andre Miljøverndepartementet (1972) og Statens forurensningstilsyn (1974). Østby skildrer miljøpolitiske konfliktmomenter som oppstod da miljøvitenskapen ble en del av den nasjonale politikken i forbindelse med Mjøsaksjonen (Østby, 2004; Østby 2008).

Vaskemiddelaksjonen

Forurensningsmotstanden i Mjøsregionen, slik den kom til uttrykk gjennom husmor-, eller «Vaskemiddelaksjonen», omtales i blant annet den tidligere nevnte masteroppgaven av Løken, i en arbeidsrapport forfattet for Statens institutt for forbruksforskning i 1999, og i Silje C. Fylkesnes artikkel i *MjøsMuseets årbok* fra 2015 (Løken, 2019; Throne-Holst, 1999). Husmødre i Mjøsregionen gikk sammen for å begrense bruken av

1864	Tyfusepidemi på Gjøvik. 8 mennesker mistet livet.
1871-1881	Årlige utbrudd av tyfus på Hamar.
1887	Vassdragsloven av 1887 vedtatt: Forbud mot avfallsutslipp fra industri, men få bestemmelser om hvordan forbudet skulle håndheves
1899	Hartvig Huitfeldt-Kaas utførte de første planktonundersøkelsene i Mjøsa
1931	Tyfusepidemi på Gjøvik. 19 mennesker mistet livet.
1958	NIVA (Norsk institutt for vannforskning) etablert
1970	Sterk algeoppblomstring i Mjøsa.
	NIVAS førte rapport om tilstanden i Mjøsa.
	Vannvernloven vedtatt.
1972	Miljøverndepartementet etablert.
	NIVAS andre rapport om tilstanden i Mjøsa.
1973-1980	«Mjøsaksjonen»
1973	Stortingsproposisjon nr. 2. «Tiltak mot forurensing av Mjøsa» lagt fram av Miljøverndepartementet. Ledet til det som omtales som «Den lille Mjøsaksjonen». Med statlig støtte ble det investert 200 millioner kroner i nye renseanlegg og kloakkledninger på Hedemarken og i Lillehammer, Gjøvik og Vestre Toten.
1974	SFT (statens forurensningstilsyn) etablert: Finansierer og administrerer Mjøsundersøkelsene (1974-1995).
1977	St. prp. nr. 89 (1976-77): «Videreføring av aksjonsplanen for reduksjon av forurensningene av Mjøsa». Saken bevilget 1 milliard kroner. Innledet den såkalte «Store Mjøsaksjonen»
1993	Mjøsas første «friskmelding»: NIVA konkluderer i sin overvåkningsrapport for 1993 med at vannkvaliteten i Mjøsa igjen var like god som i 1950, før forurensningen for alvor skjøt fart.
1996-2002	Ansvar for mjøsovervåkning blir interkommunalt under benevnelsen «Tiltaksorientert overvåkning for Mjøsa med tilløpselver». Overvåkningen ble administrert av Styringsgruppa for interkommunal overvåkning av Mjøsa med tilløpselver
2001 2004	«Giftskandalen»: I 2001 påvises forekomster av en rekke miljøgifter i Mjøsfisken. Resultatet ble presentert i 2004
2003-	Den ideelle stiftelsen «Vassdragforbundet for Mjøsa med tilløpselver» gitt ansvar for og administrerer overvåkning. Forbundet er også vannområdeutvalg og koordinator for arbeidet med helhetlig vannforvaltning i vannområdet Mjøsa.
2009	SFT skifter navn til KLIF (Klima- og forurensningsdirektoratet)
2013	Miljødirektoratet opprettes, etter sammenslåing av KLIF og DN (Direktoratet for naturforvaltning)

Tabell 2.7: Forurensning, sykdom og Mjøsaksjonen

fosfatholdige vaskemidler, da dette var påvist å ha negativ effekt på tilstanden i Mjøsa. Vaskemiddelaksjonen står som et tidlig eksempel på at forbruksmønster endrer seg i tråd med miljømessige hensyn. Den står også som eksempel på at engasjementet for ivaretagelse av Mjøsa bredte seg i «folkedypet», selv om industriell- og jordbruksforurensning hadde vel så stor påvirkning på innsjøens tilstand.

Mjøsaksjonen

I andre halvdel av 1900-tallet kom forurensningen av Mjøsa ut av kontroll. Dette kulminerte i Mjøsaksjonen som fant sted fra 1973–1980, og med senere tiltak for å få bukt med forurensningsproblemene i innsjøen. Det ble bevilget store pengesummer til, og igangsatt tiltak på bred front for å få bukt med eutrofieringsproblemet.

I en rapport utgitt av NIVA i 1973 opplyses det om at Mjøsa er kommet til et punkt hvor eutrofitilstanden kan gripe om seg, og det oppfordres til å arbeides aktivt, på bred front, for å forhindre forurensningstilførsler til innsjøen. Det nyopprettede Miljøverndepartementet under ledelse av Gro Harlem Brundtland la i 1973 frem forslag om statstilskudd til et aksjonsprogram for å oppnå dette (Nashoug, 1999). Tilstanden i Mjøsa fikk med dette nasjonal viktighet. Sommeren 1976 var særlig varm, noe som førte til kraftig vekst av cyanobakterien (blågrønnalgen) *Oscillatoria Bornetii*.

At den voldsomme algeveksten oppsto undervegs i en prosess hvor forurensningsbegrensende tiltak var begynt utført, førte til at Mjøsaksjonen for alvor ble trappet opp. I en stortingsproposisjon fra 1976-77 ble aksjonsplanene videreført (Johansen, 2004; Nashoug, 1999). Mjøsaksjonen ble avsluttet i 1980. Da hadde de forurensningsbegrensende tiltakene redusert fosfortilførselen til

innsjøen med ca. 60 prosent (Nashoug, 1999; Økland & Økland, 1995).

Østby presenterer fire årsaker til at *Mjøsaksjonen* stilnet av etter Mjøsaksjonen. Ukjente variabler var kartlagt, forvaltningsmessig kunnskap økt, forholdet mellom natur og kultur lot seg balansere med teknologiske innretninger, og befolkningen hadde gjennomgått en læreprosess som hadde ført til økt miljøforståelse (Østby, 2008).

Sosiologen Arvid Hallén utarbeidet på oppdrag fra Norsk institutt for by- og regionforskning notater, rapporter og undersøkelser i 1981, direkte i kjølvannet av Mjøsaksjonen. Halléns arbeider gir innsikt i lovgivning og økonomiske aspekter som la grunnlaget for, og aksjonsplanene og de avsluttende fasene for Mjøsaksjonen. Halléns arbeid foregår innenfor prosjektet «Lokale konsekvenser av sentrale vedtak» som omfatter flere ulike sider ved iverksettelsen av aksjonen. Denne litteraturgjennomgangen viser til fire av Halléns arbeider, som på ulike måter kan benyttes som inngang til studier av Mjøsaksjonen, om bakgrunn, måloppnåelse, meninger om, og iverksettelsesprosesser (Hallén, 1981).

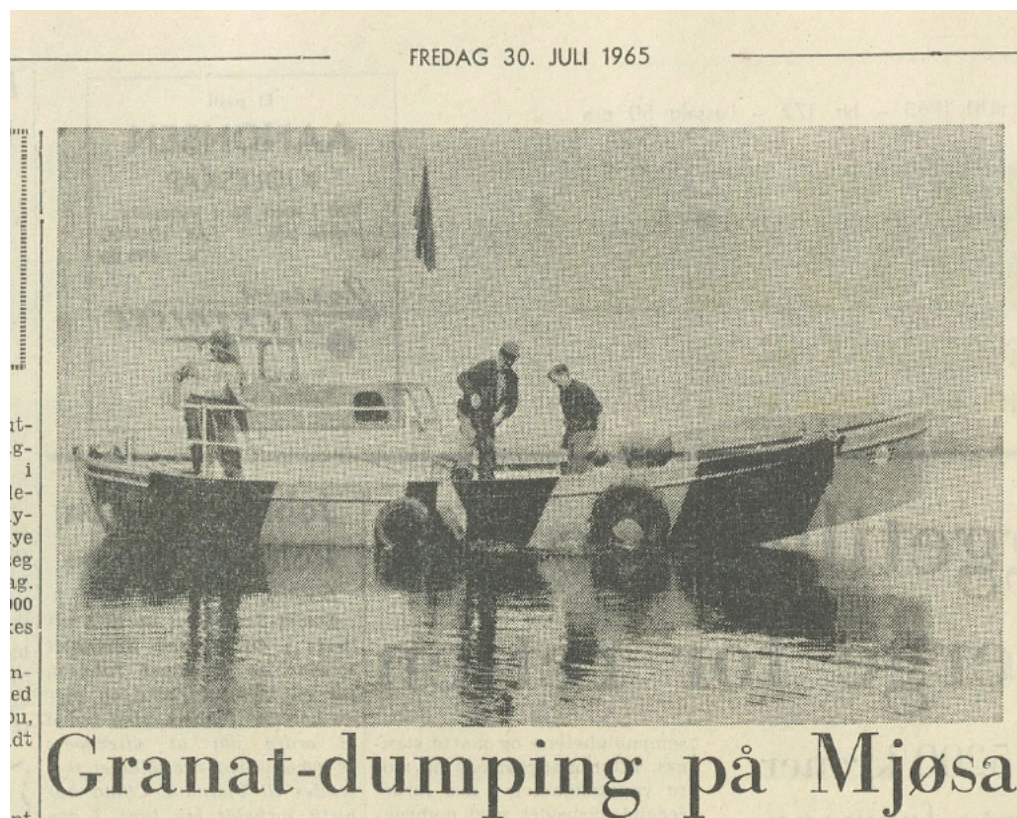
Den praktiske gjennomførelsen av aksjonen strekker seg utover den formelle avslutningen i 1980. Eutrofi-problemet viste seg med tiden å være tilbakevendende, da algeoppblomstring på ny fant sted på midten av 1980-tallet, og det viste seg at forurensningsbegrensende tiltak måtte fullt ut gjennomføres og det måtte arbeides kontinuerlig med vern av Mjøsa (Berntsen, 1994; Johansen, 2004; Nashoug, 1999). Først i 1993 kunne Mjøsa igjen regnes som oligotrof innsjø, men også i nyere tid forekommer algevekst sporadisk på sommerhalvåret. Forurensningen av Mjøsa i kjølvannet av Mjøsaksjonen er ikke nærgående historisk tematisert, men Mjøsas suksessive forurensningsproblemer tematiseres i Wærnes (2025).

Ammunisjonsdumping

Praksisen med å dumpe ammunisjon i Mjøsa har høyst sannsynlig foregått over en 30-års periode fra 1940-tallet frem til 1970-tallet, om ikke lenger. I Raufoss Ammunisjonsfabrikks (RA) arkiver er praksisens oppstart tidfestet til 1942/43, og sluttpunktet til 1971. Mjøsmuseet har imidlertid tidsvitner som tidfester sluttpunktet til 1976. Det råder altså usikkerhet om tidsrommet denne praksisen har foregått innenfor.

I 1999 ble det gjort funn av ammunisjon i Mjøsa, tett på vanninntaket på Gjøvik. I etterkant av disse funnene, ble saken undersøkt nærmere, og det viste seg

at det ble dumpet store mengder med ammunisjon i innsjøen. Wærnes' masteroppgave studerer pressedekning av ammunisjonsdumpingen, for å illustrere hvordan miljøsyn og forståelse av forurensning endret seg over tid. Fra 1940–1960-tallet ble ammunisjonens tilstedeværelse omtalt med nonchalant ro, men da ammunisjonen ble gjenoppdaget i 1999 førte det til telefonstorm hos lokalavisene og ordføreren på Gjøvik ønsket klarhet i saken. RA ble pålagt å gjøre rede for praksisen samtidig som Norske Veritas gjennomfører undersøkelser. Men rapportene som ble utgitt ble stilt i tvil, og er siden påvist å ha vært mangelfulle (Wærnes, 2025).



Figur 2.4 Granatdumping på Mjøsa. Fra avisa Samhold 30. juli 1965

I forbindelse med det historiske forskningsløpet i Oppdrag Mjøsa vil det bli skrevet flere masteroppgaver som dreier seg om RA. I tillegg vil ph.d.-kandidat Vilde Antonie Haug Slottemo ved Oslomet behandle tematikken i sin avhandling.

Det er også utgitt bøker om RAs historie. Thor Wang skrev i 1996 RAs historie med et hundreårsperspektiv, men i og med at boka ble skrevet tre år før dumping ble problematisert, inneholder den ingen informasjon om dumping (Wang, 1996). Steinbakken m.fl. har skrevet to bind om ammunisjonstjenesten i Hæren på tidlig 2000-tall. I det første bind redegjøres det for ammunisjonsdumpingspraksis i tiden etter 2. verdenskrig, hvor det står nevnt at vann ble sett på som særlig egnede dumpeområder, men Mjøsa er ikke nærmere nevnt (Steinbakken m.fl. 2000). Mjøsa er nevnt i andre bind, men da ikke i forbindelse med dumping (Steinbakken m.fl. 2001). Ammunisjonsdumpingen i Mjøsa mangler historisk forskning, og er en sak preget av usikkerhet i forhold til både farlighetsgrad og omfang.

Det finnes ytterligere informasjon om ammunisjonsdumping i kapittel 3 og 5.

2.8 Avslutning

Dette kapittelet har gitt en kortfattet oversikt over Mjøsas og Mjøsregionens historie fra førhistorisk tid og fram mot slutten av 1900-tallet. Kapittelet har presentert noe av det som finnes av historiefaglig litteratur om befolkningsutvikling rundt Mjøsa, fiske, kommunikasjoner, regulering, flom, forurensning, ammunisjonsdumping, miljøaktivisme og miljøovervåkning.

Mjøsregionen har historisk sett vært et relativt høyt befolket område i norsk sammenheng, men som først i senere tid har blitt urbanisert, med unntak av middelalderbyen Hamar. Mjøsa har vært et viktig knutepunkt i kommunikasjonen på Innlandet, men innsjøens betydning som ferdselsåre har endret seg. Tidligere foregikk mye av transporten av passasjer og varer på båter på Mjøsa, med dampbåttrafikken som et høydepunkt. Men utover 1900-tallet utkonkurrerte jernbanen og bilismen den vannbårne trafikken, med oppføringen av Mjøsbroa som et symbolsk slutt punkt. Den tidligere viktige sledeferdselen over mjøsisen vinterstid har også tatt slutt, som følge av klimaendringer. I vår tid oppleves Mjøsa mer som en barriere enn noe som forbinder folk sammen. Men båttrafikk for rekreasjon er stadig populært, og Skibladneren er fremdeles i trafikk for turisters del. Tilsvarende er ikke lenger fisket i Mjøsa like viktig til matauk eller som næringsvei, slik som var tilfellet var i flere århundrer.

Mjøsa er til alle tider vært utsatt for større flomhendelser, med *Storofsen* i 1789 og *Ofsen* i 1860 som de største. Varslingsrutiner og reguleringen av vassdraget har gjort flommene mindre farlige enn tidligere, men skadeomfanget av flom kan fremdeles være stort i våre dager, som under stormen *Hans* i 2023.

Forurensningsproblematikken i Mjøsa, knyttet til utslipp av næringssalter, organisk avfall, kjemikalier og tungmetaller oppstod mot slutten av 1800-tallet, men ble først virkelig problematisk i etterkrigstiden. Den vellykkede Mjøsaksjonen er blitt et viktig omdreiningspunkt i Mjøsas miljøhistorie spesielt, og i den norske miljøhistorien generelt.

Mjøsa er en av mange innsjøer det er blitt utført dumping av ammunisjon i Norge. Men det store omfanget i mengde og den lange utstrekningen i tid, kombinert med nærheten til tettbefolkede områder, gjør den dumping her særlig spesiell. Det er foreløpig uklart når praksisen med å dumpe ammunisjon fra Raufoss ammunisjonsfabrikker tok til i Mjøsa, og når den egentlig tok slutt.

Denne litteraturgjennomgangen synliggjør behovet for mer forskning på særlig ammunisjonsdumpingen i Mjøsa, men også på innsjøens eldre miljøhistorie. Videre understreker den behovet for et samlet oversiktsverk over Mjøsområdet eller Innlandets historie.

Kapittel 3: Sosiopolitisk og kulturell kunnskap om Mjøsa

Hovedforfattere: Preema Ranjitkar og Sindre Johan Cottis Hoff

Bidragstyper: F. Chantel Nixon, Chris Storie, and Joni Storie

3.1 Sammendrag

Dette kapittelet gir en oversikt over de sosiale, kulturelle og politiske dimensjonene ved Mjøsregionen, med vekt på nyere tid og nåtid. Det gjør rede for økonomi, idrett, styring, demografi og helse i området fra ca. år 2000 og frem til 2025. Materialet til denne oversikten ble identifisert ved å søke på søkeordet «Mjøsregionen» i Nasjonalbibliotekets digitale database for den angitte tidsperioden. Supplerende materiale ble innhentet ved hjelp av Google-søk med relaterte søkeord, og fra bidrag fra kyndige eksperter. Alle identifiserte kilder ble gjennomgått kvalitativt med tanke på relevans.

Mjøsregionen er en region der idretten er dypt forankret i samfunnet og en kilde til glede og nytte både for den enkelte og for samfunnet. Det er også en region med en lang historie og rike kulturelle tradisjoner, hvorav mange er nær knyttet til selve innsjøen. Men Mjøsregionen er ikke isolert. Det er en region med sterke indre særtrekk og en region som er nært knyttet til nasjonale og internasjonale forhold. Dette er spesielt tilfelle når det gjelder tilflytting, ressursforvaltning og turisme.

Økonomien har tradisjonelt vært preget av de tilgjengelige naturressursene, hvorav tømmer og dyrkbar jord har vært de viktigste. De siste tiårene har den største økningen i sysselsetting funnet sted i bysentrene, og denne økningen har vært sterkt påvirket av svingninger i norsk

nasjonal økonomi. Befolkningsveksten i regionen har følgelig vært størst i urbane områder. I likhet med i resten av landet har det derfor funnet sted en økende sentralisering – både når det gjelder bomønster, sysselsetting og tjenesteyting. Som en del av en nasjonal sentraliseringstrend pendler et økende antall innbyggere i Mjøsregionen til jobb i Oslo og omegn. Dette gjelder særlig de som bor i de sørlige delene av regionen.

I en verden i endring og med stadig nye utfordringer står regionen overfor utfordringer når det gjelder å opprettholde velstanden og innbyggernes trivsel. To av de største utfordringene er den aldrende befolkningen og forurensningen i innsjøen. Begge deler krever kostbare tiltak. Det er uklart hvordan befolkningen og politikerne i kommunene og fylkene vil reagere på disse utfordringene.

Gjennomgangen avdekker også en påfallende mangel på kunnskap om hvilken betydning Mjøsa og aspekter ved Mjøsa har for private og kollektive goder som identitet, samhold og trivsel. Dette gjør beslutningstakerne dårlig rustet til å vurdere om politikk og prosjekter står i fare for å redusere Mjøsas evne til å levere disse immaterielle verdiene.

3.2 Introduksjon og metoder

Dette kapittelet er en gjennomgang av publiserte arbeider om temaene 1) økonomisk landskap, 2) idrett, 3) innsjøforvaltning, 4) demografi og 5) helse i regionen rundt Mjøsa fra år 2000 til 2025. Søk på disse nøkkelordene i vitenskapelige og akademiske databaser viste imidlertid at det finnes lite fagfellevurdert litteratur som spesifikt fokuserer på disse temaene. Derfor ble innsatsen rettet mot grå litteratur, og et litteratursøk ble gjennomført i Nasjonalbibliotekets database (Nasjonalbiblioteket, n.d.-b). Nasjonalbiblioteket oppbevarer alt materiale som er utgitt i Norge, og gjør det tilgjengelig for et norsk publikum. Fra og med 2006 har de gjort sin samling digitalt tilgjengelig og søkbar på nettet (Nasjonalbiblioteket, n.d.-a), noe som gjør samlingen til et tilgjengelig og kraftfullt verktøy for å finne relevant litteratur utenfor akademiske og vitenskapelige databaser.

Med søkeordet «mjøsregionen» ble det søkt i materiale publisert i perioden 2000–2025. Et sekundært litteratursøk ble utført på Google for å lete etter litteratur som ikke var oppført i Nasjonalbibliotekets database, for eksempel litteratur som ikke var offisielt publisert for et norsk publikum. Det ble søkt på søkestrengen «mjøsa OR mjøsregionen». Kun fagfellevurderte tidsskrifter, bøker, rapporter og artikler fra forskningsinstitutter eller kommuner og fylkeskommuner ble valgt ut. Deretter ble det gjort en kvalitativ vurdering av hvert enkelt dokument med hensyn til om det var relevant for denne gjennomgangen. De dokumentene som ble vurdert som ikke relevante, ble ekskludert fra videre gjennomgang. Dokumenter som ikke i stor grad brukte primærkilder, som bachelor- og masteroppgaver, samt skjønnlitterære verk og memoarer,

ble ekskludert fra gjennomgangen. Vi anerkjenner at dette er en annen strategi for litteraturgjennomgang enn den som ble brukt i kapittel 2, som viser til flere masteroppgaver. Dette var et bevisst valg av kapitelforfatterne, basert på den tilgjengelig litteraturen og stilforskjeller i masteroppgaver mellom de relevante fagdisiplinene. Oppdrag Mjøsas forskerteam og samarbeidspartnere ble også bedt om å komme med anbefalinger til relevante dokumenter.

Selv om denne gjennomgangen hovedsakelig tar for seg Mjøsa og Mjøsas umiddelbare omgivelser, omhandler flere av kildene som er inkludert, et videre område. Disse kildene er tatt med fordi de til sammen gir et bilde av Mjøsregionen, eller fordi de gir informasjon som er relevant for Mjøsregionen og landet mer generelt. Regionene som omtales i dette kapittelet, er Innlandet (det ene fylket som grenser til Mjøsa), Akershus (det andre fylket som grenser til Mjøsa), Hedmark (tidligere fylke på østsiden av Mjøsa, fra 2020 en del av Innlandet), Oppland (tidligere fylke på vestsiden av Mjøsa, fra 2020 en del av Innlandet) og områdene inkludert og rundt regionens største byer Hamar, Gjøvik og Lillehammer.

3.3 Økonomisk landskap

Eksisterende litteratur viser at Mjøsregionen har økonomiske særtrekk med røtter i en industri- og jordbruksfortid. Hovedtyngden av forskningen på økonomi er knyttet til vanlige næringer og markeder fordelt på økonomiske sektorer (landbruk, industri, tjenesteyting og kunnskap) og organisert etter fylke og by. Det finnes en del materiale om utfordringer og muligheter for fremtidig utvikling, som også er organisert på denne måten.

Økonomiske kjennetegn ved Mjøsregionen

Historisk sett har Mjøsregionen hatt et sterk næringsgrunnlag knyttet til et sterkt landbrukspotensial og teknologiske fremskritt. I løpet av det 19. og 20. århundret var regionen et ledende knutepunkt for industriell virksomhet, blant annet produksjon av deler, metallbearbeiding og akevittdestillering. Omleggingen fra selvforsyning til salgsorientert jordbruk var en viktig faktor, og Mjøsregionen var et foregangsområde innen kommersiell matproduksjon (Merok, 2015). Etableringen av destilleringsvirksomheter, som Atlungstad Brænderi, var et tegn på regionens økonomiske styrke. Industriveksten hang sammen med at bøndene søkte avsetning for potetavlingene sine. Også trelast- og papirindustrien blomstret, takket være de rike skogressursene i området (Kristoffersen et al., 2007). Mer informasjon om denne perioden finnes i kapittel 2.

Byene Gjøvik, Hamar og Lillehammer er hyppig omtalt i litteraturen, mens de mindre byene og tettstedene er langt sjeldnere omtalt. Næringsstrukturen i Gjøvik, for eksempel, er preget av en blanding av privat og offentlig virksomhet, med en betydelig vekt på enkelte næringer (Hauge et al., 2014). I privat sektor dominerer bransjene engros- og detaljhandel, industri, metall- og motorvognproduksjon og bygg og anlegg. Offentlig sektor omfatter helse- og sosialtjenester, som sysselsetter omtrent en fjerdedel av arbeidsstyrken. Utdanningssektoren er også betydelig større enn landsgjennomsnittet. Mellom 2000 og 2013 vokste sysselsettingen i Gjøvikregionen med seks prosent, betydelig mindre enn i landet under ett, der veksten var på 16 prosent i samme periode. Den økonomiske utviklingen i regionen er i stor grad preget av nasjonale trender, og den baserer seg fortsatt i stor grad på offentlig tjenesteyting.

Denne avhengigheten gjør også Gjøvik spesielt sårbar for svingninger i nasjonaløkonomien (Hauge et al., 2014).

Hamar er et viktig regionsenter og har 20 % av regionens samlede konsentrerte sysselsetting (Gløtvold-Solbu et al., 2014). Hamar er også kategorisert som et administrativt, økonomisk og servicemessig senter i Innlandet fylke. Byen var administrasjonssentrum i det tidligere Hedmark fylke. Hamar har netto innpendling, det vil si at byen har flere arbeidsplasser enn innbyggere, og at folk pendler inn til byen for å jobbe (Leknes et al., 2016). Hamar er også listet som en av de ti regionene med sterkest vekst i utpendling til andre mellomstore regionbyer (Leknes et al., 2016).

I likhet med Gjøvik og Hamar er Lillehammer også identifisert som et viktig regionsenter. Byen står for 17 % av regionens sysselsetting (Gløtvold-Solbu et al., 2014) og er et viktig turistmål for nordmenn og internasjonale besøkende. Både Lillehammer og Hamar har en relativt høy andel innbyggere med høyere utdanning innen mange fagområder, blant annet naturvitenskap og teknologi. Universitetet i Innlandet har sin største campus på Lillehammer, nærmere bestemt ved fjernsyns- og radiosenteret som ble bygget i forbindelse med OL i 1994. Byen har også andre fasiliteter fra OL, blant annet et OL-museum og et stort hoppanlegg nær sentrum av byen. Maihaugen, Norges største friluftsmuseum, ligger også på Lillehammer og tiltrekker seg et stort internasjonalt publikum hele året.

Økonomiske utfordringer i Mjøsregionen

Ifølge en rapport fra Norsk institutt for by- og regionforskning (NIBR) fra 2004 kjennetegnes Innlandet av en relativt liten befolkning og stor geografisk utstrekning. Det er også en region som har blitt

hengende etter i utviklingen sammenlignet med resten av landet (Johnstad, 2004). Til tross for tilgang på rike naturressurser i form av dyrkbar jord, skog og villmark viste rapporten at Innlandet hadde hatt en svakere næringsutvikling enn resten av Norge. Rapporten pekte også på at Innlandet hadde relativt få FoU-miljøer og lave investeringer i FoU i høyere utdanning, og at det regionale innovasjonssystemet dermed er svakt. Myndighetenes velferdspolitik og økt pendling til Osloregionen har imidlertid bidratt til at sektoren personlig tjenesteyting ligger på linje med landsgjennomsnittet.

Østlandsforskning (Alnes et al., 2009) kom frem til at Hamar hadde høy attraktivitet for bosetting («bolyst»), og fant at aldrende befolkning var en av de faktorene som i størst grad truet den økonomiske utviklingen. Innlandets vedvarende strukturelle utfordringer har blitt omtalt som «Innlandssyndromet». Noen har hevdet at regionens stagnasjon delvis skyldes at regionen har befunnet seg i «oljeskyggen» – det vil si i skyggen av den norske petroleumsøkonomien (Johnstad, 2004). Det var også bekymring for nærheten til Oslo, omtalt som «Oslo-skyggen», selv om de sørlige delene av Innlandet i den senere tid har dratt nytte av økt pendling til Oslo. Hauge et al. (2014) foreslo å knytte byene langs Mjøsa tettere sammen for å utvide arbeidsmarkedet i de mindre byene.

Den økonomiske utviklingen i Innlandet har tradisjonelt vært konsentrert om jord- og skogbrukssektoren. En rapport fra Østlandsforskning analyserte imidlertid trehusindustrien i Innlandet og fant at den hadde utfordringer med å rekruttere faglært arbeidskraft og behov for økt prosessindustrialisering (Kristoffersen et al., 2007). Den anbefalte en omfattende og strategisk reform med vekt på innovasjon, kompetansebygging og nettverksbygging for å fremme utviklingen av trehusindustrien (Kristoffersen et al.,

2007). Det legges også vekt på samarbeid med utdanningsinstitusjoner for å skape vekst i treindustrien.

Økonomiske muligheter i Mjøsregionen

I en rapport fra NIBR fra 2004 anbefales to strategier for å fremme økonomisk vekst og verdiskaping i Innlandet: å utvikle en pendlerbasert befolkning og å fremme eksportrettede næringer (Johnstad, 2004). Infrastrukturutbygging, som den pågående E6-utbyggingen, gjør det enklere å pendle og gjør det mulig for flere å delta i omkringliggende arbeidsmarkeder. Lein et al. (2003) undersøkte hvordan investeringer i transportinfrastruktur kunne føre til økonomisk vekst i Hedmark og Oppland. En spørreundersøkelse blant bedrifter i Hedmark og Oppland viste at godstransport er viktig, at det er behov for pålitelighet og forutsigbarhet, og at transportalternativene har stor betydning for kundene. Undersøkelsen viste videre at biltransport var den viktigste transportformen for både ansatte og kunder, men også andre transportformer var av betydning.

Alnes et al. (2009) fant at Hamars attraktivitet som bosted var avhengig av at folk pendlet til og fra jobb. På samme måte beskriver *Gardermoen 2040: Strategisk utviklingsplan for Gardermoen* hvordan endringer på Gardermoen lufthavn kan bidra positivt til utviklingen av regionen, med tanke på nærheten. Personer fra Gjøvik, Hamar, Lillehammer og Eidsvoll ble invitert til å delta som ressursgrupper for denne rapporten. Rapporten antydte at reisetiden mellom Hamar og Gardermoen kunne reduseres til så lite som 35 minutter, noe som kunne resultere i ulike muligheter for næringsutvikling (Akershus Fylkeskommune, 2007). I skrivende stund er ikke disse transportforbedringene gjennomført, og det tar fortsatt mellom en time og tjue minutter og én time og

tretti minutter å reise mellom Gjøvik og Gardemoen.

I en rapport fra Transportøkonomisk institutt defineres Mjøsregionen som Hamar-, Lillehammer- og Gjøvikregionen (Strand & Engebretsen, 2005). Hvis transport- og pendlingstider innad i regionen er en indikator på regional interaksjon, og man tar hensyn til den relative stabiliteten i befolkningen i Hedmark og Oppland fra 1980-tallet til 2000-tallet, har det vært en relativ og absolutt økning i den regionale interaksjonen. Med regional interaksjon mener vi de måtene ulike steder henger sammen og påvirker hverandre på. Samtidig er endringen kjennetegnet av vekst i pendlingen inn mot Oslo, særlig fra Hamar og Gjøvik. Denne trenden støttes også av en rapport fra Østlandsforskning fra 2014 som fant at interaksjonen mellom mjøsbyene ikke er spesielt omfattende sammenlignet med pendling til Oslo/ Akershus (Gløtvold-Solbu et al., 2014). Én ting det er verdt å merke seg, er at pendlingen mellom Hamar og Gjøvik har økt betydelig, noe som trolig har sammenheng med Mjøsbrua, som åpnet i 1985 (Strand & Engebretsen, 2005).

Samarbeid innenfor og utenfor Mjøsregionen er et annet gjennomgående tema i litteraturen som er gjennomgått i forbindelse med denne rapporten. NIBR-rapporten anbefalte utvikling av et eksportbasert næringsliv, med vekt på tradisjonelle næringer og utvikling av nye næringer (Johnstad, 2004). I dokumentet understrekes viktigheten av regionforsterkende tiltak, blant annet utvikling av grunnleggende institusjoner og infrastruktur for kultur, forskning og utdanning. Etableringen av Universitetet i Innlandet i 2020 var for eksempel et av resultatene av slike anbefalinger. Det ble også lagt vekt på å styrke infrastrukturen og samarbeidet i Mjøsregionen og resten av Innlandet. Dokumentet understreker også at retningen og formen på utviklingen i Innlandet kan påvirkes av strategiske

partnerskap og koalisjoner (Johnstad, 2004). *Fylkesplan for Hedmark (2009–2012)* inneholdt lignende formuleringer om politikk for fylket, for regionalt samarbeid og for regionene i fylket (Hedmark Fylkeskommune, 2008).

Et dokument som beskriver Hedmarks regionale politikk og planlegging for perioden 2009–2012 (med en langsiktig visjon til 2020) inkluderte strategier for økonomiske muligheter (Hedmark Fylkeskommune, 2008). I dokumentet understrekes betydningen av forskning og utvikling som en driver for innovasjon og økonomisk vekst. Det ble oppfordret til å styrke samarbeidet mellom forskningsinstitusjoner, næringsliv og regionale myndigheter gjennom initiativer som opprettelsen av et Innlandsuniversitet. Planen fremhevet også viktigheten av samarbeid mellom Østlandsregionen, Innlandet og tilstøtende områder i Sverige.

I løpet av det siste tiåret har de to høyskolene i Mjøsregionen gått over til å bli universiteter. Høgskolen i Gjøvik fusjonerte med Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i 2016, og Høgskolen i Innlandet ble til Universitetet i Innlandet i 2024 (Regjeringen, 2024). Som nevnt ovenfor har forsknings- og utdanningsinstitusjonene i regionen hatt stor betydning for verdiskapingen, og det er bred enighet om at overgangen til universitetsstatus og de mulighetene som følger av dette, vil gjøre disse institusjonene i stand til å bidra vesentlig til regional utvikling (Jenssen, 2016).

3.4 Idretten og dens betydning for Mjøsregionen

En rapport fra Østlandsforskning har vurdert verdien av idretten i Innlandet ved å sammenstille eksisterende data om temaet (Malasevska, 2024). Rapporten beskriver hvordan idretten er organisert og finansiert i Norge. Per 2022 hadde Innlandet (ikke bare områdene rundt Mjøsa) 688 idrettslag med 124 944 medlemmer og 107 593 aktive utøvere. Det var 5928 idrettsanlegg i Innlandet, hvorav 67 % var ordinære anlegg og 32 % var nærmiljøanlegg. Rapporten inneholdt en detaljert oversikt over anlegg og eierforhold, og over idrettens økonomiske verdi, som omfatter både monetære og ikke-monetære elementer. I 2022 var den totale økonomiske verdiskapingen i idrettsnæringen i Innlandet på 1,15 milliarder kroner, 18 % mer enn i 2018. Verdien av idrettens frivillige arbeid ble anslått til ca. 1,3 milliarder kroner. Rapporten anslo verdien av helsegevinsten ved økt fysisk aktivitet blant medlemmene i idretten ved hjelp av konseptet QALY (kvalitetsjusterte leveår),

som er en metode for å vurdere verdien av medisinske tiltak. Rapporten beregnet også verdiskapingen per medlem i idretten til ca. 89 000 kroner årlig i 2022. Rapporten anslår også at verdien av det frivillige arbeidet i Innlandet var ca. 1,3 milliarder kroner (Malasevska, 2024).

Østlandsforskning's idrettsrapport fokuserte ikke spesifikt på Mjøsregionen, men inneholdt spesifikk informasjon for de største byene ved Mjøsa: Gjøvik, Hamar og Lillehammer (Malasevska, 2024). For eksempel var den økonomiske verdiskapingen fra arrangementer som ski-NM på Vind i 2023 på ca. 10 millioner kroner for Gjøvikregionen. Lillehammer mottok til sammen 34,47 millioner kroner i tilskudd mellom 2018 og 2022. Samlet sett ligger den ikke-monetære verdien av idretten i Innlandet i dens evne til å øke forventet levealder, gi helsegevinster, samfunnsutvikling og velferd, støtte mental helse, skape en følelse av fellesskap og fremme frivillighet.



Figur 3.1 Fritidsseiling på Mjøsa (Foto: Jan Tore Bern)

Vinter-OL på Lillehammer i 1994

Vinter-OL og Paralympics i 1994 var de største idrettsarrangementene i Lillehammers og den omkringliggende regionens historie (Haugerud, 2015). Det å arrangere OL var en stor og utfordrende oppgave for den lille byen. OL-vertskapet innebar at kommunen ikke bare bygde nye idrettsanlegg av internasjonal standard, men også større medisinske anlegg, boliger, vann- og avløpsanlegg, kommunikasjonskanaler, kunst- og kulturmonumenter og samferdselsanlegg som Lillehammer skysstasjon (Haugerud 2015). Lillehammer-OL ble planlagt og gjennomført før man ble opptatt av at store idrettsarrangementer skal etterlate seg en legacy («arv»). Likevel var hensynet til etterbruk sentralt for lokale aktører fra det øyeblikket OL-ideen ble foreslått. Etterbruk var faktisk en viktig motivasjon for å legge OL til Lillehammer og Innlandet, sammen med tanken om at det ville utløse investeringer og anlegg som ville skape gevinster på lengre sikt. En rapport fra Universitetet i Innlandet beskriver hvordan de ulike idretts-, kultur-, medie- og overnattingsfasilitetene som ble bygget til OL i 1994, har blitt tilpasset og gjenbrukt (Lesjø & Syversen, 2021). I februar 2019 feiret man 25-årsjubileet til OL på Lillehammer. Formålet var å synliggjøre arrangementets betydning for hele Innlandet, vise betydningen av frivillig arbeid og å videreutvikle OL-arven for fremtiden. Også andre kommuner med OL-arenaer, som Gjøvik, Hamar, Ringeby og Øyer, arrangerte jubileumsfeiringer. Feiringen, som samlet 10 000 mennesker til hovedarrangementet og kostet 1 174 000 kroner, viser at OL i 1994 fortsatt betyr mye for befolkningen i området. Detaljer om feiringen og pressedekningen finnes i en rapport fra Lillehammer kommune (2019)

Tekstboks 3.1: Vinter-OL 1994

3.5 Forvaltning av Mjøsa

Eierskap til land og skog rundt innsjøen

Informasjonen i dette avsnittet inneholder stoff som gjelder norsk skogforvaltning mer generelt. Den er tatt med her for å gi en bredere kontekst for forhold knyttet til skog- og arealforvaltning som må tas hensyn til i Mjøsregionen.

Lindstad & Solberg (2012) viser at internasjonal politikk påvirker Norges nasjonale skogprogram, skogvern, medvirkning og politikkevalueringer. Internasjonal politikk for bærekraftig skogforvaltning intensiverte det nasjonale

fokuset på vern av produktiv skog, muligens på grunn av kunnskap om hvilke negative effekter skogbruk har på biologisk mangfold (Lindstad & Solberg, 2012). Helseth, et al. (2023) hevder at det finnes verdiasymmetrier i norsk skogforvaltning, og peker på hvilken rolle institusjoner og makt dynamikk spiller i utformingen av oppfatninger og preferanser knyttet til skogens økosystemtjenester og verdier. I deres studie prioriterer de fleste respondentene økosystemtjenester med relasjonelle og iboende verdier, som rekreasjon og biologisk mangfold, fremfor økosystemtjenester med instrumentelle verdier, som tømmer. Kvinner og ikke-skogeiere verdsetter relasjonelle verdier høyere enn menn og skogeiere, som i større grad verdsetter instrumentelle tjenester. Norsk skogforvaltning, derimot, domineres av tømmermarkeder og kost-

nytte-analyser, som favoriserer nytte, effektivitet og instrumentelle verdier.

Skogbruket i Norge er preget av småskalabønder som kombinerer skogbruk og jordbruk. Denne strukturen er basert på den norske topografien, varierende produksjonsforhold og eierstrukturen i norske skoger. Ifølge Statistisk sentralbyrå (2024a) utgjør skog nesten halvparten (49,7 %) av landskapet i Innlandet, etterfulgt av åpen fastmark / bart fjell, grus- og blokkmark (31,9 %), åpen myr (6,5 %), ferskvann (5,3 %), jordbruk (4,3 %), bebyggelse og anlegg (1,8 %) og varig snø, is og bre (0,6 %). Lavt uttak av tømmer og aktiv skogskjøtsel har ført til at både stående volum og tilvekst i 2011 var mer enn fordoblet siden den første Landsskogtakseringen i 1932. Mengden død ved, gammel skog og løvskog, som er viktig for det biologiske mangfoldet, har økt betydelig i samme periode.

Norsk skogpolitikk er basert på et bredt spekter av tiltak som lovgivning, beskatning, økonomiske støtteordninger, forskning og rådgivende organer. Norges forpliktelser i henhold til internasjonale avtaler er også inkorporert i norsk lov, det vil si de kriteriene for bærekraftig skogforvaltning som er fremforhandlet innenfor rammen av det skogpolitiske samarbeidet i Europa. Skogbruksloven har som formål «å fremme en bærekraftig forvaltning av skogressursen med sikte på aktiv lokal og nasjonal verdiskaping, samt å sikre det biologiske mangfoldet, hensynet til landskapet, friluftslivet og kulturverdiene i skogen». Skogbruksloven gjelder for alle kategorier skogeiere (det norske skogselskapet, 2011).

En forskrift til skogbruksloven pålegger skogeiere å sette av en del av inntektene fra skogbruket til et skogfond. Midlene fra skogfondet skal brukes til langsiktige investeringer i bærekraftig skogforvaltning, som skogskjøtsel, bygging og vedlikehold av veier, skogbruksplanlegging og miljøtiltak. En skogeier er forpliktet

til å sette inn mellom 4 og 40 % av bruttoinntektene fra salg av tømmer og ved til et fond, som forblir knyttet til eiendommen. Skogeieren stimuleres til å bruke fondet aktivt, ettersom bare en del av pengene som blir investert i eiendommen, blir beskattet. Noen regioner, hovedsakelig på Vestlandet og i Nord-Norge, har ingen tradisjon for kommersielt skogbruk. Disse regionene blir prioritert ved tildeling av støtte, noe som betyr at regioner som prioriterer kommersielt skogbruk, som for eksempel områdene rundt Mjøsa, får mindre støtte. Disse støtteordningene administreres på regionalt og lokalt nivå.

Med 46 kommuner og minst 12 allmenninger (identifisert ved hjelp av elektroniske kilder) i Innlandet er det en del analyse- og beslutningsutfordringer som må overvinnes i forvaltningen av Mjøsas nedbørfelt og dets omgivelser for at man skal oppnå en mer helhetlig tilnærming og en mer bærekraftig økologi. Avdelinger i kommunene rapporterer om og forvalter skog og utmark, jordbruk, husdyrhold, velferdsordninger, konsesjon og eiendom, og landbruksbasert næringsutvikling. I Innlandet, som i mange andre fjell- og bygderegioner i Norge, finnes det også uformelle rettigheter til, og fellesforvaltning av, historisk anerkjente allmenninger. Allmenningene forvaltes hovedsakelig av lokale bønder, og virksomheten omfatter virksomhet som beite, skogsdrift og forvaltning av jakt- og fiskerettigheter. I den senere tid har den også omfattet hytteutbygging.

Vang Almenning på østsiden av Mjøsa gir denne beskrivelsen (Vang Almenning, 2024) (besøkt 10. oktober 2024 <https://vangalmenning.no/wp/almenningsbestyrer-gar-av-med-pensjon/>);

Vang Almenning er en bygdealmenning i Hamar kommune og en anerkjent skog- og utmarksforvalter i Innlandet.

Virksomheten er organisert som en forening (FLI) og eies av 356 bruksberettigede grunneiere. Almenningen har et areal på hele 221 500 dekar, hvorav 108 000 dekar er produktivt skogbruksareal og 53 000 dekar er vernede områder. I hele almenningen blir det drevet aktivt beitebruk med sau og storfe. Virksomheten er mangfoldig og omfatter skogsdrift, tilrettelegging for hytteutbygging, eiendomsutvikling, utleie, salg og jakt og fiske, produksjon av grusmasser og ikke minst å tilrettelegge for friluftsliv, idrett og aktivitet – hele året.

Totalt hadde Vang Almenning en omsetning på ca. 31 millioner i 2023 og har en solid økonomi, med god likviditet og lønnsomhet. Almenningen har kontorsted i et nytt flott bygg på Gåsbu i Hamar, og området er en av de største utfartsstedene i regionen, spesielt på vinterstid. Vang Almenning ønsker å være en aktiv samarbeidspartner og positiv samfunnsaktør for alle interessenter og legger til grunn en langsiktighet og bærekraftig utvikling og drift av virksomheten.

Fra 2013 til 2023 eide enkeltpersoner eller andre private eiere i gjennomsnitt 96 % av de nasjonale skogeiendommene (SSB, 2024). Staten, kommuner og fylkeskommuner eide ca. 1 %, mens ca. 2 % tilhørte dødsbo. Selv om bygdeallmenningene eier mindre enn 0,045 prosent av skogsområdene, er medlemmene blant de enkeltpersonene som eier skogområder i disse områdene. I 2009 hadde Norge 120 000 skogeiere med mer enn 2,5 hektar skog, 97 prosent av disse eiendommene er privateide og utgjør 80 % av det totale produktive skogarealet. Gjennomsnittsstørrelsen på privateide gårder med skogressurser er 45 hektar. I 2021 var det registrert nesten 125 000 skogeiendommer i Norge, med en gjennomsnittlig størrelse på 560 dekar

produktivt skogareal. Enkeltpersoner som eier et mindre skogområde hver, eier til sammen rundt 75 % av skogen. De siste 25 % eies for det meste av private institusjoner, stat, kommune eller fylkeskommune (Aasetre & Bele, 2009). Nasjonalt eierskap til skogsområder er relevant for Mjøsområdet fordi det som skjer i én del av landet, påvirker andre områder med hensyn til fordeling av goder, støttetjenester, ressurser og skatter.

Hvem eier vannet?

Det finnes motstridende rapporter om hvem som teknisk sett eier vannet i Mjøsa. Det er en relevant problemstilling, siden Mjøsa er drikkevannskilde for tusenvis av mennesker rundt innsjøen. Vannet brukes også til vanning og vannkraft. Utover disse instrumentelle bruksområdene er det viktig å bevare naturmiljøet, kulturminnene og kulturlandskapet i Mjøsregionen, og dette gjelder også selve innsjøen. Det er nødvendig å sikre at vannet er rent nok til å opprettholde plante- og dyreliv samt rekreasjonsaktiviteter som fiske og bading.

Selv om eierskapet til og forvaltningen av vannet i Mjøsa er ganske komplisert, fant vi en rapport med tittelen *Det gode liv ved Mjøsa* som beskriver et prosjekt fra 2007–2008 som hadde som mål å lage omforente retningslinjer for en bærekraftig utvikling av Mjøsas strandlinje (Styringsgruppa for Prosjekt strandsone Mjøsa, 2008). Prosjektet involverte flere kommuner og fylker, og oppdaterte retningslinjene fra 1995 for å balansere miljøvern og økt adgang for allmennheten. Rapporten inneholder en analyse av arealbruk, tilgjengelighet og hindringer for allmennhetens adgang til strandlinjen. Rapporten kommer også med ideer til fremtidige initiativer for bærekraftig utvikling med vekt på turisme, rekreasjon og innbyggermedvirkning. Den understreker behovet for en balansert vekst rundt innsjøen, basert

EUs rammedirektiv for vann (vanndirektivet)

EUs rammedirektiv for vann (vanndirektivet) er et omfattende juridisk instrument som skal fremme god vannkvalitet og ivareta så vel økologisk integritet som menneskelige behov. Norges vedtakelse av vanndirektivet i 2008 førte til en større omorganisering og restrukturering av det nasjonale vannforvaltningssystemet (Regjeringen, 2025). Et sentralt trekk ved EUs vanndirektiv er den økosystembaserte forvaltningstilnærmingen (Hanssen et al., 2016), som legger vekt på å organisere vannforvaltningen rundt naturlige nedbørfeltgrenser – i såkalte nedbørfeltdistrikter – i stedet for tradisjonelle administrative inndelinger som kommuner, fylker eller stater. I Norge kalles brukes begrepet vannregion om disse nedbørfeltdistriktene. Hvert nedbørfeltdistrikt (eller vannregion) deles deretter inn i flere delnedbørfelt, igjen basert på naturlige hydrologiske grenser. I Norge brukes begrepet vannområde om disse delnedbørfeltene. Mjøsa ligger, i henhold til denne organiseringen, innenfor Mjøsa vannområde, som igjen ligger innenfor Glomma vannregion. For hver vannregion utnevnes et fylke som vannregionmyndighet. For Mjøsa er det Østfold fylkeskommune som er vannregionmyndighet (Miljødirektoratet, 2020). EUs vanndirektiv er gjennomført i det norske lovverket gjennom vannforskriften. Selv om Miljøverndepartementet og Miljødirektoratet er den sentrale myndigheten for vannforvaltningen i Norge, innebærer det desentraliserte og polysentriske norske forvaltningssystemet at kommunene og sektormyndighetene har plikt og myndighet til å gjennomføre vannforskriftens krav (Lovdata, 2006). EUs vanndirektiv implementeres gjennom seksårige sykluser. I hver syklus skal nedbørfeltdistriktene og delnedbørfeltene sende inn dokumenter om planer for vannforvaltning og de viktigste utfordringene i sine respektive områder. Dokumentene fra 2016 til 2023 er tilgjengelige på vannportalen.no.

Tekstboks 3.2: EUs rammedirektiv for vann (vanndirektivet)

på prinsippene for bærekraftig utvikling. Et hovedtema er å øke allmennhetens adgang til Mjøsas strandlinje. Det er behov for gang- og sykkelstier og tilgangspunkter for kano, kajakk og båt for å gjøre strandlinjen mer tilgjengelig for allmennheten. Rapporten har som mål å gi veiledning for arealplanlegging i strandsonen. Den etablerer en sone på 100 meter fra strandlinjen med spesifikke byggerestriksjoner, samtidig som den åpner for visse typer utvikling utenfor denne sonen. Rapporten foreslår at kommunene bør vurdere å opprette «hensynssoner» bakenfor denne 100-meterssonen der det kan tas hensyn til strandlinjens unike egenskaper (Styringsgruppa for Prosjekt strandsone Mjøsa, 2008).

Før EUs rammedirektiv for vann ble vedtatt i Norge, foreslo Helleberg og Nordhagen (2003) å opprette et vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene. Forfatterne pekte på at forvaltningsstrukturen var fragmentert, og at det var behov for en slik samordnet og enhetlig tilnærming for å sikre effektiv forvaltning av vannressursene. Formålet med et slikt forbund skulle være å oppnå samsvar med EUs vanndirektiv og ivareta interessentenes interesser. Dokumentet til Helleberg og Nordhagen (Helleberg & Nordhagen, 2003) beskriver videre hva slags organisasjonsstruktur, økonomisk planlegging og samarbeid et slikt forbund ville kreve. Vassdragsforbundet eksisterer i dag som et sentralt koordinerende organ for forvaltning og overvåking av Mjøsa med tilløpselver.

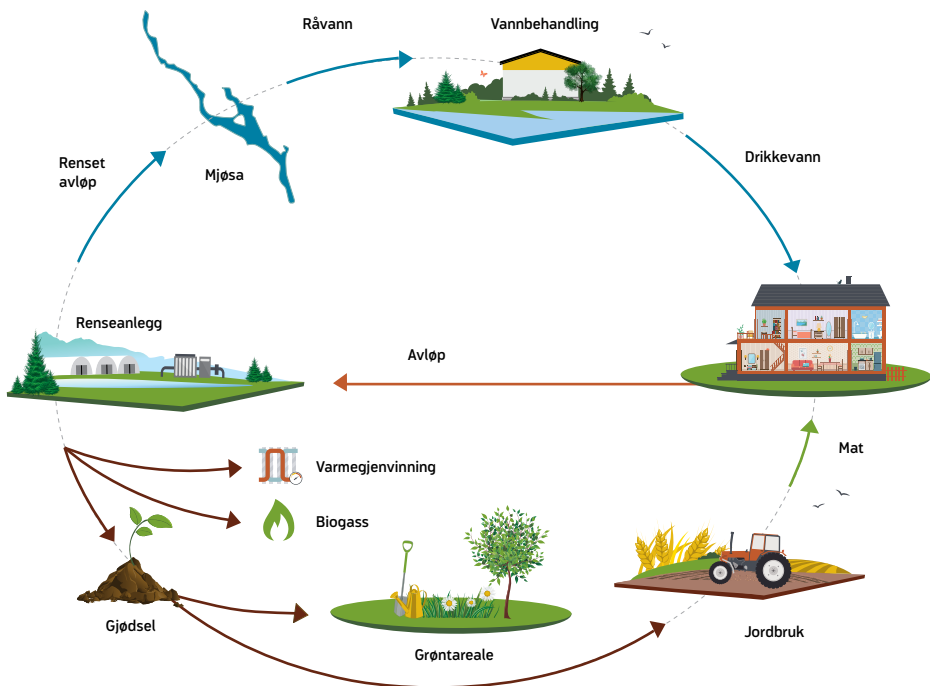
3.6 Mjøsa og drikkevann

Mjøsa brukes til ulike formål, men drikkevann er uten tvil det største og viktigste bruksområdet. Mange av kommunene rundt innsjøen henter vann fra innsjøen, som er drikkevannskilde for 80 000–150 000 mennesker (HIAS, 2023; Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver, n.d.). Men i tillegg til å være en kilde til rent vann for menneskene som bor rundt innsjøen, fungerer Mjøsa også som resipient, det vil si mottaker av avløpsvann.

Det finnes ulike tiltak for å sikre at drikkevannet er av akseptabel kvalitet. For kommunene Hamar, Løten, Ringsaker og Stange er det det interkommunale selskapet HIAS som leverer vanntjenester. Ved HIAS' vannbehandlingsanlegg i Sandvika behandles vannet i fire trinn: koagulering (ved tilsetning av jernkoagulant), filtrering (gjennom et tremediefilter), korrosjonskontroll

(tremediefilteret inneholder også marmor, som justerer pH-verdien og reduserer korrosjon) og desinfeksjon (ved hjelp av både ultrafiolett lys og små mengder klor). Ved HIAS' vannbehandlingsanlegg i Vestbygda gjennomføres vannbehandlingen i tre trinn: rensing for å fjerne partikler, tilsetning av natriumsilikat for å heve pH-verdien og forebygge korrosjon, og desinfeksjon ved hjelp av de samme to metodene som i Sandvika: UV-lys og små mengder klor (HIAS, n.d.-b).

Nasjonalt krever drikkevannsforskriften at vannet som leveres, er helsemessig trygt, klart og uten fremtredende lukt, smak eller farge (Hamar kommune, 2025). Nøkkelen til å opprettholde drikkevannskvaliteten i Mjøsa er å sørge for at avløpsvannet blir rensert før det slippes ut i innsjøen. HIAS, som ble etablert etter Mjøsaksjonen for å sikre vannkvaliteten, iverksetter



Figur 3.2 Mjøsa som drikkevannskilde og resipient (mottaker av avløpsvann) og prosessene for å sikre god drikkevannskvalitet gjennom denne sirkulære prosessen. Kilde: (HIAS, n.d.-a)

tiltak som kontinuerlig overvåking av vannet, laboratorietester av vannet ved vannbehandlingsanlegg og i distribusjonsnettet, reservevann lagret i høydebasseng tilsvarende ca. ett døgn normalt forsyning, dublering av nødvendig prosess- og pumpeutstyr, nødstrøm for nødvendig prosess- og pumpeutstyr, systematisk forebyggende vedlikehold og rehabilitering av anlegg, og oppdaterte beredskapsplaner og risikoanalyser. Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver gjennomfører en årlig overvåking av innsjøen, der et av hovedtemaene er drikkevannskvaliteten.

Utslipp av forurensning i vann reguleres nasjonalt i Norge av forurensningsloven (Pollution Act (Forurensningloven), 1983). Formålet med loven er å verne

miljøet mot forurensning og redusere eksisterende forurensning, sikre god miljøkvalitet og fremme helse og velferd for mennesker, planter og dyr. Lokalt bruker HIAS for eksempel en totrinnsprosess for å rense vannet før det slippes ut i Mjøsa. Det første trinnet er mekanisk rensing som fjerner store partikler, sand og fett. Det andre trinnet er biologisk rensing, som fjerner fosfor ved hjelp av bakterier. Disse bakteriene utsettes for anaerobe og aerobe forhold for å forbedre fosforfjerningen. Begge trinnene produserer slam, som behandles og gjenbrukes som gjødsel, og som også genererer gass som brukes til energi. Det ferdig rensede vannet slippes deretter ut i Mjøsa (HIAS, n.d.-a).

Arven etter Mjøsaksjonen (1972–1983) med hensyn til drikkevannsbehandling

Et halvt århundre etter restaureringsprosjektet Mjøsaksjonen er prosjektet fortsatt relevant for lokalsamfunnene rundt innsjøen. Dette utforskes grundig i kapittel 2. Mjøsaksjonen er hyppig referert til i ulike typer rapporter og plandokumenter produsert av interesseorganisasjoner, forskningsinstitusjoner og kommunene rundt Mjøsa (Forbord et al., 2022; M. F. Johansen, 2002; Ratnaweera, 2013; Vittersø, 2000). Den er også hyppig referert til i norske og engelskspråklige fagfellevurderte tidsskriftartikler (Brox, 2016; Gooch et al., 2010; Lund et al., 2024; Moe et al., 2020, 2022; Oliversen & Deborah, 2021; Venkatesh, 2013). I løpet av de 50 årene som har gått siden Mjøsaksjonen, har kommuner og sektormyndigheter investert betydelige ressurser i å opprettholde Mjøsa som drikkevannskilde, som mottaker av avløpsvann og kloakk, og som sted for rekreasjonsaktiviteter som fiske, bading og båtliv. Etter aksjonen ble det generelt stilt strengere krav til industrien i områdene rundt innsjøen enn i resten av landet. Avløp fra meierier, slakterier, bryggerier, mineralvann- og konserverfabrikker ble i stor grad ledet til kommunale renseanlegg etter først å ha gjennomgått interne renseprosesser i bedriften (Nashoug, 1999). I tillegg er de lokale kravene til konsentrasjon av klorofyll a ($2,0 \mu\text{g/l}$) strengere enn vannforskriftens lokale mål på $4,0 \mu\text{g/l}$ (Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver, n.d.). Senest i mars 2025 utstedte Statsforvalteren i Innlandet, etter en stor algeoppblomstring i Mjøsa i 2019, nye forskrifter om regionale miljøkrav for landbruket i Innlandet. Et av de mer håndfaste sporene etter Mjøsaksjonen er den årlige overvåkingen som NIVA gjennomfører på oppdrag og med finansiering fra Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver (Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver, n.d.). Denne årlige overvåkingen og rapporteringen beskrives nærmere i kapittel 4. Disse rapportene brukes også til å utvikle anbefalinger om forvaltningsstrategier for innsjøen.

3.7 Demografi

I Norge var det befolkningsvekst over hele landet på 1970-tallet, men i de påfølgende tiårene var befolkningsveksten i økende grad knyttet til regional og nasjonal sentralisering og derfor mer knyttet til omfordeling av befolkningen (Alnes, 2019). Mjøsregionen er ikke noe unntak fra dette; den største befolkningsveksten har funnet sted i byene.

Når vi ser på befolkningsendringene i den østlige delen av regionen, Hamarregionen (Hamar, Stange, Ringsaker, Løten), fra tiåret 1990–2000 til tiåret 2000–2010, var det en markant større befolkningsvekst i tiåret 2000–2010 enn i tiåret 1990–2000. Vekstraten i disse tiårene var henholdsvis 0,48 % per år og 0,3 % per år (Ørbeck et al., 2010). I tiåret 2000–2010 var det forskjeller i befolkningsveksten mellom kommunene i regionen. I Hamar var befolkningsveksten 0,68 % per år, og i Stange var den 0,66 % per år. I Løten og Ringsaker, derimot, var befolkningsveksten markant lavere, med 0,12 % per år i Løten og 0,29 % per år i Ringsaker.

Sammenligner man Hamar med de andre byene i Mjøsregionen i perioden 2000–2010, hadde Hamar større befolkningsvekst enn Lillehammer og Gjøvik, men noe lavere befolkningsvekst enn Elverum (Ørbeck et al., 2010). Hvis vi utvider tidsperioden med to år, til 2000–2012, fant imidlertid Alnes et al. (2009) at Gjøvik hadde en årlig befolkningsvekst på 0,7 %, som er rett over den Hamar hadde i perioden 2000–2010.

Gløtvold-Solbu et al. (2014) har undersøkt befolkningsveksten i kommunene rundt Mjøsa, med unntak av Eidsvoll, mellom 2009 og 2014. De fant at Hamar og Elverum hadde den største befolkningsveksten i denne femårsperioden. Befolkningen i Hamar vokste med 4,6 %, noe som tilsvarer en årlig økning på 0,92 %, og Elverum vokste

med 4,4 %, noe som tilsvarer en årlig økning på 0,88 %. Forfatterne understreker at det foregår en urbaniseringsprosess i Innlandet, og at denne prosessen er mest synlig i urbane områder. Men mens urbaniseringen økte i Mjøsregionen, var befolkningsveksten i de større byene og byregionene i Norge høyere (Gløtvold-Solbu et al., 2014; Leknes et al., 2016).

For å forstå den underliggende dynamikken i befolkningsendringene er det verdt å merke seg at den naturlige tilveksten i den østlige og vestlige delen av Mjøsregionen har vært negativ i begynnelsen av inneværende årtusen, det vil si at det har vært et netto tap av befolkning på grunn av færre fødsler enn dødsfall (Alnes et al., 2012; Ørbeck et al., 2010). Dette er hovedsakelig et resultat av en aldrende befolkning, og av at andelen eldre har vært høyere i Mjøsregionen enn i landet under ett (Alnes et al., 2012). På bakgrunn av dette hevder Alnes og kolleger (2012) at den største utfordringen for befolkningsvekst i kommunene rundt Mjøsa er den aldrende befolkningen. Data fra Statistisk sentralbyrå fra 2024 viser tydelig at problemet med en aldrende befolkning fortsatt er til stede i Mjøsregionen, og i større grad enn i Norge som helhet. Befolkningsveksten i regionen er i realiteten et resultat av økt innflytting.

Innflyttingen til Innlandet består i stor grad av utenlandske migranter, og i mindre grad av innenlandske migranter. Innvandring fra utlandet har også vært viktig for befolkningsveksten i Norge som helhet (Gløtvold-Solbu et al., 2014). Gløtvold-Solbu et al. (2014) finner at det fra 2006 til 2014 var en markant økning i innvandringen fra Øst-Europa, en svak økning i innvandringen fra Vest-Europa og Norden, og et stabilt nivå på innvandringen fra Afrika og Asia. Denne økningen i migrasjonen fra Europa var av avgjørende betydning for

befolkningsveksten i regionen. I 2014 utgjorde innvandrere fra Europa 5 % av den totale befolkningen i Innlandet, mens de i 2008 bare utgjorde 3 % (Gløtvold-Solbu et al., 2014).

Det har også vært en betydelig migrasjon innad i Mjøsregionen, særlig fra rurale byområder, men også fra delregion til delregion. Ved å se på perioden 2008–2012 fant Alnes et al. (2012) at flyttestrømmen fra Gjøvikregionen til Hamarregionen var i balanse, mens det var flere som flyttet fra Lillehammerregionen til Gjøvikregionen, enn motsatt.

3.8 Menneskers helse i Mjøsregionen

Befolkningen i Mjøsregionen har generelt god helse og tilgang til et godt helsevesen. Likevel er det ulike utfordringer for nåtiden og fremtiden. Regionen har for eksempel en høyere andel eldre enn landet under ett (Gløtvold-Solbu et al., 2014), og den har noen særskilte økonomiske utfordringer (Alnes et al., 2009).

Befolkningens selvrapporterte helse

Det er gjennomført ulike spørreundersøkelser av befolkningens helse i Innlandet fylke, inkludert Mjøsregionen. I Folkehelseundersøkelsen i Innlandet 2023 delte Folkehelseinstituttet fylket inn i ni regioner, hvorav tre er relevante her. Den første regionen er Hamarregionen, som omfatter Hamar, Løten, Stange og Ringsaker. Den andre er Lillehammerregionen, som omfatter Lillehammer, Gausdal og Øyer. Den tredje er Gjøvikregionen, som omfatter Gjøvik, Vestre Toten, Østre Toten, Nordre Land, Søndre Land og Gran (de tre sistnevnte kommunene er ikke en del av Mjøsregionen, og tallene fra

Gjøvikregionen bør derfor tolkes med varsomhet).

Samlet sett ser det ut til å være små regionale forskjeller i helse, men Lillehammerregionen ser ut til å ha en spesielt frisk befolkning (Leino et al., 2023). Resultatene fra undersøkelsen viser at 66 % av respondentene i Gjøvikregionen oppgir å ha «god» eller «svært god» helse. For Hamarregionen var tallet 68 %, mens det i Lillehammerregionen var 73 %. Når det gjelder tannhelse, rapporterte 71 % i Gjøvikregionen, 73 % i Hamarregionen og 75 % i Lillehammerregionen at de hadde «god» eller «svært god» helse. Både i Gjøvikregionen og Hamarregionen ga 22 prosent av respondentene svar som viste at de hadde fedme (KMI 30+), mens det i Lillehammerregionen var bare 17 prosent som ga tilsvarende svar. I tillegg hadde Lillehammerregionen den høyeste andelen respondenter som trente minst 30 minutter fire dager i uken. På spørsmål om når de sist var hos tannlegen, svarte 12 % av respondentene i Gjøvikregionen, 13 % i Hamarregionen og 11 % i Lillehammerregionen at det var mer enn to år siden sist.

En annen undersøkelse, Folkehelse- og levekårsundersøkelsen i Oppland, ble gjennomført høsten 2018 (Alnes, 2019). Denne undersøkelsen omfatter ikke hele Mjøsregionen, kun Lillehammerregionen og Gjøvikregionen. Den utfyller imidlertid funnene fra Folkehelseundersøkelsen i Innlandet 2023 ved å vise at befolkningen i regionen generelt hadde god helse, men at den var spesielt god i Lillehammerregionen.

Sykehus

Sykehusene i Mjøsregionen har lenge vært et tema i den offentlige debatten, og er en kritisk del av planleggingen for en aldrende befolkning. Lokalisering av sykehus er fortsatt et stridstema (Amdal, 2021). Per 2025 er det fire offentlige sykehus

i Mjøsregionen. Disse ligger på Gjøvik, på Hamar, på Lillehammer og i Elverum. I tillegg finnes det sykehus for psykisk helsevern, ett på Sanderud i Stange kommune og ett på Reinsvoll i Vestre Toten kommune. I 2019 vedtok styret i Helse Sør-Øst RHF at de ulike sykehusene skulle legges delvis ned og erstattes av et større «Mjøspsykehus» lokalisert i Moelv i Ringsaker kommune (Helse Sør-Øst RHF). Regjeringen sa i 2023 ja til et Mjøspsykehus i Moelv, men bestemte samtidig at sykehuset i Elverum skulle ha mer aktivitet enn det styret i Helse Sør-Øst hadde lagt opp til (Regjeringen, 2023). Dette vil innebære en stor endring i sykehusstrukturen i regionen.

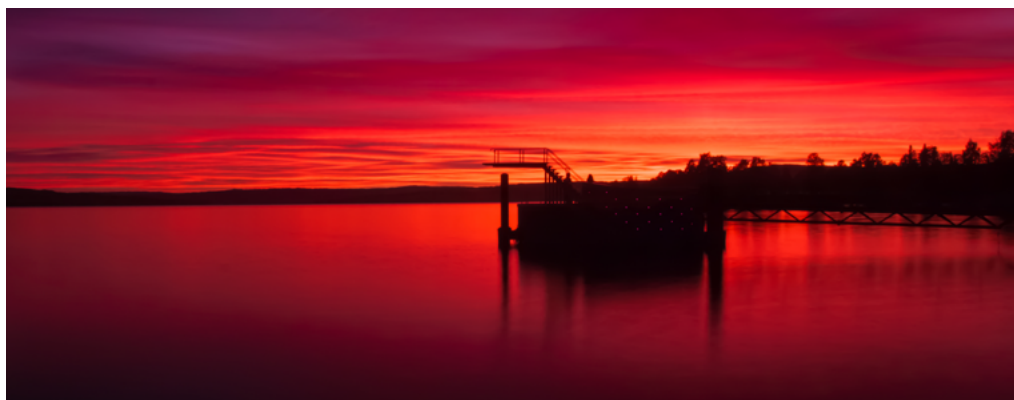
Helsetrusselen ved inntak av mjøsørret

Fiske er en vanlig fritidsaktivitet ved Mjøsa, og folk spiser vanligvis det de fisker. På grunn av forurensning fra polyklorerte bifenyler (PCB) og dioksiner i innsjøen anses slikt konsum som en helseisiko. Knutsen et al. (2011) fant at hyppig inntak av fisk fra Mjøsa, særlig ørret, var assosiert med høyere konsentrasjoner av polyklorerte bifenyler (PCB) og dioksiner i blodet. Da studien ble gjennomført, rådet Mattilsynet folk til å unngå å spise ørret fra Mjøsa på mer enn 1 kg mer enn én gang i måneden, fordi fisk over denne størrelsen sannsynligvis hadde høye konsentrasjoner av PCB. Gravide og ammende kvinner ble frarådet å spise ørret på mer enn 1 kg i det hele tatt (Knutsen et al., 2011). I dag regnes konsentrasjonene av PCB og dioksiner i fisken i Mjøsa fortsatt som den viktigste kilden til forurensning i fiskebestanden. De mjøsspesifikke retningslinjene er erstattet av landsomfattende råd fra Mattilsynet om å unngå konsum av gjedde eller abbor som er lengre enn 25 cm, og ørret som er større enn 1 kg. For Mjøsa spesifikt frarådes det å spise lake i Furnesfjorden (se mattilsynet.no for de mest oppdaterte retningslinjene).

3.9 Konklusjon

I perioden 2000–2025 har Mjøsregionen gjennomgått en interessant sosial og kulturell utvikling. Økende økonomiske utfordringer har blitt møtt med økonomiske muligheter i form av regionale samarbeid og enklere pendling til større byer som Oslo. Idrett er fortsatt av kulturell betydning og gir folk økonomisk, fysisk og psykisk velferd og trivsel, samtidig som det bidrar til sosialt samhold. Forvaltningen av selve innsjøen har også endret seg i årenes løp. Den gjenspeiler nå internasjonale rammeverk og samarbeid mellom lokale aktører og lokale myndigheter. Demografisk sett gjenspeiler Mjøsregionen de nasjonale trendene med sentralisering og vekst i urbane områder, samtidig som det jobbes med å løse problemer knyttet til et økende antall eldre. Kunnskap om demografiske endringer er svært viktig når man skal planlegge helse og tjenester, for eksempel lokalisering av viktige offentlige tjenester og fasiliteter som sykehus og skoler. I samme periode har det vært en økende bekymring for forurensning av innsjøen og for forurensningens innvirkning på fiskekultur og -konsum, spesielt av ørret.

Mjøsa, med sine estetiske kvaliteter, kan gi mennesker en opplevelse av fred og ro. Selv om det finnes materiale om disse kulturelle kvalitetene i kunst og litteratur, tyder litteraturgjennomgangen som ble gjennomført i forbindelse med denne vurderingen, på at det mangler forskning om disse «ikke-ekstraktive» verdiene ved innsjøen. Fremtidig forskning kan ta for seg i hvilken grad dette er en atypisk eller typisk måte å forholde seg til Mjøsa på, og i hvilken grad Mjøsa gir mennesker fred og ro, bevisst eller ubevisst.



Figur 3.4 Stupetårn i solnedgang ved Mjøsa. (Foto: Aleksander Bern)

Kapittel 4: Økologisk og hydrologisk oversikt

Mikkel Emil Lange Friis, Elizabeth Barron, F.Chantel Nixon, Chris Storie og Joni Storie

4.1 Sammendrag

Dette kapittelet gir en oversikt over klimaforholdene i og rundt Mjøsa, områdets geologi og hydrologi, tilgjengelige data om det biologiske systemet i og rundt Mjøsa, og økologisk informasjon om innsjøsystemet og dets omgivelser. Målet er å gi en fullstendig oversikt over hvilke økosystemendringer som har funnet sted, hva endringene skyldes, og hvilke konsekvenser endringene har for forvaltning og bevaring. Et av dette kapittelets sentrale funn er det foreligger omfattende data om de biologiske, økologiske og hydrologiske forholdene i og rundt Mjøsa. Likevel består to hovedutfordringer: (1) hvordan eksisterende data best kan utnyttes og formidles til offentligheten, og (2) raskt skiftende forhold som følge av utbygging og klimaendringer.

4.2 Klima

Omfattende informasjon om tidligere, nåværende og fremtidige klimaforhold er tilgjengelig gjennom Norsk klimaservicesenter, et samarbeid mellom Meteorologisk institutt, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), forskningsinstituttet NORCE, Kartverket og Bjerknessenteret for klimaforskning. Norsk klimaservicesenter skal være den foretrukne leverandøren av kunnskap om klimaendringer og hydrologi og effekter av klimaendringer på naturfarer i Norge (Nilsen et al., 2022).

Det finnes omfattende informasjon om klima og klimaendringer i Norge som kan ekstrapoleres til Mjøsregionen, og det finnes også en del mer detaljerte klimadata. I denne vurderingen begynner vi med en kort oversikt over mikroklimatiske forhold i selve

innsjøen, og deretter presenterer vi fremtidsscenarioer for klimaet i regionen. Informasjonen i dette avsnittet er i hovedsak basert på utvalgte relevante rapporter fra Norsk klimaservicesenter (Hanssen-Bauer et al., 2017; Norsk Klimaservicesenter, 2022b, 2022b).

I 2018 oppdaterte regjeringen sine retningslinjer for klimatilpasning og påla kommunene et større ansvar for å ha en kunnskapsbasert tilnærming til klimaendringene i all fremtidsplanlegging. Disse rapportene og de tilhørende faktaarkene er derfor mye brukt og utgjør et viktig kunnskapsgrunnlag for planlegging på kommunalt og fylkeskommunalt nivå. Tre årsaker til usikkerhet i rapportene trekkes frem: den ukjente fremtiden for menneskeskapt atferd, usikkerhet knyttet til naturlig klimavariabilitet, og usikkerhet i modellene som er brukt til analysen. Likevel finnes det detaljert informasjon om metoder, datasett og analyser i rapporten, som er en viktig kilde til informasjon for planlegging på flere nivåer.

Mikroklimaet i Mjøsa

Siden 1972 har Mjøsa opplevd en økning i årlig gjennomsnittlig og maksimal overflatevanntemperatur på henholdsvis 0,41 og 0,61 °C per tiår (Thrane et al., 2024). Denne økningen er omtrent som for andre innsjøer rundt om i verden (O'Reilly et al., 2015; Thrane et al., 2024). Denne endringen i habitatforhold, sammen med andre faktorer, ser ut til å påvirke sammensetningen av planktonsamfunnet, noe som igjen kan påvirke fiskesamfunnene i innsjøen (Moe et al., 2022).

Mjøsa er sterkt påvirket av vind, sterke vannstrømmer og relativt kaldt overflatevann fra bresmelting i

Jotunheimen. Disse faktorene bidrar til at vannsøylen blandes, og at sprangsjiktet blir forholdsvis svakt; om sommeren kan sprangsjiktet strekke seg over så mye som 20–30 m (Holtan et al., 1979; Thrane et al., 2024). I løpet av de siste tiårene har det vært en økt varighet av sommersjiktningen som følge av at sjiktningsperioden har blitt forlenget til lenger ut på høsten (Hobæk et al., 2012).

I løpet av ett år i 1977 ble vanntemperaturen målt på 1, 20 og 400 m dyp i den sentrale delen av Mjøsa. Vanntemperaturen på 1 m dyp varierte fra ca. 2 °C i februar til 18 °C i juli, og på 20 m dyp varierte den fra ca. 3 °C i februar og 12 °C i juli (Holtan, 1979). På 400 meters dyp ligger temperaturen rett under 4 °C, året rundt (Holtan, 1979). I den nordre delen av Mjøsa dannes det vanligvis is innen januar, og selv om hele Mjøsa kan fryse til i kalde vintre, er de sentrale sonene som oftest isfrie året rundt. Issmeltingen begynner vanligvis i april (Nashoug, 1999). For mer informasjon om vanntemperaturer, vannstand og vannføring ved alle hydrometriske stasjoner rundt Mjøsa og i dens nedbørfelt, se NVE Sildre (NVE, n.d.-d). Antall isvintre har gått ned de siste seks tiårene, men varigheten av isdekket (i isvintre) har ikke endret seg og varierer mellom 50 og 125 dager (Hobæk et al., 2012).

Klimaet i omgivelsene

I 2017 utarbeidet Norsk klimaservicesenter en nasjonal rapport, *Klima i Norge 2100*, basert på den da siste rapporten fra FNs klimapanel (IPCC). Rapporten ble utarbeidet ved å nedskalere og skjevhetjustere regionale klimamodeller (Wong et al., 2016). På forespørsel fra Miljødirektoratet ble det brukt scenarioer basert på RCP8.5 og RCP4.5. I tillegg til den nasjonale rapporten ble det

7 RCP står for Representative Concentration Pathway, og brukes til å representere ulike konsentrasjonsnivåer av klimagasser i atmosfæren. Dagens utslipp ligger nær RCP 8,5-banen, som fører til en økning i den globale

utarbeidet klimaprofiler for alle fylker i Norge, som inneholder detaljerte sammendrag av dagens forhold, forventede endringer frem mot år 2100 og utfordringer som kan oppstå i denne perioden som følge av klimaendringer (Hanssen-Bauer et al., 2017).

For planleggingsformål antyder rapporten at naturlige variasjoner i stor grad vil dominere klimamønstrene de neste 10–20 årene (frem til ca. 2037), og at man derfor bør bruke statistikk basert på nylig oppdaterte data i stedet for på nedskalerte modellsimuleringer når man planlegger bygninger og prosjekter med kortere levetid som skal fullføres i løpet av denne perioden (Hanssen-Bauer et al., 2017). En oppdatert versjon av rapporten *Klima i Norge 2100* ble utgitt i slutten av oktober 2025 (Irene Nilsen, personlig kommunikasjon, august 2025), men var ikke tilgjengelig da dette ble skrevet.

Fylkesrapportene ble sist oppdatert i 2022, og er basert på organiseringen av fylkene før 2020. Her trekker vi først og fremst veksler på rapportene fra Oppland og Hedmark, supplert med den nasjonale rapporten. Selv om den sørlige delen av Mjøsa ligger i Akershus fylke, omfatter og fokuserer denne rapporten mer på områdene rundt Oslo, og nevnes derfor bare kort her. I 2020 ble Oppland og Hedmark slått sammen til Innlandet, og det er slik dette området omtales i originaldokumenter publisert etter 2020.

Vær- og klimaobservasjoner mellom 1971 og 2000 ble brukt som referansedata for å utvikle prognoser for forventede endringer frem til 2071–2100. De mest sannsynlige økningene er knyttet til endringer i nedbørshendelser, som vil bli mer intense og hyppigere, noe som kan føre til økt risiko for flom, jordskred og leirskred (figur 4.1). Økt tørke på grunn av høyere sommertemperaturer, kortere perioder med fast is, økt snøskredfare og (bare i

Hedmark) økt risiko for kvikkleireskred er også sannsynlig.

Den gjennomsnittlige lufttemperaturen for fastlands-Norge økte med ca. 1 °C i perioden 1900–2014 (Nilsen et al., 2022). Nasjonalt indikerer medianene i de dynamisk nedskalerte fremskrivningene at årstemperaturen for Norge vil øke med 2,7 °C (for utslippsscenario RCP4.5) og med 4,5 °C (for utslippsscenario RCP8.5) innen slutten av århundret (Hanssen-Bauer et al., 2017). I Oppland og Hedmark forventes temperaturene å øke med i gjennomsnitt 4 °C innen 2100, med større temperaturøkninger i vinterperioden (5 °C) enn i sommerperioden (3,5 °C). Det spås at vekstsesongen i regionen vil bli mellom én og to måneder lengre, og at fyringssesongen vil bli kortere.

Nedbøren økte over hele Norge med ca. 20 % i perioden 1900–2022, med høyere gjennomsnittlige endringer i kyst-Norge (Lutz et al., 2024). Dette er viktig å legge merke til, fordi nedbøren forventes å øke ytterligere i den kommende perioden, i gjennomsnitt 18 % under utslippsscenario RCP8.5, men bare 8 % under RCP4.5. I Mjøsregionen forventes årsnedbøren å øke merkbart, med større økning i vintersesongen og større sannsynlighet for at vinter nedbøren faller som regn i stedet for snø, spesielt i lavereliggende områder. Snøsesongen er faktisk spådd å bli én til fire måneder kortere rundt Mjøsa i den kommende perioden. For de tre største byene i regionen forventes følgende gjennomsnittlige temperatur- og nedbørsøkninger:

Hamar: 4,3 °C / 575 millimeter

Gjøvik: 4,2 °C / 685 millimeter

Lillehammer: 3,3 °C / 660 millimeter

Samlet sett øker nedbørens betydning for flomregimer i hele Norge, mens betydningen av snøfall avtar. Til tross for den forventede nedbørsøkningen i Mjøsregionen er det ikke anbefalt noen endring i klimapåslag i de oppdaterte flomsonekartene for områdene rundt Mjøsa. I Hedmark er det økt risiko for erosjon langs elver, spesielt i områder med kvikkleire.

Figur 4.1 Faktaark om klimaet i Hedmark. Sammendrag av forventede endringer fra 1971–2000 til 2071–2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer med direkte innvirkning på sikkerhet. Muligheten for kvikkleireskred er den eneste forskjellen mellom tabellen for Hedmark og tabellen for Oppland (Norsk Klimaservicesenter, 2022a).

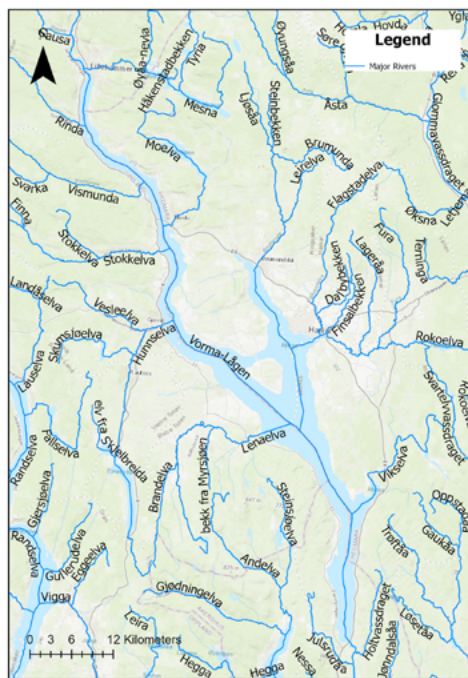
SANNSYNLIG ØKNING	
 Ekstrem nedbør	Det forventes at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
MULIG SANNSYNLIG ØKNING	
 Tørke	Til tross for mer sommernedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi økt fare for tørke om sommeren
 Isgang	Kortere isleggingssesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene
 Snøskred	Med varmere og våtere klima vil det oftere regne på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør, og økt flom i elver og bekker, kan utløse flere kvikkleireskred. Dette gjelder små områder lengst sør og sørvest i Hedmark
SANNSYNLIG UENDRET ELLER MINDRE	
 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
USIKKERT	
 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsaklig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

4.3 Geologi, hydrologi og flom

Hydrologi

Mjøsa, Norges største innsjø, er en kalsiumfattig, klar, dyp, ikke-alpin innsjø (som klassifisert av Norsk institutt for vannforskning) (NIVA, n.d.-b). Mjøsas overflateareal er 369 km², middeldypet er 150 m (med et maks. dyp på 453 m), og volumet er 55 361 km³ (Norwegian Water Resources and Energy Directory NVE, n.d.-b). Hovedtilsiget til Mjøsa er Gudbrandsdalslågen (også kalt Lågen), som har en middelvannføring på 256 m³/sek (NVE, n.d.-b). Lågen har sine kildeområder i fjellområdene Dovre, Rondane og Jotunheimen (> 2000 moh.). Disse fjellområdene har mange små botnbreer og isflekker. Sesongavhengig smeltevann fra isbreene er derfor en relativt viktig kilde til Lågen via dens tilløpselver, avhengig av nedbørsmengder. Vannet som renner ut i Mjøsa fra hovedtilsiget, er derfor klart og næringsfattig, og fører med seg fine bresedimenter (dvs. silt, også kjent som steinmel) om våren og sommeren, med det resultat at nordlige deler av innsjøen sesongmessig kjøles ned og farges (Holtan, 1979).

I tillegg til Lågen renner det rundt 40 elver ut i Mjøsa, deriblant Gausa, Hunnselva og Svartelva. Disse elvene renner gjennom nedbørfeltet til Mjøsa, Glomma vannregion (figur 1.2), som er 16 568 km² stort, og som for det meste består av skog og fjell, men også av isbreer, innsjøer, myrer og jordbruks-, industri- og byområder (Hamar, Gjøvik og Lillehammer ligger alle innenfor vannregionen). Mjøsas utløp er Vorma, som ligger lengst sør i innsjøen og renner ut i Glomma (Norges største elv) ca. 30 km mot sør-sørøst. Gjennomsnittlig utstrømning fra Mjøsa er 321 m³/sek (NVE, n.d.-b).



Figur 4.2 Store elver i Mjøsregionen.
Kart: Sajith Ranatunga

Mjøsa, som er nærmere beskrevet i avsnitt 3.6, er drikkevannskilde for ca. 80 000 innbyggere, og elva nedstrøms forsyner ytterligere 150 000. Innsjøen mottar likevel utslipp fra renseanlegg i urbane områder samt avrenning fra industri og landbruk, og mikroplast er utbredt i bunnsedimentene i innsjøen, med de høyeste konsentrasjonene nær elver, urbane områder (inkludert veier) og renseanlegg (Lusher et al., 2018). Vannkvaliteten og de biologiske forholdene i Mjøsa har blitt overvåket årlig siden 1972 av NIVA, og rapportene er tilgjengelige på NIVAs offisielle nettside, niva.no, under kategorien publikasjoner. Mjøsas økologiske tilstand anses i dag for å være fra «god» til «moderat» (Bechmann et al., 2021c; Løvik & Moe, 2016), betydelig bedre enn på 1970- og 1980-tallet, da Mjøsa var sterkt eutrofiert. Forbedringer i økologiske forhold og vannkvalitet er først og fremst et resultat av Mjøsaksjonen, som ble gjennomført i perioden 1973–1982

(Miljøverndepartementet, 1979). (Se kapittel 2 og 3 for mer informasjon om Mjøsaksjonen)

Når det gjelder risiko for forurensning til og/eller fra innløps- og utløpsvann, påpeker Tjomsland et al. (2009) at det må tas hensyn til vannmassenes bevegelser til ulike årstider og ved ulike værforhold. De viser hvordan man kan bruke modellering til å vurdere dette, slik man har gjort i Furnesfjorden (Tjomsland et al., 2007), ved Biri, Moelv, Gjøvik og Østre Toten (Tjomsland & Tryland, 2008), og ved Hamar og Stange (Tjomsland et al., 2012b). Modellering kan også brukes til å vurdere konsekvensen av partikkelspredning etter dumping av løsmasser (Tjomsland et al., 2012a). Når det gjelder sikkerhet ved vanninnløp, må det tas hensyn til risiko som kloakklekkasjer, forurensning fra ulykker med biler, lastebiler, tog, fly osv., bygging av infrastruktur og boliger, tilrettelegging for landbruk og vannbasert rekreasjonsbruk av vannressurser. I tillegg må konsekvenser og reaksjonstid vurderes, samt hvordan et endret klima kan endre innsjøens egenskaper (Tjomsland et al., 2009).

Flom

Det hender at det er flom i Mjøsa, selv om innsjøen reguleres av over 20 reguleringsmagasiner og selv er vintermagasin for kraftverk i Glomma (Hobæk et al., 2012). Ledig magasinkapasitet i Mjøsas nedbørfelt har ført til mindre flommer, men denne effekten avtar med økende flomstørrelse (Holmqvist & Hamududu, 2022). De høyeste vannstandene inntreffer normalt mellom mai og juli i forbindelse med snøsmeltingen i de øvre delene av nedbørfeltet (Holmqvist & Hamududu, 2022). Høstflommer kan forekomme, men er mindre vanlig (Pettersson, 1997). Den største kjente flommen i historisk tid, Storofsen, inntraff i juli 1789. Den skyldtes store mengder snø på senvinteren på

Østlandet, sen snøsmelting og mer eller mindre sammenhengende regn i juli etterfulgt av et voldsomt regnvær fra 20. juli. Det ble da målt vannstander på 7 m over normalen i Lågen og 10,10 m over normalen i Mjøsa (målt ved Hamar) (Nesje et al., 2001; Pettersson, 1997). Lågen var på et tidspunkt oppdemmet av jord, grus, busker og trær, som til slutt ga etter, slik at flomvannet og massene kunne renne ut i Mjøsa.

Den eldste hydrologiske målestasjonen i tilknytning til Mjøsa er et vannmerke som ligger litt nedenfor utløpet, Vormå, og er datert til mai 1824 (Pettersson, 1997). Frekvensanalyse av vannstander og vannføring (dvs. Q ; m³/sek) basert på data fra perioden 1961–1995 viste at 100-årsflomvannstanden er 8,23 m og 100-årsvannføringen 1742 m³/sek ved Mjøsa (Pettersson, 1997). Den høyeste flomvannføringen, 1650 m³/sek, ble observert i 1995. Nyere og historiske målinger av vannstand og vannføring fra hydrometriske stasjoner rundt Mjøsa, hvorav noen skriver seg fra tidlig på 1900-tallet, er tilgjengelige på NVEs tjeneste Sildre (NVE, n.d.-d). Ytterligere informasjon og data om flom er tilgjengelig i Holmqvist og Hamududu (2022).

Tidspunktet for og størrelsen på vårflommen i Lågen påvirker de fysiske-kjemiske forholdene (f.eks. turbiditet, fosfortransport og temperatur) i Mjøsa – spesielt i de nordlige delene av innsjøen. Partikkeltransporten i forbindelse med flom er ofte så stor at den økte turbiditeten i Mjøsa kan fanges opp på satellittbilder et godt stykke sør for innsjøen (Thrane et al., 2023). Flom og tilførsler fra de mellomstore tilløpselvene til Mjøsa har også innvirkning på de fysiske-kjemiske forholdene (særlig næringstilførsler) i innsjøen, spesielt lokalt (Thrane et al., 2023).

Geologi

Berggrunnen rundt Mjøsa er variert, men i grove trekk dominerer senprekambrisk sandstein i nord og nordøst, kambrosilurisk skifer i sentrale områder i øst, og prekambrisk krystallinsk berggrunn (f.eks. gneis, gabbro), kambrosiluriske (skifer, sandstein og kalkstein) og permiske bergarter (syenitt og granitt) i sør og sørvest (Nordgulen, 1999).

Overflategeologien rundt Mjøsa, det vil si løsmassene, er godt beskrevet i litteraturen og på kart produsert av Norges geologiske undersøkelse (NGU, n.d.-a). Fra de sentrale til nordlige områdene rundt Mjøsa er berggrunnen dekket av tykk, sammenhengende morene, men det finnes noen mindre områder med glasifluviale, glasilakustrine, lakustrine og moderne fluviale sedimenter, særlig langs elvedalene. Underliggende strukturer i berggrunnen er skjult under det tykke morenedekket, bortsett fra der strukturene er store (Follestad et al., 2014). Fra sentrale Mjøsa og sørover blir morenen tynnere og mer usammenhengende, og mange steder ligger det forvitret berg i dagen. Lengst sør i Mjøsa (på hver side av utløpet av Vormå) består overflategeologien av glasifluviale, marine og eoliske («vind-») avsetninger (NGU, n.d.-a). Også der Gausa og Lågen renner ut i Mjøsas nordvestlige arm (rett nordvest for Lillehammer), ligger glasifluviale og fluviale avsetninger over morene og berggrunn. I baklandet rundt innsjøen er det også vanlig med torvmyrer. Disse ligger i små bassenger i morenejorden og berggrunnen.

Fra 1972 til 1985 utførte NGU kvartærgeologisk kartlegging av området rundt Mjøsa, og det ble utarbeidet en rekke kvartærgeologiske kart i målestokk 1:50 000 og 1:20 000 (Follestad et al., 2014 og referanser der). Omfattende petrografiske og geokjemiske karakteriseringer av morenemassene rundt Mjøsa har siden blitt analysert for

å evaluere nytten av morenegeokjemi ved mineralprospektering (se Reimann et al. (2014) for referanser til disse store datasettene).

Mer detaljert informasjon om geologien i området rundt Mjøsa finnes på enkeltkart og i rapporter utgitt av Norges geologiske undersøkelse (NGU) på deres hjemmeside (NGU, n.d.-b).

Geomorfologi

Mjøsa er en fjordsjø som ligger i en gammel dal der den påfølgende breerosjonen var konsentrert over flere istidssykluser i kvartær. Et isskille rett nord for Mjøsa, som sannsynligvis ble dannet gjentatte ganger i løpet av istidene, ledet isstrømmen sørover (Follestad et al., 2014). Andre glasiale landformer som bekrefter tidligere sør- og sørøstgående isstrømning, er kartlagt øst og vest for Mjøsa, og omfatter drumliner, fluting og skuringsstriper (Aa, 1979; Bargel, 1983; Follestad, 1973, 1974; Mangerud et al., 2018; Olsen, 1979, 1983, 1985; Sveian, 1979), men de fleste av disse stammer sannsynligvis fra siste istids maksimum (ca. 20 000 år før nåtid), da Den fennoskandiske innlandsisen dekket hele Norge. Det er også kartlagt andre glasiale landformer i nærheten av Mjøsa, blant annet haugmorener, dødisgroper, eskere og laterale smeltevannsrenner (Follestad et al., 2014). Noen av disse landformene indikerer at det har funnet sted en vertikal senkning av isoverflaten.

Endemorener og isfrontavsetninger som markerer den nordgående tilbaketrekningen av Den fennoskandiske innlandsisen, ble kartlagt over sørenden av Mjøsa (datert til mellom 10 600 og 10 800 år før nåtid) (Mangerud et al., 2018) og fra seismiske data over den nordvestlige armen av Mjøsa nær Moelv (Aagaard & Holtan, 1976; Mangerud et al., 2018). Tilbaketrekningen av Den fennoskandiske innlandsisen i nordenden av Mjøsa skjedde

Hovedfunn fra oppsummeringsrapporten fra 2023 om tiltaksorientert overvåking (Thrane et al., 2024)

- Vannkvaliteten fra sensommeren og resten av året var sterkt påvirket av ekstremværet *Hans*.
- Den generelle økologiske tilstanden ble vurdert som *god* på stasjonene Skreia, Furnesfjorden og Brøttum, og *moderat* på stasjonen Kise (på grunn av lavt siktedyp, høy turbiditet og en høy konsentrasjon av organisk materiale).
- Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av totalfosfor (tot-P) var ikke høyere enn normalt på Skreia, Furnesfjorden eller Brøttum. På Kise var det imidlertid den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen som er registrert i løpet av det siste tiåret.
- Den målte biomassen av planteplankton holdt seg på et normalt nivå.
- Noen lokalt forhøyede nivåer av cyanobakterier ble observert langs strandlinjen, men det var ingen store oppblomstringer.
- Evalueringen av virvelløse bunndyr og perifytonvekst som indikatorer på eutrofiering og organisk belastning viste *god* eller *svært god* tilstand i elvene Gausa, Mesna, Moelva og Brumunda – unntatt i de nedre delene av Brumunda, der tilstanden ble vurdert til *moderat*.

Tekstboks 4.1: Tilstanden i innsjøen 2023

innen 10 500 år før nåtid (Mangerud et al., 2018), og smeltevann, inkludert noe fra de spektakulære breflommene som inntraff mellom 10 200 og 10 500 år før nåtid (Høgaas & Longva, 2016; Longva, 1994), strømmet gjennom Mjøsbassenget (Aurand et al., 2024).

Det meste av regionen rundt Mjøsa i dag er kupert terreng opp til 600 moh., men et lavlandsområde (150–200 moh.) grenser til Mjøsas sentrale østlige bredd (Hedmarken), som er kjent som et av Norges beste jordbruksdistrikter (Løvik & Kjellberg, 2003). Massebevegelser, særlig steinsprang, forekommer i skråningene ned til innsjøen, spesielt langs de smale sørlige og nordlige områdene og den bratte vestlige bredden (NVE, n.d.-c). Siden Mjøsa med sine 122 moh. ligger under den lokale marine grensen på ca. 200 moh. (Mangerud et al., 2018), er det ikke overraskende at marin leire, inkludert kvikkleire, er kartlagt i mange av de lavereliggende områdene rundt Mjøsa, og kvikkleireskred er kjent (NVE, n.d.-c). Andre

dokumenterte massebevegelser rundt Mjøsa inkluderer snøskred, sørpeskred, jordskred og massestrømmer (NVE, n.d.-c).

Geomorfologien langs Mjøsa består av alt fra sand- og steinstrender til fjellskrenter, mens de undersjøiske sedimentene for det meste er finkornede (bestående av siltig leire) og stedvis organisk rike (Lusher et al., 2018). En av kildene til sedimentene på bunnen av Mjøsa er steinmel (finsilt) som transporteres fra de islagte fjellområdene i nedbørfeltet via et nettverk av elver og innsjøer, og som til slutt når Mjøsa (se 4.3.1). Andre kilder er skred, kysterosjon, tilførsler fra elver, annen avrenning og anleggsvirksomhet. Bunnen av Mjøsa har generelt en helning på 15–20°, men stedvis er helningen på over 30° (Forsberg et al., 2016). Det er kartlagt mange renner og flere ca. 2 m høye skredkanter (Forsberg et al., 2016), og massebevegelser på bunnen av innsjøen har forårsaket ledningsbrudd (Forsberg et al., 2016). Sedimenteringsraten for det sentrale

innsjøbassenget er ca. 2 mm/år (Forsberg et al., 2016).

Leseren henvises igjen til NGUs løsmassekart (NGU, n.d.-a) for en detaljert oversikt over breens geomorfologi og andre landformer i Mjøsas nærområde.

4.4 Akvatiske overvåkingsprogrammer i Mjøsa

For å vurdere de biologiske og økologiske trendene er pågående og tidligere overvåkingsprogrammer avgjørende. Dette avsnittet tar sikte på å introdusere de mest relevante pågående økologiske overvåkingsprogrammene, samt andre overvåkingsprogrammer som kartlegger Mjøsas nedbørfelt. Det er for tiden tre større overvåkingsprogrammer som kartlegger vannkvaliteten og de økologiske miljøene i Mjøsa:

Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa

Vannkvaliteten i Mjøsa overvåkes regelmessig av NIVA på oppdrag fra Vassdragsforbundet. Dagens overvåkingsprogram er en videreføring av tidligere overvåkingsprogrammer fra 1972. Resultater fra overvåkingsprogrammet publiseres gjennom NIVAs rapportserie og er tilgjengelige på Miljødirektoratets hjemmeside (Miljødirektoratet, n.d.-h).

Fire stasjoner på ulike sentrale steder i innsjøen blir prøvetatt for vannkvalitet og økologisk tilstand seks ganger i året fra mai til oktober. Hovedstasjonen *Skreia* blir prøvetatt med seks ytterligere reduserte mellomliggende prøvetakinger. Stasjonen *Brøttum* ligger i midtre del av Ringsakerfjorden, *Kise* ligger i ytre del av Ringsakerfjorden, *Furnesfjorden* ligger i ytre del av Furnesfjorden, og *Skreia*

(hovedstasjonen) ligger i den sørlige delen av Storfjorden. Hovedstasjonen, *Skreia*, overvåkes med hensyn til vannkjemiske egenskaper, siktedyp, temperatur, oksygenforhold, mengde og diversitet av plante- og dyreplankton, og tallrikhet og biomasse av *Mysis* (*Mysis relicta*). I tillegg kontrolleres vannkjemiske og bakteriologiske egenskaper regelmessig (24 ganger i året) ved utløpet av Gudbrandsdalslågen, *Gausa*, *Hunnselva*, *Lena*, *Flagstadelva* og *Svartelva*, og ved innløpet til utløpselva *Vorma*. Biologisk overvåking utføres ved Gudbrandsdalslågen, *Gausa*, *Moelva*, *Stokkelva*, *Hunnselva*, *Brumunda*, *Flagstadelva*, *Svartelva*, *Lena*, *Vikselva* og *Vorma* med en rullerende plan på tre år.

Mjøsa er i betydelig grad påvirket av menneskelig aktivitet. Innsjøen overvåkes derfor med hensyn til tilstedeværelse av, og potensielle kilder til, forurensning. Dyreplankton, *Mysis*, krøkle (*Osmerus eperlanus*), lagesild (*Coregonus albula*) og ørret (*Salmo trutta*) blir prøvetatt hvert år. Programmet Overvåking av miljøgifter i ferskvann (MILFERSK) kartlegger en rekke store norske innsjøer, med spesiell vekt på Mjøsa (og Femunden, som er sammenligbar med Mjøsa), for organiske miljøgifter, og er et system for tidlig varsling. Det nåværende overvåkingsprogrammet startet i 2013 og ledes av NIVA på oppdrag fra Miljødirektoratet. Den siste rapporten fra MILFERSK er *Monitoring of environmental contaminants in freshwater food webs* (Økelsrud et al., 2024). Ytterligere informasjon om MILFERSK-programmet finnes på NIVAs hjemmeside (NIVA, 2021a) og hos Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, n.d.-e).

Programmet Økosystemovervåking i store sjøer (ØKOSTOR) kartlegger den økologiske tilstanden i et utvalg store norske innsjøer. NINA, NIVA og Akvaplan-niva utfører i dag overvåking under ØKOSTOR-programmet på oppdrag fra Miljødirektoratet. Hvem som utfører disse tjenestene, vil

imidlertid kunne endre seg over tid, siden tjenestene kjøpes inn etter regelverket for offentlige anskaffelser. Ved skifte av tjenesteleverandører vil det kunne oppstå endringer i overvåkingsmetoder, tidsmessig inkompatibilitet og problemer med datatilgjengelighet, noe som vil kunne få konsekvenser for datakvaliteten på lang sikt.

Mjøsa kartlegges årlig, med en fullstendig kartlegging hvert fjerde år. Den årlige prøvetakingen omfatter vannkjemi (utført i MILFERSK-programmet), planteplankton og dyreplankton. Den fullstendige kartleggingen omfatter også vannplanter, litorale krepsdyr, virvelløse bunndyr og fisk. Til overvåking av fiskesamfunn brukes nordisk oversiktsgarn langs bunnen, pelagisk trål brukes til å fange fisk i åpent vann, og hydroakustikk (ekkolodd) brukes til å bestemme plassering, dybde og biomasse av pelagisk fisk. Hvilke kombinasjoner av metoder som brukes til å overvåke fiskesamfunnene, varierer. Ytterligere informasjon om ØKOSTOR-programmet finnes på Miljødirektoratets hjemmeside (*Økosystemovervåking i store innsjøer*, n.d.), på NIVAs hjemmeside (NIVA, n.d.-e), og på NINAs hjemmeside (NINA, n.d.-b)

- Den siste hovedrapporten: *ØKOSTOR 2023: Basisovervåking av store innsjøer. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i overensstemmelse med vannforskriften* (Haande et al., 2024)
- Den siste rapporten for fiskeundersøkelsene: *Fiskeundersøkelser i store innsjøer i ØKOSTOR-programmet 2023* (Eikland et al., 2024).
- Den siste rapporten for fiskeundersøkelser med pelagisk trål: *Fiskeundersøkelser i store innsjøer i ØKOSTOR-programmet 2022* (Eikland et al., 2023).

- Den siste rapporten for fiskeundersøkelser med nordisk oversiktsgarn (og pelagisk tråling): *Overvåking av fisk i store innsjøer – FIST 2018* (Gjelland et al., 2020).
- Den siste hovedrapporten med en fullstendig økologisk kartlegging av Mjøsa: *ØKOSTOR 2021: Basisovervåking av store innsjøer. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften* (Haande et al., 2022).

Overvåkingsprogrammer med lokaliteter i Mjøsas nedbørfelt

Det finnes flere overvåkingsprogrammer som kartlegger områder i Mjøsas nedbørfelt. Vi vil i dette avsnittet presentere disse og vise hvilken relevans de har for Mjøsa.

Elveovervåkningsprogrammet

På oppdrag fra Miljødirektoratet overvåker NIVA flere stasjoner i et sett av elver for vannkvalitet, næringsstoffer og miljøgifter. Formålet er å vurdere økologiske forhold, blant annet i nedre deler av Mjøsas utløpselv Vorma.

Med tre års mellomrom kartlegges den økologiske og kjemiske tilstanden i Vorma ved at det tas prøver av bentiske alger for PIT, virvelløse bunndyr for ASPT og fosfor. I Vorma brukes høyfrekvent overvåking for å kartlegge kortsiktige effekter av klimavariasjoner. Sensorer overvåker kontinuerlig temperatur, pH, ledningsevne, turbiditet og FDOM.

- Den siste rapporten om økologiske og kjemiske forhold fra Elveovervåkningsprogrammet: *Elveovervåkningsprogrammet 2023. Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand i norske elver i overensstemmelse med vannforskriften* (Kile et al., 2024).

- Den siste rapporten om vannkvalitet og trender fra Elveovervåkningsprogrammet: *The Norwegian River Monitoring Programme 2023 – water quality status and trends* (Kaste et al., 2024).
- Ytterligere informasjon om Elveovervåkningsprogrammet finnes på Miljødirektoratets hjemmeside (Miljødirektoratet, n.d.-c), og på NIVAs hjemmeside (NIVA, n.d.-a).

NIVA overvåker i dag 75 elver for økologiske og kjemiske parametere i programmet Overvåkning i referanseelver.. På grunn av begrenset menneskelig påvirkning regnes disse elvene som referanseelver. Av elvene i Mjøsas nedbørfelt er fem elver, Jora, Otta, Sjøa og Store Ula, som drenerer til Gudbrandsdalslågen, og Lera, som renner ut i Brumunda, med i programmet. I hver elv kartlegges fisk, virvelløse bunndyr, bentiske alger, miljøgifter og vannkjemi annethvert år. Det tas prøver for næringsstoffer og andre fysisk-kjemiske parametere hver måned og for metaller hvert kvartal. I noen elver tas det prøver av bentiske alger, virvelløse bunndyr og fisk. Ytterligere informasjon om programmet finnes på Miljødirektoratets hjemmeside (*Overvåkning i referanseelver*, n.d.), og på NIVAs hjemmeside (NIVA, 2021b).

- Den siste rapporten fra Overvåkning i referanseelver: *Overvåking i referanseelver. Oppsummering av data for perioden 2017–2023*(Eriksen et al., 2024).

Overvåkingsprogrammet Mikroplast i norsk miljø (MIKRONOR) kartlegger nivåer og typer av mikroplast i akvatiske systemer i Norge, inkludert i Mjøsa. NIVA har på oppdrag fra Miljødirektoratet overvåket mikroplast siden 2021. I 2022 ble følgende prøver analysert: vannprøver fra vannpumper utenfor Moelv og Hamar, urbant avrenningsvann og avløpsvann fra renseanlegget på Hamar, planktonprøver fra utenfor Skreifjella,

sedimentprøver ved Moelv, Hamar og Skreifjella, og andemuslinger. Ytterligere informasjon om MIKRONOR-programmet finnes på Miljødirektoratets hjemmeside (Miljødirektoratet, n.d.-d) og på NIVAs hjemmeside (NIVA, n.d.-c).

- Data er tilgjengelig gjennom portalen Vannmiljø (Miljødirektoratet, n.d.-h) og på mikronor-data.no (NIVA & Miljødirektoratet, n.d.).
- Den siste rapporten fra programmet for overvåking av mikroplast: *Monitoring of microplastics in the Norwegian environment (MIKRONOR) 2023* (Alling et al., 2024).
- Den siste rapporten fra MIKRONOR med mer omfattende kartlegging av Mjøsa: *Monitoring of microplastics in the Norwegian environment (MIKRONOR)* (Alling et al., 2023).

Arealrepresentativ naturovervåkning (ANO) av terrestriske økosystemer i Norge overvåker mer enn tusen lokaliteter og vurderer den økologiske tilstanden; flere av disse lokalitetene ligger rundt Mjøsa. ANO startet i 2019 og gjennomfører kartlegginger i en femårig rotasjon. Programmet kan i fremtiden være et nyttig verktøy for å vurdere Mjøsas økologi med tanke på endringer i terrestrisk økologi. Ytterligere informasjon om Arealrepresentativ naturovervåkning (ANO) av terrestriske økosystemer i Norge finnes på Miljødirektoratets hjemmeside (Miljødirektoratet, n.d.-a). Dataene skal være tilgjengelige via Miljødirektoratets hjemmeside (Miljødirektoratet, n.d.-b), men tilgangen har vist seg å være noe upålitelig og potensielt tidkrevende.

Rapportserier som kartlegger Mjøsas nedbørfelt

1) *Overvåkning av innsjøer i Innlandet fylke* er en rapportserie som også har omfattet Mjøsregionen. Overvåkingen fra 2020 til 2023 ble utført av Norconsult på vegne av Statsforvalteren i Innlandet. Eriksrudtjernet, Steffensrudtjernet, Sjusjøen, Helsetjtjernet, Sillongen, Kauserudtjernet og Slomma er kartlagt for fysisk-kjemiske egenskaper som indikatorer på vannkvalitet, inkludert taksonomi av planteplankton, undersøkelse og visuell vurdering av farge ved hjelp av Forel-Ule-fargeskalaen, klorofyll a og ToP, i tillegg til konsentrasjon av andre forbindelser. Dataene er tilgjengelige via Vannmiljø (Miljødirektoratet, n.d.-h). Den siste rapporten er *Overvåkning av innsjøer i Innlandet fylke, 2023* (Stabell et al., 2024b).

2) *Overvåkning av elver og bekker i Innlandet fylke* er en rapportserie som omfatter ni elver fra Vannområde Mjøsa. Overvåkingen fra 2021 til 2023 ble utført av Norconsult på vegne av Statsforvalteren i Innlandet. I Vannområde Mjøsa varierer det fra år til år hvilke elver som blir undersøkt. Det tas prøver av Tot-P, virvelløse bunndyr og bentiske alger i elvene. Ikke alle elver er prøvetatt for alle faktorer. Dataene er tilgjengelige gjennom portalen Vannmiljø (Miljødirektoratet, n.d.-h). Den siste rapporten er *Overvåkning av elver og bekker i Innlandet fylke, 2023* (Stabell et al., 2024a).

3) *Reguleringer og fisk i Innlandet* er et prosjekt i regi av Statsforvalteren som kartlegger fiskebiologien i regulerte vassdrag, inkludert Mjøsa. Prosjektet fokuserer på rekruttering av ørret. I Mjøsområdet kartlegges elvene Våla, Moksa, Gausa, Gudbrandsdalslågen, Moelv, Brumunda, Hunnselva og Lenaelva ved hjelp av elektrofiske og fiskefellepasseringer der det er tilgjengelig. I tillegg samler prosjektet inn frivillige rapporter om fangst og fiskeinnsats

fra dreggefiskere/trollingfiskere. Enkeltstående kartlegginger rapporteres i en felles oppsummeringsrapport, mens kartleggingen i de regelmessig kartlagte elvene rapporteres enkeltvis. Ytterligere informasjon om Reguleringer og fisk i Innlandet finnes på hjemmesiden til Statsforvalteren i Innlandet (Statsforvalteren i Innlandet, n.d.). Den siste oppsummeringsrapporten, som inkluderer de enkeltstående kartleggingene, er *Reguleringer og fisk i Innlandet – Fagrapport 2023* (Thorkildsen & Ustvett, 2024). Den siste rapporten for hver av de regelmessig kartlagte elvene er Norum et al., 2025c (Gausavassdraget), Norum et al., 2025b (Gudbrandsdalslågen), Norum et al., 2025d (Hunnselva), Norum et al., 2024a (Lenavassdraget), Moelva: *Overvåkning 2022, 2022* (Moelva), Norum et al., 2025e (Moksa), Norum et al., 2024b (Vinstra) og Norum et al., 2025a (Vålå).

4.5 Biologisk status og overvåkning

Dette avsnittet oppsummerer kunnskapen om de akvatiske samfunnene i og rundt Mjøsa.

Planteplankton

Siden fosfor er den begrensende faktoren for planteplanktonvekst i Mjøsa, har det vært en nedgang i planteplanktonbiomasse siden Mjøsaksjonen på slutten av 1970-tallet. Det totale biovolumet og klorofyll a-konsentrasjonene har blitt halvert (Thrane et al., 2024), noe som sannsynligvis kan tilskrives reverseringen av eutrofieringsprosessen (Nashoug, 1999). Reduksjonen i næringsstoffer har også ført til et skifte i planteplanktonsamfunnet (Thrane et al., 2024), med en stor reduksjon av de mer næringskrevende artene av cyanobakterier, og en høyere forekomst av mer næringsfattige arter av gullalger (*Chrysophyceae* sp.) og Cryptophyceae tidligere i sesongen. De middels næringskrevende kiselalgeartene (*Bacillariophyta* sp.) er redusert tidligere i sesongen, men dominerer fortsatt senere på sommeren og høsten. Generelt er det observert senere toppe i planteplanktonproduksjonen, men Cryptophyceae viste tidligere toppe, sannsynligvis som en effekt av økte temperaturer i overflatevannet (Moe et al., 2022).

Dyreplankton

Biomassen og artssammensetningen i dyreplanktonsamfunnet i Mjøsa har variert betydelig siden den akselererende eutrofieringen på 1950- til 1970-tallet, med påfølgende oligotrofiering fra 1980-tallet. Dyreplanktonovervåking er nå en del av den tiltaksorienterte overvåkingen av Mjøsa (Thrane et al., 2024). Den totale biomassen av planktoniske krepsdyr har gått ned i takt med nedgangen i algebiomasse (Løvik & Kjellberg, 2003).

Nedenfra-og-opp-regulering ser ut til å være den viktigste påvirkningsfaktoren på biomassen av planktoniske krepsdyr, men en ovenfra-og-ned-regulering av vannlopper har blitt observert i år med store mengder lagesild (Løvik & Kjellberg, 2003). Generelt kan den tidligere starten av bestandsvekst for dyreplankton forklares med klimatiske endringer som økte temperaturer, eller indirekte ved at planteplankton blir tidligere tilgjengelig som matkilde (Moe et al., 2022).

Invertebrater

Edelkreps (*Astacus astacus*)

Edelkrepsen brukes som en indikatorart for tilstanden i ferskvannsøkosystemer, da den er følsom for forurensning og gjennomgår morfologiske endringer som følge av endringer i vannføring og introduksjon av fremmede arter som signalkreps (*Pacifastacus leniusculus*) (Miljødirektoratet, 2025a). Signalkreps er kjent fra Hunnselva, Svartelva og Vikselva (Johnsen et al., 2021), som drenerer til Mjøsa. Sporadiske observasjoner i Åkersvika (Kjellberg et al., 1994, s. 19), ved Gjøvik, i Furnesfjorden og ved Hamar er trolig individer fra disse bestandene (Myrvold et al., 2020). Siden Mjøsa er en regulert innsjø, vil bestandene i Mjøsa sannsynligvis være begrenset av rekruttering, da senket vannstand reduserer muligheten for å skjule seg for predatorer (Myrvold et al., 2020). Det er også observert edelkreps i Tangenvika, med høyere tettheter i den indre delen av vika, i Måsåbekken (trolig vandret fra Tangenvika) og i Vikselva (Myrvold et al., 2020). Omtrent 85 % av edelkrepsen som ble fanget i Tangenvika, var større enn 95 mm, noe som indikerer et lavt beskatningstrykk og en bestand som

sannsynligvis er avhengig av rekruttering fra bestanden i Vikselva (Myrvold et al., 2020).

Istidskreps

I Mjøsa har istidsimmigrantene *Gammaracanthus lacustris*, *Limnocalanus macrurus*, *Pallaseopsis quadrispinosa*, *Myoxocephalus quadricornis*, *Cyclops lacustris* og *Mysis relicta* naturlig forekommende bestander (Spikkeland et al., 2016). Med unntak av *Mysis* er ingen av istidsimmigrantene gjenstand for regelmessig overvåking i dag. Tettheten av *Gammaracanthus lacustris* (tidligere *G. loricatus*) ble rapportert å være relativt høy i 2001 med 5 individer per kvadratmeter. I 2002 ble det imidlertid ikke registrert noen individer (Kjellberg, 2004). I 2004 og 2005 var tettheten lav, med maksimalt 4 ungfisk og 1 voksen per kvadratkilometer i 2004 og 3 ungfisk og 1 voksen per kvadratkilometer i 2005 (Kjellberg, 2006). Tilstedeværelsen av voksen krøkle kan være en mulig forklaring på de lavere tallene de senere årene. *Limnocalanus macrurus* viste små bestander i 2007 og 2008, med en økning i 2009 (Løvik et al., 2010).

Den tiltaksorienterte overvåkingen i Mjøsa har inkludert målinger av biomasse av *Mysis relicta* siden 1976. Resultatene viser at både tettheten og biomassen av *Mysis* nå er omtrent halvparten av hva den var på 1970-tallet (Thrane et al., 2024). Tidligere ble det observert en dominerende ovenfra-og-ned-regulering av *Mysis* i Mjøsa, men det var ingen korrelasjoner mellom biomassen av *Mysis* og planteplanktonet eller dyreplanktonet de beitet på (Kjellberg et al., 1991). Siden den tidligere studien i perioden 1967–1980 har det vært en stor reduksjon i biomassen av plante- og dyreplankton (Thrane et al., 2024), og en økning i tallrikhet av krøkle (Gjelland et al., 2020), noe som sannsynligvis har bidratt til endringen i *Mysis*-biomassen, ettersom disse artene har fått dårligere mattilgjengelighet og økt risiko for å bli spist av krøkle. Kjellberg et al. (1991)

legger vekt på en fleksibel livshistorie som buffer mot svingninger fra år til år for *Mysis* i Mjøsa, med en dominerende 2-årig livshistorie og reproduksjon om vinteren.

Bentiske krepsdyr

Sammensetningen av virvelløse bunndyr i elvesamfunn brukes ofte som en indikator på økosystemets helse, forsurening, eutrofiering og organisk belastning (Miljødirektoratet, 2025a). Virvelløse bunndyr i elvene vurderes regelmessig med tanke på eutrofiering og organisk belastning i et sett av elver i tilknytning til Mjøsa, og som en del av den tiltaksorienterte overvåkingen av Mjøsa (4.4.1). I 2023 ble samfunnene av virvelløse bunndyr vurdert til å være i *god* eller *svært god* økologisk tilstand i Gausa, Mesna, Moelva og Brumunda (Thrane et al., 2024). I 2022 ble samfunnene av virvelløse bunndyr vurdert til å være *svært gode*, *gode* og *moderate* i Flagstadelva, *svært gode* i Stokkelva, *moderate* (2/4) og *gode* (2/4) i Lenaelva, og *gode* og *moderate* i Vorma, men uegnede substrater fra Vorma gjør at klassifiseringene er usikre (Thrane et al., 2023). I 2021 ble de virvelløse bunndyrene i Gudbrandsdalslågen, Hunnselva, Svartelva og Vikselva vurdert til å være i *god* økologisk tilstand (Thrane et al., 2022). I Åkersvika viste kartlegginger fra 1974–1975, 1900–1991 og 2010 en nedgang i biomassen av virvelløse bunndyr, muligens som følge av forbedret vannkvalitet, redusert organisk belastning og økt mineralisering av sedimentene, noe som har ført til økt mangfold (Eriksen & Løvik, 2011).

Bløtdyr

Elvemusling brukes som en indikatorart for tilstanden i elveøkosystemer fordi den er følsom for forurensning, endringer i vannføring og morfologiske endringer (Miljødirektoratet, 2025a). I Hunnselva, som renner ut i Mjøsa, finnes det en liten bestand av elvemusling, med anslagsvis 2500 individer i 2008 (Larsen, 2017). Den økologiske tilstanden for elvemusling i Hunnselva har vært vurdert

som moderat siden overvåkingen startet i 1998 (Larsen & Magerøy, 2024), som en del av det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling (Miljødirektoratet, n.d.-g).

Rekruttering i elvemuslingbestander i Norge har vært vist å være negativt korrelert med økende sommertemperaturer (Gosselin et al., 2023). I Hunnselva hadde elvemuslingene en gjennomsnittlig årlig vekst på 0,6 mm fra 2001 til 2008, noe som var under gjennomsnittet (Larsen, 2017). Ingen elvemuslinger med en lengde på under 50 mm ble funnet i kartlegginger mellom 1998 og 2008, noe som indikerer at rekrutteringen stoppet opp delvis eller helt på 1970-tallet (Larsen, 1998, 2017). I 2019 var 1 % av de undersøkte muslingene under 50 mm lange, men det ble ikke observert noen nyrekruttering (Larsen & Magerøy, 2024). I Hunnselva er mulige tiltak for å bedre forholdene blant annet å redusere næringstilførselen til elva, etablere regimer for å «spyle» elva for sedimenter, etablere vegetasjon for å senke vanntemperaturen og redusere mengden sedimenter som kommer ut i elva, flytte muslinger fra nedre til øvre deler, og bedre rekrutteringen ved å forbedre den lokale ørretbestanden (Larsen, 2010). Per 2015 er det ikke gjennomført noen morfologiske habitatforbedringer (Larsen, 2016).

Andemusling er observert i Mjøsa nord for Storfjorden (Ottestad–Skreia), og i Vikselva, Lenaelva, Svartelva, Flagstadelva og bekker på Neshalvøya (Artsdatabanken, n.d.; Larsen, 1998).

Det er ikke rapportert mye om andre ferskvannsmuslinger, familien *Sphaeriidae*, i Mjøsa. Rapporter om *Sphaeriidae* er hovedsakelig funn i sedimentprøver, for eksempel i de sørlige delene av innsjøen (Aanes et al., 2014) og i Svartelva (Rustadbakken et al., 2009). I Åkersvika har *Sphaeriidae*, (sannsynligvis) ertemuslinger (*Pisidium* sp.) og kulemuslinger

(*Sphaerium* sp.), økt i biomasse fra 1990–91 til 2010 (Eriksen & Løvik, 2011).

Fisk

Mjøsa er en artsrik innsjø med 20 registrerte fiskearter (Thorsnæs et al., 2024). Kunnskapen om bestandene av arter i Mjøsa er svært varierende, og den mest undersøkte arten i Mjøsa er ørret. De fleste artene rapporteres bare i form av fangster eller tilstedeværelse, og noen få sammenlignes med tidligere fangster. Noen arter har vært gjenstand for prøvetaking med hensyn til miljøgifter.

Ørret (*Salmo trutta*)

Mjøsa er kjent for sine bestander av storørret. Med storørretbestander menes «naturlig reproduserende [ørretbestander] med regulær forekomst av fiskespisende individer, og hvor overgangen til fiskediett gir A) vekstomslag eller B) utholdende vekst» (Museth et al., 2018).

Ørret (*Salmo trutta*) er en av de mest studerte fiskeartene i Norge (Vøllestad, 2023). Den eksisterende litteraturen om ørretbestanden generelt i Mjøsa er omfattende sammenlignet med andre arter. Den bestandsspesifikke kunnskapen varierer imidlertid sterkt, ettersom mer innsats har vært rettet mot bestanden av de største voksende individene i Gudbrandsdalslågen, og de mer tallrike bestandene som for eksempel i Brumunda. Derfor fokuserer dette avsnittet på den kunnskapen som best representerer bestanden som helhet. Museth et al. (2018) oppsummerer nyere kunnskap om noen av ørretbestandene i Mjøsa gjennom rapporten *Storørret i Norge. Definisjon, status, påvirkningsfaktorer og kunnskapsbehov*.

Det er 58 elver og bekker som i varierende grad er knyttet til Mjøsa, og som fungerer som gyte- og oppveksthabitat for storørret (Gregersen, 2009). De fleste av de kartlagte bekkene ble vurdert å være i god



Figur 4.3 Arbeid med overvåking av fiskebestander i Mjøsa (Foto: Mikkel Emil Lange Friis)

økologisk tilstand, mens mange av elvene hadde forringede gytehabitater. I 11 undersøkte elver ble det ikke funnet noen genetiske forskjeller mellom elveørret og sjørørret som kunne tyde på genetisk differensiering innad i elvene (Wollebæk et al., 2011). Det tyder på at elveørret og sjørørret krysser seg med hverandre, og at strategiene er viktige for bestanden som helhet.

I Mjøsa vandrer sjørørret som regel tilbake til sine fødeelver for å gyte, noe som fører til genetisk differensiering mellom elvene. Denne differensieringen øker med elveavstanden, og det er klare forskjeller mellom elver på motsatt side av innsjøen (Linløkken et al., 2014; Skaala et al., 1991; Wollebæk et al., 2011). Ut fra analyser av ørret fra de 11 antatt viktigste elvene for reproduksjon hadde bestandene en stor grad av naturlig genetisk variasjon og ingen vesentlige tegn på reduksjon av genetisk variasjon i nyere tid, noe som tyder på at den varige genetiske effekten av tidligere bestandsreduksjoner og utsetting av fremmed ørret er liten (Wollebæk et al., 2011).

For storørretbestander er tilgangen på byttedyr av passende størrelse avgjørende (Museth et al., 2018). Sjørørreten i Mjøsa

ser ut til å ha et skifte i dietten ved ca. 25 cm lengde, da ingen mageprøver fra sjørørret mindre enn 25 cm inneholdt fisk, mens alle prøver av fisk større enn 25 cm hadde fisk i magen (Sandlund & Næsje, 1984). Krøkle (*Osmerus eperlanus*), og delvis lagesild (*Coregonus albula*) og sik (*C. lavaretus*) er tidligere identifisert som de viktigste byttedyrartene for storørret (Sandlund & Næsje, 1984; Taugbøl, 1995; Taugbøl et al., 1989).

Mjøsa er en av to norske innsjøer som har en storørretbestand med god økologisk tilstand (Museth et al., 2018). Det ble i 1965 satt i gang med utsetting av ørret i Mjøsa fra Hunderfoss-bestanden. Dette kompensere tiltaket utviklet seg i metode og mengde gjennom flere tiår og hadde sin siste utsetting i 2022 (Næstad et al., 2023). Gjennom fisketrappen i Hunderfossen var det årlige gjennomsnittet av oppvandrer i perioden 2002–2023 høyere enn i perioden 1978–2001, med et gjennomsnitt på henholdsvis 753 og 233 individer per år (Norum et al., 2025b). Siden overvåkingen startet, var 2024 det tredje året på rad med rekordmange oppvandrere ved Hunderfossen i Gudbrandsdalslågen, med 1626 oppvandrende ørret større enn 44 cm registrert ved hjelp av videoovervåking

(Norum et al., 2025b). Det økte antallet oppvandrerere er sannsynligvis et resultat av redusert fangstdødelighet i Mjøsa og i elva, høy tetthet av krøkle og endret lukemanøvrering (Museth et al., 2023). Fra frivillig rapportering har fangstene (i forhold til innsats) i Mjøsa omtrent doblet seg fra perioden 1987–1992 til 2002–2022 (Statsforvalteren i Innlandet, 2022).

Mjøsa er en innsjø med en ganske lang historie med menneskelig påvirkning, og de ulike stoffene og gruppene av miljøgifter i storørreten har variert mye. Miljøgifter i storørret i Mjøsa overvåkes gjennom MILFERSK-programmet. Fra den siste overvåkingen rapporterer Økelsrud et al. (2024) at PBDE og siloksaner i dag er de dominerende miljøgiftene i storørret fra Mjøsa, og at konsentrasjonene av BDE6 (PBDE), PFOS og PFTDA (PFAS) og Hg er svakt avtagende.

Pelagisk fisk

De vanligste artene i de åpne vannmassene i Mjøsa er krøkle, lagesild og sik.

Krøkle (*Osmerus eperlanus*)

Sandlund et al. (2017) oppsummerer eksisterende kunnskap om krøkle og belyser artens betydning for Mjøsas økosystem gjennom rapporten *Variabel livshistorie hos krøkle* (*Osmerus eperlanus*) i Mjøsa og Randsfjorden. Kjønnsmodningsalder for krøkle (*Osmerus eperlanus*) i Mjøsa varierer med kohort, og er vanligvis mellom 2 og 3 år; de fleste gytende individer er mellom 100 og 130 mm lange (Sandlund et al., 2017). Mens de fleste individer stagnerer i vekst på 11–12 cm, kan noen, som sannsynligvis spesialisere seg på kannibalisme, fortsette å vokse til en lengde på 30 cm (Sandlund et al., 1980).

Til tross for at den er et viktig byttedyr for storørret, vet vi lite om krøklens økologi. I Mjøsa er krøklen altetende, og har et

ontogenetisk diettskifte fra planteplankton via dyreplankton og *Mysis* til fisk (kannibalistisk) (Sandlund et al., 2005). Ved hjelp av pelagisk tråling er krøklen vurdert til å være den mest tallrike pelagiske arten i Mjøsa (Gjelland et al., 2020). Gjennomsnittslengden på krøkle fanget med trål i pelagiske masser gikk ned fra 11–14 cm i perioden 1978–1981 til 10–11 cm i 2018 (Gjelland et al., 2020). Den totale biomassen ser imidlertid ut til å være omtrent den samme fordi tallrikheten har økt.

Lagesild (*Coregonus albula*)

Tallrikheten av lagesild var lavere i 2018 enn i perioden 1978–1981 basert på pelagisk tråling (Gjelland et al., 2020). Siden perioden 1978–1981 ser det ut til at lagesild har hatt en forskyvning i dybdepreferanse mot dypere vann. Det har vært en betydelig økning i fangstene av lagesild med bunngarn på dyp fra 0 til 50 m (Gjelland et al., 2020; Sandlund et al., 1980, 2021). Dette kan være en respons på økende temperaturer i overflatevannet i Mjøsa (Solheim et al., 2019). Etter noen år med relativt magre fangster, reduksjon i størrelse og færre større individer, gjennomgikk bestanden av lagesild en kollaps i 2019 (Linløkken & Rukan, 2020). Den sammenfallende økningen av mellomskarv (*Phalacrocorax carbo sinensis*) forut for kollapsen ble påpekt av noen, men estimerer av skarvens effekt på lagesildbestanden tyder på at den bare har hatt en mindre innvirkning (Andersen et al., 2018; Linløkken & Rukan, 2020).

Sik (*Coregonus lavaretus*)

Det er kjent at siken i Mjøsa har to nisjeskifter i løpet av livssyklusen, med endring i habitat og diett: Ungfisk (< 25 cm) oppholder seg gjerne i den grunne epibentiske sonen (0–30 m), der de beiter på dyreplankton og små og mellomstore insekter, mens mellomstore individer (25–35 cm) også bruker dypere epibentiske (0–90 m) og pelagiske habitater, hvor de beiter på dyreplankton og insekter, samt på den

større amfipoden firetorner istidskreps (*Pallasea quadrispinosa*), og av og til krøkle. Større individer (> 35 cm) er begrenset til den dypere epibentiske sonen (30–90 m) og beiter på firetorner istidskreps (Sandlund et al., 1992). En sesongmessig endring fra epibentisk til pelagisk habitatbruk for sik med kroppslengder mellom 25 og 35 cm ble observert om sommeren, da den sesongmessig økende dyreplanktontettheten på 0–50 m dyp økte med pelagiske garnfangster av sik (Næsje et al., 1991). Tallrikheten av sik ser ut til å ha vært lavere i 2018 enn i perioden 1978–1981 basert på pelagisk trålfangst (Sandlund et al., 2021). Lengden på kjønnsmoden sik var rundt 30 cm i 2018 og er dermed omtrent som på slutten av 1970-tallet (Gjelland et al., 2020). I likhet med lagesild har antall små sik (< 15–20 cm) fanget med bunngarn økt betydelig siden perioden 1978–1981 (Gjelland et al., 2020).

Litoral, bentisk og elvelevende fisk

Litoral, bentisk og elvelevende fisk i Mjøsa er tettere knyttet til strandsonen, til bunnen av innsjøen og til de tilknyttede elvene og bekkene.

Gjedde (*Esox lucius*)

I Mjøsa er det rapportert at gjedda kan nå Gudbrandsdalslågen opp mot Hunderfossen (og deler av Gausa), samt utløpselva Vorma (Hesthagen & Sandlund, 2012). Tangenvika og Åkersvika er identifisert som viktige gyte- og oppvekstområder for gjedde (Johnsen et al., 2014; Myrvold et al., 2020), det samme er Lågendeltaet. I Lågendeltaet økte gytevandringen av gjedde med økende vannstand i Mjøsa. Gjeddene ser også ut til å ha et lavt beskatningsstrykk, da 34 % av de innsamlede individene var eldre enn 10 år (Eggebo, 2024). I Mjøsa er PFAS vist å være den dominerende miljøgiften i gjedde (Jartun et al., 2023).

Abbor (*Perca fluviatilis*)

Abbor er vanlig i Mjøsa i den epibentiske sonen, med høyere tettheter på grunnere vann (Gjelland et al., 2020). Antall abbor fanget under prøvetakingen i 2018 var betydelig høyere enn i 1979 (Gjelland et al., 2020). En økning i størrelsen på individer i aldersgruppen 4–7 år tyder på bedre vekst for abborne som ble samlet inn i 2018, enn for dem som ble samlet inn i 1979 (Gjelland et al., 2020; Sandlund et al., 2021). PFAS var den dominerende miljøgiften i abbor (Jartun et al., 2023). Åkersvika og Tangenvika er identifisert som viktige gyte- og oppvekstområder for abbor (Johnsen et al., 2014; Myrvold et al., 2020), det samme er Lågendeltaet. I Lågendeltaet økte gytevandringen av abbor med synkende vannstand i Mjøsa etter vårfloppen, noe som indikerer at flom var nødvendig for å sette i gang gytevandringen (Eggebo, 2024). Utenfor Moelv ble det for abbor i perioden fra juni til oktober observert liten døgnvariasjon i dybde og redusert aktivitet om natten (Tofte, 2025). Abborne holdt seg gjennomsnittlig ved åtte meters dyp gjennom hele dagen, med et økende daglig gjennomsnittsdyp senere i sesongen. Abborens aktivitet økte fra juni til begynnelsen av august, før den avtok mot midten av oktober.

Hork (*Gymnocephalus cernuus*)

Ved prøvetaking med nordiske fleromfargarn (oversiktsgarn) ser det ut til at hork er den mest tallrike fiskearten i litoralsonen i Mjøsa (Gjelland et al., 2020). Konsentrasjonene av bly, nikkel, kadmium, sink, krom, kobber og arsen i leveren til horken var lave, og det samme var nivåene av PAH-metabolitter, slik man kan forvente i en innsjø uten kjente lokale utslippspunkter (Garmo et al., 2017). Blant de testede biotaene ble de høyeste konsentrasjonene av miljøgifter funnet i mageinnholdet til hork, og i helkroppsprøver av hork var den dominerende gruppen av miljøgifter den samme som i sedimentene, QAC,

siloksaner og UV-forbindelser (Jartun et al., 2023).

Harr (*Thymallus thymallus*)

Harrbestanden i Mjøsavassdraget har gått tilbake de siste årene (NINA, 2019). Kartlegginger i Gudbrandsdalslågen i 2014 viste lavere tettheter av harr enn tidligere (Johnsen et al., 2015). I tillegg til Gudbrandsdalslågen og dens sideelver, er harren rapportert å være knyttet til mange av de større elvene, som Moelva, Hunnselva og Vikselva (Kjellberg, 2004), Svartelva og Flagstadelva (Kraabøl & Museth, 2008), Lenaelva (Westly & Rustadbakken, 2006), og Brumunda (Kjellberg et al., 2001), og til andre elver og bekker (Linløkken, 2012). Det er 58 elver og bekker som i varierende grad fungerer som gyte- og oppveksthabitat for harr (Gregersen, 2009). De fleste av de kartlagte bekkene ble vurdert å være i god økologisk tilstand, mens mange av elvene hadde forringede gytehabitater.

Karpefisk

Sju arter av karpefisk er beskrevet i Mjøsa: laue (*Alburnus alburnus*), brasme (*Abramis brama*), gullbust (*Leuciscus leuciscus*) karuss (*Carassius carassius*), ørekyt (*Phoxinus phoxinus*), vederbuk (*Leuciscus idus*) og mort (*Rutilus rutilus*). Kunnskapen om de lokale bestandene er begrenset, og er i stor grad knyttet til observasjoner i forbindelse med gytevandringen.

Utenfor Moelv ble det for vederbuk i perioden fra juni til oktober observert en tydelig vertikal døgnvandring, med opphold på dypere vann om dagen og forflytning til grunnere områder om natten, med et stabilt aktivitetsnivå gjennom hele dagen (Tofte, 2025). Vederbukken holdt generelt et daglig gjennomsnittsdyp på mindre enn to meter, med en liten økning i gjennomsnittsdyp senere i sesongen. Vederbukens aktivitet økte fra juni til begynnelsen av august, før den avtok mot midten av oktober.

Åkersvika er et viktig gyte- og oppvekstområde for mort, vederbuk, brasme, laue, karuss og ørekyt (Johnsen et al., 2014; Kjellberg et al., 1994; Museth et al., 2010), det samme er Tangenvika (Myrvold et al., 2020). Lågendeltaet er et annet viktig område for karpefisk i Mjøsa. Gullbust er kun observert i små antall i nedre del av Gudbrandsdalslågen, og i mye større antall lenger oppstrøms i elva ovenfor Hunderfossen (Johnsen et al., 2015). Vederbuk og brasme i Gudbrandsdalslågen ser ut til å være tettere knyttet til evjer og flomløp gjennom hele sesongen, mens mort og ørekyt bruker disse habitatene i forbindelse med gyting (Johnsen et al., 2015). Gullbust kan også gyte i hovedløpet (Johnsen et al., 2015), da de er kjent for å gyte på sand og grus i rennende vann (Kraabøl & Museth, 2008; Vriese et al., 1994). I Lågendeltaet er gytevandringen av mort og brasme observert å øke med synkende vannstand etter vårfloppen, noe som indikerer at flom er nødvendig for å sette i gang gytevandringen (Eggebo, 2024).

I 2018 ble det fanget flest mort i Furnesfjorden, og individer mellom 210 og 270 mm var mest tallrike (Gjelland et al., 2020). Antall mort fanget under prøvetakingen i 2018 var betydelig lavere enn i 1979 (Gjelland et al., 2020).

Nipigget stingsild (*Pungitius pungitius*)

Det er ikke rapportert mye om nipigget stingsild i Norge (Vøllestad, 2023) eller i Mjøsa. Nipigget stingsild bruker Åkersvika under gytevandringen om sommeren (Kjellberg et al., 1994). Noen få individer ble fanget under elektrofiske med båt i Tangenvika i mai 2019 (Myrvold et al., 2020).

Lake (*Lota lota*)

Lakens økologi i Mjøsa er beskrevet av Sandlund et al. (1985). Lake finnes oftest på 10–80 meters dyp, noe som sammenfaller med funn fra ØKOSTOR, der lake kun ble fanget under 15 meter, og viste høyest CPUE på 30–45 meters

dyp (Gjelland et al., 2020). Laken viste en vekstrate og kjønnsmodningsalder tilsvarende den man finner i andre oligo-/mesotrofe innsjøer. I Mjøsa var det firetornet istidskreps (*Pallasea quadrispinosa*) og krøkle som var lakens viktigste byttedyr. Ved å beite på den semipelagiske krøklen bidrar laken til å overføre energi fra det pelagiske til det bentiske økosystemet.

Konsentrasjonene av bly, nikkel, kadmium, sink, krom, kobber og arsen i hørke- og lakelever var lave og på et nivå man kan forvente i innsjøer uten kjente lokale utslipp, og det samme gjaldt nivåene av PAH-metabolitter, mens konsentrasjonen av kvikksølv i muskel var på samme nivå som hos storørret, mer enn fire ganger så høy som miljøkvalitetsstandarden (Garmo et al., 2017). Nivåene av PCB, DDT og PBDE var henholdsvis ca. 10, 15 og 300 ganger høyere i lake fra Mjøsa enn i lake fra referansesjøen Losna i prøver fra 2005–2008 (Berg et al., 2013), noe som understreker den høye antropogene påvirkningen på fisk i Mjøsa. Laken i Mjøsa viste også høyere antall lesjoner, høyere antall infeksjoner og lavere hepatisk lipidinnhold (Berg et al., 2013), samt endrede fysiologiske prosesser (Olsvik et al., 2013), sammenlignet med Losna, noe som tyder på at de høyere forurensningsnivåene kan ha en negativ innvirkning på fiskehelsen i Mjøsa (Berg et al., 2013; Olsvik et al., 2013).

Steinsmett (*Cottus poecilopus*)

Steinsmett er en art som har fått lite oppmerksomhet i forskningen i Norge (Vøllestad, 2023), og det er ikke rapportert mye om bestanden av steinsmett i Mjøsa bortsett fra at den finnes i Åkersvika (Johnsen et al., 2014; Kjellberg et al., 1994), og at det ble fanget et lite antall individer under ØKOSTOR i Ringsakerfjorden (Brøttum), i Furnesfjorden (Jessnes) og ved Tangen (Trosvika) (Gjelland et al., 2020).

Hornulke (*Myoxocephalus quadricornis*)

Hornulke er kun kjent fra to innsjøer i

Norge, hvorav den ene er Mjøsa, hvor den første observasjonen i Norge ble gjort i 1979 (Sandlund, 1979). Basert på videoovervåking holder hornulkene til på mudderbunn, og tettheten øker med dybden. Bestanden er anslått til å være på ca. 2 millioner individer (Kraabøl et al., 2012).

Elvenløye (*Lampetra fluviatilis*)

Elvenløye er gjenstand for minimal oppmerksomhet eller vitenskapelig forskning i Norge (Vøllestad, 2023). Flagstadelva, Finsalbekken og Svatelva er identifisert som gyteområder for niøye, som sannsynligvis vandrer oppstrøms om høsten (Vøllestad, 2023). Fem niøyer ble fanget i Åkersvika 22. september 2014, sannsynligvis på gytevandring (Johnsen et al., 2014). Seks individer ble fanget under pelagisk tråling i Ringsakerfjorden ved Moelv i 2012, noe som utgjorde 0,7 % av antall fanget fisk (Gjelland et al., 2013). I 2018 ble det fanget 10 og 4 individer under pelagisk tråling i henholdsvis Ringsakerfjorden og Furnesfjorden, mens ingen ble fanget i Storfjorden (Gjelland et al., 2020).

Amfibier

Av de seks reproduserende amfibiartene i Norge har mange relativt stor geografisk utbredelse, med unntak av damfrosken (*Pelophylax lessonae*), som kun er registrert på en håndfull lokaliteter i Sør-Norge (Dolmen, 2012). Amfibier, spesielt salamandere, er blant annet sårbare for introduksjon av arter i økosystemer (spesielt fisk), habitatfragmentering, reduksjon av skog og våtmarker mellom jordbruksenheter, økende infrastruktur, forurensning fra jordbruk, industri og byutvikling, vegetasjonsinngrep fra dammer og drenering av våtmarker (Handlingsplan for Stor Salamander *Triturus cristatus*, 2008; Wyman, 1990).

Langs Mjøsas østlige bredd finnes småsalamander (*Lissotriton vulgaris*),

storsalamander (*Triturus cristatus*),
 buttsnutefrosk (*Rana temporaria*),
 spissnutefrosk (*Rana arvalis*) og
 nordpadde (*Bufo bufo*) (Strand, 2008). På
 vestsiden finnes bare småsalamander
 og buttsnutefrosk (Jensen, 1996; Strand,
 2007). I Lillehammerregionen finnes
 småsalamander, storsalamander,
 buttsnutefrosk og nordpadde (Strand,
 2007).

4.6 Økologiske trender

Det finnes to nasjonale verktøy for
 å evaluere biologisk mangfold og
 økosystemutvikling i ferskvannssystemer i
 Norge, vannforskriften (Miljødirektoratet,
 2025a) og Naturindeks for Norge
 (Miljødirektoratet, n.d.-f). For evaluering
 av ferskvannssystemer er det behov for
 bedre representasjon av indikatorer som
 er følsomme for vannkraftregulering,
 klimaendringer og fremmede arter
 (Jakobsson & Pedersen, 2020), og det er
 behov for bedre samordning og samarbeid
 mellom rapporteringsordningene (Sandvik,
 2019).

I den siste kartleggingen ble den
 samlede økologiske tilstanden basert på
 eutrofiering og organisk belastning (PIT
 og ASPT) vurdert til å være *god* eller *svært
 god* i Gausa, Mesna, Moelva og Brumunda,
 med unntak av den nederste stasjonen i
 Brumunda, der den ble vurdert til å være
moderat (Thrane et al., 2024). Den ble
 vurdert til å være *moderat* / *svært god* i
 Flagstadelva, *god* / *svært god* i Stokkelva,
moderat / *god* i Lenaelva og *moderat* /
god i Vormå; begrensede faktorer var
 virvelløse bunndyr og bentiske alger på
 varierende lokaliteter (Thrane et al., 2023).
 Elveovervåkingsprogrammet klassifiserte
 de nedre delene av Vormå til å ha *moderat*
 økologisk tilstand i 2023 (og i 2020 og
 2017), med gode nivåer av ToP og PIT, og
 moderate nivåer av ASPT (Kile et al., 2024).
 I Gudbrandsdalslågen ble det registrert

god / *svært god* tilstand, i Hunnselva
moderat / *god* tilstand, i Svartelva *moderat* /
god tilstand og i Vikselva *moderat* tilstand;
 begrensede faktorer var vekst i forhold til
 eutrofiering (Thrane et al., 2022).

I Mjøsa ble den samlede økologiske
 tilstanden basert på planteplankton,
 Tot-P, siktedyp og fysisk-kjemiske faktorer
 vurdert til å være *god* ved Brøttum,
 Furnesfjorden og Skreia, og *moderat* ved
 Kise (på grunn av lavere siktedyp etter
 ekstremværet Hans) i 2023 (Thrane et al.,
 2024). Alle stasjonene hadde *god* økologisk
 tilstand i 2022 og 2021. I 2023 ble innsjøen
 vurdert til å være i *god* økologisk tilstand
 (0,79) i overensstemmelse med WS-FBI-
 indeksen, som tar hensyn til fiskebiomasse
 som et resultat av eutrofiering (Haande
 et al., 2024). Dette er en liten reduksjon
 fra *svært god* (0,81) i 2021 (Haande et al.,
 2022).

Mjøsa er eksponert for miljøgifter gjennom
 en rekke ulike kilder: luft, industri og
 avrenning fra transportinfrastruktur,
 avløpsvann, urbane områder og landbruk.
 Fra den siste rapporten om tiltaksorientert
 overvåking av Mjøsa presenterer Thrane et
 al. (2024) noen av de sentrale miljømålene
 for Mjøsa:

1. Konsentrasjonen av totalfosfor (Tot-P)
 på senvinteren skal ikke overstige 5 µg/l.
2. Middelverdiene for total
 planteplanktonbiomasse og for klorofyll
 a i vekstsesongen for alger skal ikke
 overstige henholdsvis 0,4 mg/l og 2,0
 µg/l.
3. Middelverdien for siktedypet i Mjøsas
 sentrale vannmasser skal være mer enn
 8 m.

Næringsstoffer og eutrofiering

De siste resultatene fra den
 tiltaksorienterte overvåkingen av
 Mjøsa (Thrane et al., 2024) viser en
 trend med nedgang i fosfor og økning
 i nitrogen. Tot-P-konsentrasjonene på

senvinteren / tidlig vår har gått ned fra 8–12 til 2–4 µg/l siden overvåkingen startet på 1970-tallet, noe som skyldes Mjøsaksjonen og senere tiltak for å redusere eutrofieringen (Nashoug, 1999). Siden 1998 har senvinterkonsentrasjonene (eller vårkonsentrasjonene) tilfredsstilt miljømålet på 5 µg/l, med unntak av Brøttum stasjon i 2012. Nedgangen i Tot-P-konsentrasjonene er også synlig for årsgjennomsnittet, som har sunket fra 7–10 µg/l til 4–6 µg/l det siste tiåret, noe som klassifiseres til *god* økologisk kvalitet i henhold til vannforskriften (Miljødirektoratet, 2025a). I Mjøsa er Tot-N-konsentrasjonene klassifisert som *moderat* økologisk tilstand ved stasjonene Kise (450 µg/l), Furnesfjorden (541 µg/l) og Skreia (475 µg/l), og *god* ved Brøttum (330 µg/l) for 2023. Tot-N-konsentrasjonene på senvinteren (eller våren) har økt med 24 µg/l per tiår siden 1970-tallet, med en høyere økning de to siste tiårene. Forfatterne understreker at økningen i Tot-N sannsynligvis er et resultat av lokal avrenning, hovedsakelig fra landbruket. De lavere konsentrasjonene som er målt ved Brøttum, der vannet er sterkt påvirket av den mindre jordbrukspåvirkede Gudbrandsdalslågen, gjenspeiler effekten på nitrogen fra avrenning fra jordbruksarealer. Tot-N-konsentrasjonen er ikke knyttet til klassifiseringen av innsjøens samlede økologiske tilstand, da eutrofieringsprosessene i Mjøsa er begrenset av fosfor.

I 2023 var gjennomsnittet av registrerte siktedyp relativt lavt som følge av økt turbiditet etter ekstremværet Hans (Thrane et al., 2024). Gjennomsnittsregistreringene ved Skreia (6,9 m) og Furnesfjorden (6,8 m) kvalifiserte til *god* økologisk tilstand, mens gjennomsnittsregistreringene ved Kise stasjon (5,8 m) var *moderat*. De registrerte siktedypene i 2023 nådde ikke det sentrale miljømålet på minimum 8 m i gjennomsnitt ved Skreia. Ved Skreia har det gjennomsnittlige siktedypet økt fra 4–6 meter på 1970-tallet til 9–11 meter på 2000-tallet, hovedsakelig på grunn

av nedgangen i algebiomasse. I løpet av det siste tiåret har det gjennomsnittlige siktedypet variert mellom 7 og 9 meter, og som oftest har det ligget over 8 meter og nådd det lokale målet.

Ved overvåkingsstasjonene i Mjøsa har Cyanomax blitt klassifisert som *svært god* og *god* ved Skreia overvåkingsstasjon siden slutten av 1970-tallet, og i 2023 ble Cyanomax klassifisert som *svært god* ved alle fire stasjonene (Thrane et al., 2024). I store innsjøer kan skadelige algeoppblomstringer forekomme lokalt i grunne bukter og på strender uten at det kan påvises på målestasjonene ute i vannet, noe som er tilfelle i Mjøsa (Solheim et al., 2022).

Eutrofieringssymptomene i Mjøsa nådde en topp på 1970-tallet (Hobæk et al., 2012), og har siden da vist en generell nedgang. Det siste tiåret har det imidlertid vært en økende trend i klorofyll a, en indikator på eutrofiering, i Furnesfjorden og ved Skreia stasjon, samt flere lokale oppblomstringer observert i strandsonen (Bechmann et al., 2021i; Solheim et al., 2022). I løpet av de siste 20 årene har det vært en økning i antall landbruksdyr i Mjøsas nedbørfelt, samt en økning i fosforavrenning fra spredning av husdyrgjødsel (Bechmann et al., 2021i). I noen av de større nedbørfeltene som drenerer til Mjøsa (Lenaelva, Hunnselva, Flagstrelva, Svartelva, Moelva og Tingnes-Brøttum, Heggshuselva, Skanselva og Bausbakkrelva og Gausa) er spredt avløp den største bidragsyteren til biotilgjengelig fosfor (Bechmann et al., 2021i). For Gudbrandsdalslågen er skog og utmark den største bidragsyteren (2,5 tonn estimert), etterfulgt av spredt avløp (2,4 tonn estimert). For de fleste av disse elvene er landbruket den største bidragsyteren til Tot-P. De lokale algeoppblomstringene kan tilskrives økt lokal tilførsel av fosfor, økt temperatur i overflatevannet og økt hyppighet av kraftige nedbørshendelser.

Miljøgifter

Historikk over, kunnskap om og foreslåtte tiltak for de store gruppene av miljøgifter i Mjøsa er oppsummert i *Miljøgiftene i Mjøsa – historikk, kunnskap og tiltaksplan* (Fjeld, 2019). De siste resultatene fra den pågående MILFERSK-overvåkingen, samt trender, er rapportert i rapporten *Monitoring of environmental contaminants in freshwater food webs (MILFERSK), 2023* (Økelsrud et al., 2024).

Metaller

Det er kjent at kvikksølv, Hg, i fiskespisende fisk, som storørret, gjedde, storabbor og lake, overskrider miljøkvalitetsstandarden på 0,2 mg/kg våtvekt og Mattilsynets grense på 0,5 mg/kg våtvekt for salg til konsum (Fjeld, 2019). Historisk sett har lokal industri vært en viktig kilde til kvikksølvforurensning (Fjeld, 2019), mens i nyere tid er den viktigste kilden til kvikksølv i akvatiske systemer langtransportert atmosfærisk forurensning (Wang et al., 2004). Den gjennomsnittlige lengdejusterte kvikksølvkonsentrasjonen i ørret var lavere i perioden 2015–2023 enn i perioden 2006–2014, noe som tyder på avtakende kvikksølvkonsentrasjon for den gjennomsnittlige fiskelengden der fisken når 0,5 mg/kg våtvekt, som er ca. 56 cm (Økelsrud et al., 2024).

Organiske miljøgifter

De siste resultatene fra MILFERSK-programmet (Økelsrud et al., 2024) viser at PFAS, siloksaner (D5) og PBDE er de organiske miljøgiftene som har høyest konsentrasjoner i fisk på høyere trofiske nivåer. PBDE-konsentrasjonene i ørret nådde en topp på begynnelsen av 2000-tallet og har vist en betydelig nedgang siden da, men de ligger fortsatt over miljøkvalitetsstandarden. Konsentrasjonene av siloksan D5 er under miljøkvalitetsstandarden, og det samme er PFAS-gruppen for de fleste individene av undersøkt ørret. Både

siloksan D5 og PFAS viser en svakt avtagende trend i konsentrasjonene. På lavere trofiske nivåer dominerer den ikke-biomagnifiserende UV-forbindelsen oktokrylen, med høyere konsentrasjoner i de pelagiske enn i de bentiske miljøene.

Mikroplast

Det anslås at 35,9 (7,4–119,4) tonn mikroplast slippes ut i Mjøsa årlig, og at ca. 10 % av dette bunnfelles i sedimentene. Det meste av mikroplasten (70–90 %) skyldes avfall fra byområder på avveie og spredning av kloakkslam på landbruksjord (Clayer et al., 2021). Fragmenter fra historiske planktonprøver tyder på at Mjøsa har vært tilført mikroplast siden 1970-tallet (Lusher et al., 2018).

Lokaliteter i Mjøsa som er påvirket av elver, urbane områder, veier og avløpsrenseanlegg, har vist høyere konsentrasjoner av mikroplast enn referansesjøen Femunden, og sedimentakkumuleringsområder i Mjøsa representerer lokaliteter med færre potensielle kilder til mikroplasttilførsel (Lusher et al., 2018). I en studie hadde ett av ti individer av andemusling ett mikroplastfragment (Lusher et al., 2018). I denne studien ble prøvene siktet på en 36-mikrometer-sikt. Konsentrasjonene i nesten alle substrater og dyr øker betydelig, noen kilder sier eksponentielt og med reduserte størrelser og lavere terskelverdier. Derfor er falske negativt for mikroplastforurensning sammenlignet med faktiske konsentrasjoner en høyst reell mulighet. Dette er spesielt tilfelle i områder med tung biltrafikk, der det er mye støv som er mindre enn 36 mikrometer (støv fra biler måles normalt på 10- og 2,5-mikrometer-nivåer). Slike områder finnes langs mye av Mjøsa.

Alling et al. (2023) rapporterer at det i vannprøver ble funnet høyest konsentrasjoner av dekkslitasjepartikler i prøver av urban avrenning (Hamar og Oslo kombinert). I tørrstoffprøver

ble det funnet nest høyest konsentrasjon av dekkslitasjepartikler i ferskvannssedimenter (høyest var konsentrasjonen i blåskjell fra norskekysten) (Alling et al., 2023). I Mjøsa ble de høyeste konsentrasjonene av dekkslitasjepartikler i sedimenter funnet utenfor Hamar, etterfulgt av Mjøsbrua (ved Moelv), mens konsentrasjonen i prøvene utenfor Skreifjella ikke var påvisbar. Dette sammenfaller med de høyeste rapporterte konsentrasjonene av mikroplastverdier nær Hamar, etterfulgt av Mjøsbrua, og svært lave konsentrasjoner utenfor Skreifjella (Lusher et al., 2018). Den høye konsentrasjonen av dekkslitasjepartikler i sedimentprøvene ved Hamar er sannsynligvis relatert til urban avrenning. Prøvene av avløpsvann og urban avrenning (fra Oslo og Hamar) viste 1000–10 000 ganger så høye konsentrasjoner av mikroplastpartikler som i kontrollprøvene. Forfatterne understreker at det er stor variasjon mellom prøvene, og at det ikke bør trekkes bastante konklusjoner. Men avløpsvann fra renseanlegg ser ut til å være en viktig kilde til mikroplast, i tillegg til dekkslitasjepartikler.

4.7 Endringer i arealbruk og arealdekke

Selektiv hogst var på sitt høyeste på 1800-tallet på grunn av befolkningsveksten; mer intensiv hogstpraksis oppstod da bønder solgte hogstkontrakter til selskaper fra rundt 1860 (Aasetre & Bele, 2009). Siden 1950-tallet har flatehogst vært det dominerende hogstregimet, noe som har skapt et fragmentert landskap med flekker av skog med jevnaldrende trær.

Helseth et al. (2022) gir en oppsummering av skogens økosystemtjenester i Norge, med vekt på trender, tilstander og drivere for endring fra 1950 til 2020. De viktigste

driverne for skogtransformasjon i Norge fra 1950 til 2020 er industrielt skogbruk, storskala skogkultur og skogreising, og utbygging av infrastruktur (f.eks. veier og fritidsboliger). Siden 1950-tallet har flatehogst vært det dominerende hogstregimet, noe som har skapt et fragmentert landskap med flekker av skog med jevnaldrende trær (Aasetre & Bele, 2009). Figur 4.3 – 4.5 viser nylige endringer i arealdekke i området rundt Mjøsa, med en nedgang i skogarealet på ca. 1 %.

Dype endringer i norsk økonomi, inkludert et skifte mot tertiærsektoren (tjenesteytende sektor) og mekanisering av skogbruket, har i betydelig grad påvirket utviklingen i skogens økosystemtjenester (Helseth et al., 2022). Norsk skogbruk og treindustri har imidlertid fortsatt stor økonomisk betydning, både på nasjonalt, regionalt og lokalt nivå. Førstehåndsverdien av norsk tømmer var på 3 milliarder kroner i 2008. Samme år hadde tømmer og treprodukter en bruttoverdi på ca. 48 milliarder kroner, tilsvarende 5 % av Norges bruttonasjonalprodukt (det norske skogselskapet, 2011). Den direkte verdien av tømmeravvirkingen i Norge var i 2024 totalt 8,3 milliarder kroner (Bern et al. 2025)

Datasettet «The Dynamic World» (<https://dynamicworld.app/>), tilgjengelig via Google Earth Engine (https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/GOOGLE_DYNAMICWORLD_V1), tilbyr et kraftig verktøy for nær sanntids overvåkning av globale endringer i arealbruk og arealdekke (LULC), som for eksempel endring i skogdekke. Ved bruk av Sentinel-2-satellittbilder med middels romlig oppløsning (10 m) kan datasettet generere prediksjoner av arealbruk og arealdekke (LULC) med classesannsynligheter for ni kategorier (vann, trær, gress, oversvømt/flompåvirket vegetasjon, jordbruksvekster, busk og kratt, bebyggd, barmark samt snø og is) med 2–5 dagers mellomrom. Det bør

påpekes at fordi Sentinel-2 er en optisk satellitt så kan både datatilgjengelighet og datakvalitet påvirkes av skydekke. Derfor er det vanlig å skape flerdatokompositter for å sikre skyfrie dataprodukter.

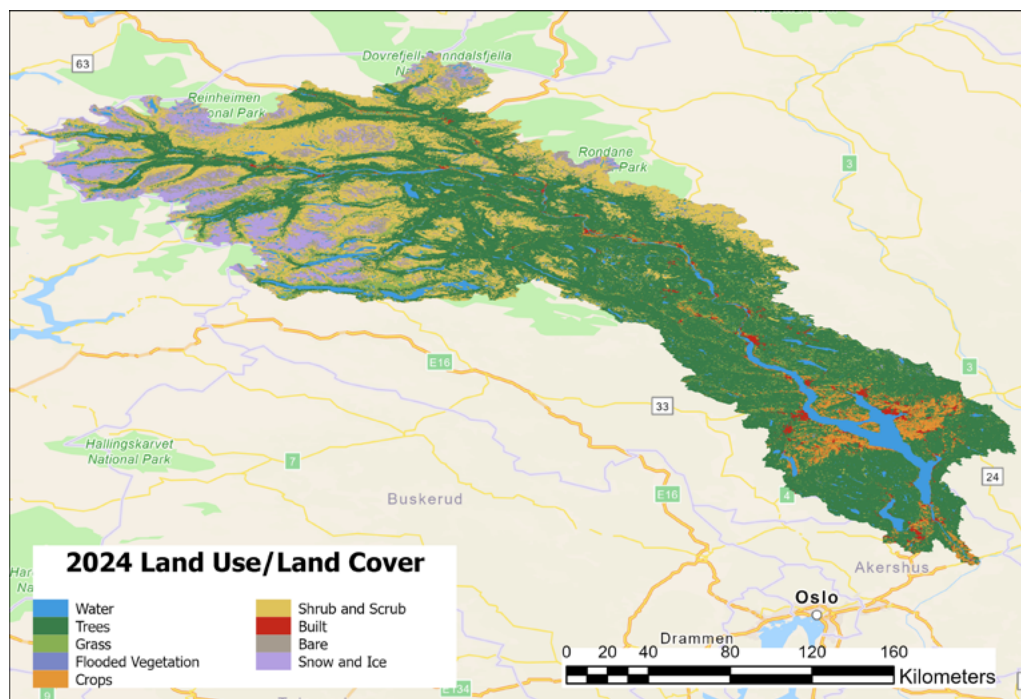
Disse dataproduktene er avgjørende for å oppdage raske endringer som følge av naturkatastrofer som skogbrann eller flom, eller fra menneskelige aktiviteter som avskoging eller urban ekspansjon, endringer som tradisjonelle årlige eller femårige LULC-kart ofte ikke klarer å fange opp. For eksempel kan endringen i skogdekke mellom bildene fra 2019 og 2024 være minimale, men bildene demonstrerer hvordan datasettet kan identifisere og overvåke selv subtile endringer over store områder (Figur 4.3 - 4.5) (For mer data knyttet til disse figurene se Vedlegg 3)

Selv om klassifisering basert på enkeltbilder og per-piksel-analyser kan innebære visse begrensninger for langtidsstudier, ettersom datakatalogen fortsatt er begrenset (den ble lansert i 2015). Datasettet nytteverdi øker etter hvert som flere observasjoner blir tilgjengelige. Dette muliggjør mer helhetlig overvåkning over lengre tidsperioder. For slik langtidsmonitorering er det avgjørende å etablere en grunnlinje. Ved å generere LULC-kart for bestemte områder og tidsperioder ligger datasettets viktigste styrke i muligheten til å overvåke landskapsendringer på en oppløsning på 10 m over store geografiske områder. Datasettet gjør det mulig for forskere, myndigheter og organisasjoner å kvantifisere endringer i det øyeblikket de oppstår, og dermed støtte tidsriktige beslutninger innen miljøforvaltning, beredskap og klimaforskning.

For eksempel kan endringen i skogdekke mellom bildene fra 2019 og 2024 være minimale, men bildene demonstrerer hvordan datasettet kan identifisere og overvåke selv subtile endringer over store områder (Figur 4.3 - 4.5). Figur 4.3 viser LULC for et område i 2024 og gir et øyeblikksbilde av landskapet. I kontrast viser figur 4.4 det samme området i 2019 og tjener da som kritisk grunnlag for sammenlikning.

Sammenlikningen av disse to bildene viser miljøets dynamiske natur. Datasettets mulighet for å kvantifisere disse endringene er et av datasettet nøkkelstyrker. For eksempel, prosentandel av arealdekke for hver kategori kan regnes ut, som vist i tabell 1 for 2024 og tabell 2 for 2019 (Vedlegg 3).

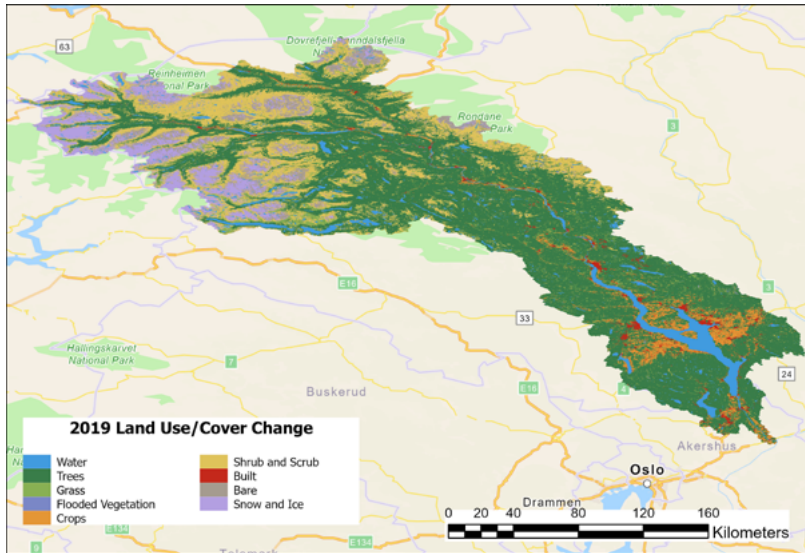
Datasettets virkelige potensial ligger i dets evne til å kvantifisere endringer over tid. Figur 4.5 viser endringene i skogdekke fra 2019 til 2024 og fremhever både områder med tap og områder med tilvekst. Tabell 3 (Vedlegg 3) tallfester denne spesifikke endringen ytterligere og gjør det enkelt å se nettoendringen. Slik informasjon er avgjørende for å støtte tidsriktige beslutninger innen miljøforvaltning, beredskap og klimaforskning.



Figur 4.4 2024 Arealbruk og arealdekkeendring i området rundt Mjøsa.

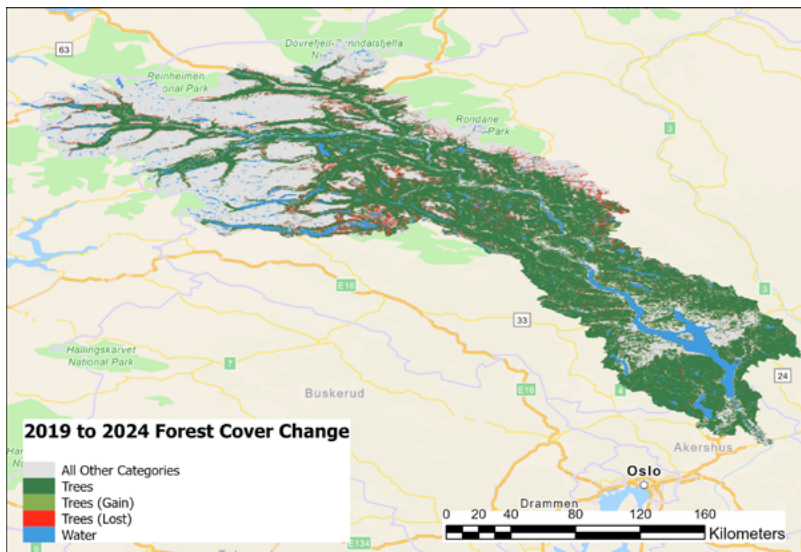
Datakilder Brown, C.F., Brumby, S.P., Guzder-Williams, B. et al. *Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping*. *Sci Data* 9, 251 (2022). doi:10.1038/s41597-022-01307-4

Dette LULCkartet med middels romlig oppløsning, generert fra Google Earth Enginedatasettet *Dynamic World*, gir et detaljert øyeblikksbilde av landskapet i 2024 med en oppløsning på 10 meter. Det utnytter nær sanntids Sentinel2satellittbilder for å klassifisere jordoverflaten i ni distinkte kategorier, fra bebygde områder til skog og vannflater. Dette LULCproduktet er basert på en skyfri sommermosaikk (juni–august), noe som sikrer et homogent og skyfritt bildegrunnlag.



Figur 4.5 2019
Arealbruk og
arealdekke

Datakilder: Brown, C.F., Brumby, S.P., Guzder-Williams, B. et al. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Sci Data* 9, 251 (2022). doi:10.1038/s41597-022-01307-4



Figur 4.6 2019-2024
Endring i skogdekke

Data Sources: Brown, C.F., Brumby, S.P., Guzder-Williams, B. et al. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Sci Data* 9, 251 (2022). doi:10.1038/s41597-022-01307-4

Dette kartet viser den totale endringen fra 2019 til 2024 for skogkategorien alene. Endringen ble beregnet ved å identifisere hvilke piksler som forble skog i begge datasettår, hvilke områder som mistet skog (endret til en annen kategori), og hvilke områder som fikk skogtilvekst.

Kapittel 5: Kapittel 5: Scenarioer, modellering og teknologi

Simen Berg, Sabine Fischer og Sajith Prabashwara Ranatunga

5.1 Sammendrag

Dette kapittelet gir en innføring i tilgjengelige data om Mjøsa, teknologiene som brukes til å samle dem inn, og nyvinninger som digitale tvillinger, som vil kunne revolusjonere miljøovervåkingen. Kapittelet viser at Mjøs-relaterte data er spredt på ulike studier, institusjoner og formater, og at dette skaper utfordringer for integrert miljøanalyse og politikkutforming. Kapittelet presenterer tidligere og pågående datainnsamlingsarbeid, med vekt på brukstilfeller innen vitenskapelig forskning, restaurering av økosystemer, sporing av forurensning og vurdering av klimavirkning.

Data har blitt samlet inn fra Mjøsa gjennom ulike koordinerte tiltak, ofte med deltakelse fra institusjoner som NINA (Norsk institutt for naturforskning), NIVA (Norsk institutt for vannforskning) og NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat). Historisk har det vært gjennomført undersøkelser av eutrofiering, sedimentering, biologisk mangfold i vann, massebevegelser under vann og bioakkumulering av miljøgifter. Den årlige rapporteringen om Mjøsa har vært koordinert siden 1972, og Vassdragsforbundet har hatt ansvaret fra og med 2003. Disse rapportene, som ofte omfatter vannkjemi, biologisk mangfold, meteorologiske påvirkninger og dynamikken i tilløpselvene, gir verdifulle longitudinelle datasett. Nylige ekstremhendelser, som ekstremværet Hans i 2023, har ført til supplerende

datainnsamling, noe som gjenspeiler den økende betydningen av responsiv miljøovervåking.

Nylige og pågående kampanjer og samarbeid med NIBIO har utvidet miljøstudiene til å omfatte kjemisk forurensning, fiskeøkologi og økosystemhelse i et bredere perspektiv. I dette arbeidet har man i økende grad tatt i bruk avansert teknologi, inkludert satellittbasert fjernmåling fra plattformer som Sentinel-2 og Sentinel-3. Optiske bilder bidrar til overvåking av vegetasjon og vannkvalitet, mens syntetisk apertur-radar (SAR) gir pålitelige data som trenger gjennom skyene og egner seg for vurdering av landoverflater og vannforekomster.

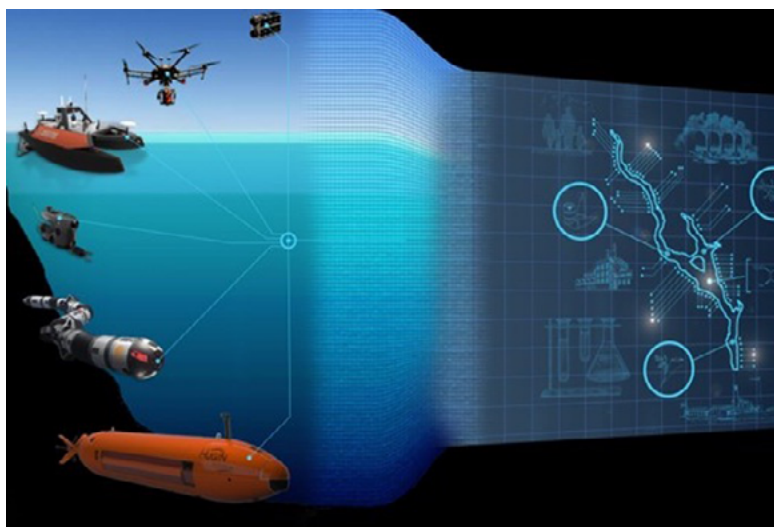
Oppdrag Mjøsa, som ble lansert i 2020, markerer et betydelig fremskritt innen koordinert forskning. Et av hovedmålene er å utvikle en digital tvilling av Mjøsa – en dynamisk, virtuell modell som gjenspeiler miljøforholdene i sanntid. Som en del av dette initiativet har forskerne brukt fjernstyrte undervannsfarkoster (ROV-er), autonome undervannsfarkoster (AUV-er), hyperspektrale satellittsystemer og ulike optiske og akustiske sensorer for å samle inn høyoppløselige data om innsjøbunnens tilstand, vannkjemi, biologiske aktiviteter og historiske artefakter, som skipsvrak og dumpet ammunisjon.

Disse instrumentene er en del av «observasjonspyramiden» – et lagdelt teknologisk system av systemer der ulike sensorer og plattformer samlet bidrar til kunnskap om Mjøsregionen (Figur 5.1). Menneskelig input driver fortsatt mye av koordineringen og analysen av systemet, men fremtidig integrering gjennom automatisering og tilbakekoblingsmekanismer kan øke effektiviteten og gi enda dypere innsikt.

Begrepet digital tvilling spiller en sentral rolle i dette arbeidet. I Mjøsa-sammenheng vil en digital tvilling kunne forene sanntidsdatastrømmer fra sensorer, historiske datasett, simuleringsmodeller og KI-basert analyse. Blant bruksområdene er overvåking av vannkvalitet, modellering av flomrisiko, sporing av fiskebestander og scenariobaserte simuleringer for økosystemforvaltning. Selv om digital tvilling ennå ikke er fullt ut implementert for Mjøsa, viser internasjonale eksempler som utviklingen av en «digital havtvilling» (DTO) i Trondheimsfjorden, Chaohu Lake-plattformen i Kina og K-Twin SJ-plattformen i Korea hvordan integrert overvåking i sanntid, interaktiv 3D-visualisering og prediktiv analyse kan gjennomføres i praksis. Disse tiltakene

illustrerer tilnærminger til og utfordringer med å håndtere dataintegrasjon, interessentsamarbeid og visualisering som Oppdrag Mjøsa kan lære av. Andre nye teknologier, som 3D-rekonstruksjon basert på dyplæring, kan støtte fotorealistisk visualisering i den fremtidige digitale tvillingen av Mjøsa, og gi bedre verktøy for utdanning, beslutningstaking og involvering av publikum.

Avslutningsvis gir dette kapittelet en oversikt over Mjøsas miljøovervåkingshistorie, dagens datainfrastruktur og den teknologiske utviklingen som danner grunnlaget for å realisere en helhetlig digital tvilling. Selv om det fortsatt gjenstår utfordringer når det gjelder standardisering, integrering og samordning, gir synergien mellom historiske datasett, banebrytende teknologi og deltakelse fra flere interessenter en transformativ mulighet for bærekraftig forvaltning av ferskvannsøkosystemer. Oppdrag Mjøsa vil kunne bli et eksempel for andre digitale tvillinger for store innsjøer globalt, og vise hvordan digitale teknologier kan legge til rette for en adaptiv, robust og kunnskapsbasert miljøforvaltning.



Figur 5.1 Visualisering av observasjonspyramiden og Mjøsa. (Illustrasjon: Øyvind Ødegård)

5.2 Introduksjon

Mjøsa, vegetasjonen rundt, økologien og tilløpselvene har i lang tid vært en viktig del av livsgrunnlaget for menneskene som bor i nærheten av innsjøen. På 1950- og 1960-tallet var vannet i Mjøsa forurenset og sterkt forringet, men innsjøen ble senere restaurert gjennom Mjøsaksjonen (Nashoug, 1999). Om EUs rammedirektiv for vann skriver EU-kommisjonen: «Rammedirektivet for vann fokuserer på å sikre god kvalitativ og kvantitativ helse, dvs. på å redusere og fjerne forurensning og på å sikre at det er nok vann til å dekke dyrelivets og menneskenes behov» (European Comission, 2023). Langvarig overvåkingsinnsats har gjort det mulig både å oppdage og å avhjelpe forringelse av vannkvalitet og økologi, og teknologiske fremskritt gjør at overvåkingen blir stadig bedre. Dette kapitlet tar for seg teknologiens rolle i forståelsen av Mjøsa.

Målet med dette kapitlet er å presentere tilgjengelige data om Mjøsa og nøkkelteknologier for innhenting, prosessering og distribusjon av disse dataene. Data om Mjøsa har blitt samlet inn i ulike sammenhenger. De er spredt over flere kilder og er derfor utfordrende å finne. For å redusere dette problemet og lette planleggingen av fremtidig datainnsamling tar dette kapitlet sikte på å gi et utgangspunkt for søk etter relevante eksisterende data og valg av egnet teknologi.

Dette kapitlet oppsummerer derfor tidligere og pågående datainnsamlingsarbeid som dekker Mjøsa og dens omgivelser. Deretter beskrives nøkkelteknologier som brukes til å samle inn slike data. Til slutt presenteres nye teknologier og bruken av dem i observasjonsprogrammer for andre innsjøer.

5.3 Metoder

Som Per Even Johansen et al. (Nashoug, 1999) påpeker, er tidligere innsamlingsarbeid ved Mjøsa spredt over et stort antall kilder, noe som gjør det utfordrende å finne. Selv om det er lagt ned et betydelig arbeid i å finne relevante data for dette arbeidet, bør det ikke ses på som en fullstendig oversikt over tidligere og pågående datainnsamlingsarbeid. I stedet håper vi å kunne veilede leserne mot relevante datasett og teknologier for en rekke ulike brukstilfeller.

Informasjonen om tidligere og pågående datainnsamlingsarbeid og relevante teknologier som presenteres i dette kapitlet, ble samlet inn ved hjelp av flere teknikker med ulik grad av formalisering. For å få innsikt i det samlede forskningsmiljøets datainnsamlingsinnsats ble det søkt på Google Scholar, Web of Science og Scopus på både norsk og engelsk. I tillegg søkte vi på Google etter relevante offentlige rapporter og nyhetsartikler. Vi begrenset søket til de første to til fem sidene med resultater. Som Norges største innsjø er Mjøsa en integrert del av det norske vannnettverket. Vi har derfor også benyttet oss av databasene til institutter som forsker på vann (NINA, NIVA), samt av data fra offentlige prosjekter. Søkeordene inkluderte nøkkelord som dekket den aktuelle regionen (Mjøsa OR Mjoesa OR Mjosa), innsjøer i Norge (lake Norway OR innsjø Norge), eller (når det gjaldt ny teknologi) vannforekomster mer generelt (lake OR water OR underwater). Ytterligere relevante offentlige programmer og tilhørende datainnsamlingstiltak ble identifisert basert på angivelsen av finansieringskilder i rapportene vi fant. Resultater som ikke gjaldt Mjøsregionen eller nye teknologier med klare overføringsmuligheter til Mjøsa, ble ekskludert fra videre analyse basert på sammendragene. Siden målet er å stille et bredt utvalg av potensielt relevante

datakilder og teknologier til rådighet, fokuserte den videre kvalitative analysen av litteraturen på å gruppere bidragene basert på egenskapene til de involverte dataene og potensiell anvendelse. I tillegg bygger dette kapittelet på forfatternes eksisterende litteratursamlinger, uformelle samtaler med andre involverte i Oppdrag Mjøsa og interne kampanjeplaner. Siden datakampanjene direkte knyttet til Oppdrag Mjøsa er såpass nylige og pågående, er beskrivelsene i stor grad basert på interne planer og informasjon fra forskere som har vært involvert i planleggingen og gjennomføringen av datainnsamlingen.

5.4 Tidligere studier

Det er gjennomført omfattende datainnsamlings- og analysearbeid i og rundt Mjøsa i ulike sammenhenger, blant annet innen forskning, overvåking og offentlig tjenesteyting. I dette avsnittet presenteres tidligere og pågående datainnsamlinger for å gi et inntrykk av hva slags data som har blitt samlet inn i forbindelse med forskningsstudier, og hva dataene har blitt brukt til.

Mjøsa har vært gjenstand for omfattende miljøforskning og datainnsamling på grunn av sin økologiske betydning og sin forurensningshistorie. Fra 1950- til 1970-tallet led innsjøen av alvorlig eutrofiering, noe som fikk Norsk institutt for vannforskning til å gjennomføre en flerårig undersøkelse, der fosforforurensning ble identifisert som den viktigste årsaken. Dette førte til Mjøsaksjonen i 1977, et statlig støttet initiativ som innførte avansert rensing av avløpsvann og drev holdningsskapende arbeid. På begynnelsen av 1980-tallet viste overvåking en betydelig reduksjon i fosfornivåene og en tilbakevending til oligotrofe forhold, noe som understreket suksessen med disse tiltakene (Baalsrud, 1982).

I tillegg har forskning fra 1970- og 1980-tallet bidratt med viktige referansedata. For eksempel ble det i 1975–1976 samlet inn bunnfaunaprøver med Ekman-grabber på ulike dyp ved 93 stasjoner for å vurdere forurensningsnivået via fåbørstemarksamfunn (Milbrink, 1994). Frøslie et al. (1985) undersøkte kvikksølv- og selenivåer i fisk og påpekte risikoen for bioakkumulering.

Senere studier bygget videre på dette grunnlaget. Nordli et al. (2007) rekonstruerte historiske temperaturtrender ved hjelp av isoppbrytningsdata fra perioden 1758–2006, og påviste langsiktig klimavariabilitet ved hjelp av observasjoner fra Mjøsa. Forsberg et al. (2016) undersøkte, ved hjelp av moderne multistrålebatymetri og underbunnsprofilering, undervannsmassebevegelser som hadde skadet ledninger. Hobæk et al. (2012) utforsket, ved hjelp av sedimentkjerneanalyse og radiometrisk datering, endringer i algebiomasse, lagdeling av innsjøen og nedgang i næringsstoffer, og styrket inntrykket av at Mjøsas økologi er i ferd med å bli gjenopprettet.

I den senere tid har man tatt tak i nye miljøutfordringer og tatt i bruk teknologiske nyvinninger. Aro et al. (2021) testet FMB-analyse (fluorine mass balance) for å påvise uidentifiserte fluororganiske forbindelser i innsjøen, og resultatene viser at innholdet av ekstraherbart organisk fluor er flere ganger høyere enn det som er rapportert for andre land. Moe et al. (2022) har gjennomført omfattende overvåking av næringsstoffer, planteplankton, dyreplankton og sedimenter for å evaluere den pågående påvirkningen av menneskelig aktivitet og støtte kunnskapsbasert politikkutforming. Høyberget et al. (2023) fokuserte på paleontologisk utforskning og dokumenterte skybergbiotaen, en nyoppgdaget kambrisk lagerstätte,

gjennom feltarbeid og avansert avbildningsteknologi.

Til sammen bidrar disse studiene til en omfattende og stadig bedre forståelse av Mjøsas miljøtilstand, fra tidlige forurensningskriser og gjenopprettingstiltak til moderne overvåking ved hjelp av avanserte verktøy (se Tabell 5.1). De utgjør en viktig kunnskapsbase for pågående og fremtidige initiativer og støtter utviklingen av en bærekraftig innsjøforvaltning.

Studie	Forskningsfokus	Innsamlede data
Baalsrud, 1982	Eutrofiering	Vann- og algeprøver
Milbrink, 1994	Forurensning og eutrofiering	Prøver av bunnfauna
Ibrekk et al., 1991	Metodikk for vurdering av forurensnings-reduksjon	Oppsummering og tolkning av tidligere innsamlede data
Frøslie et al., 1985	Kvikksølv- og selen nivåer i fisk	Prøver av fisk
Aro et al., 2021	FMB-analyse (fluorine mass balance)	Prøver av overflatevann
Berglind et al., 1983	Alger, massebevegelse på innsjøbunnen	Vannprøver
Forsberg et al., 2016	Massebevegelse på innsjøbunnen	Multistråle-batymetri, underbunnsprofiler, sedimentprøver
Hoyberget et al., 2023	Biologisk mangfold i kambrium	Bergartsprøver, fossiler
Moe et al., 2022	Økologiske effekter av klimaendringer	Ukentlige prøver av vanntemperatur, siktedyp, totalfosfor, totalnitrogen, nitrat og silikat. Prøver av biomasse per art av plante- og dyreplankton hver annen uke.
Hobæk et al., 2012	Sedimentbasert rekonstruksjon	Sedimentprøver
Nordli et al., 2007	Rekonstruksjon av temperaturer tilbake til 1758	Gårdsdagbøker, skipsobservasjoner, moderne temperaturmålinger

Tabell 5.1: Tidligere innsamlede data fra Mjøsa

5.5 Forskningsinstitusjoner og statlige initiativer

Som beskrevet i 4.4 har det vært en kontinuerlig overvåking av hydrologi, biologi og økologi i Mjøsa og tilknyttede vannforekomster ved norske forskningsinstitusjoner siden i hvert fall 1972 (Løvik, 2007). Årsrapporter om disse temaene, samt flere studier om Mjøsa og tilløpselvene, er tilgjengelige i publikasjonskatalogene til Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norsk institutt for naturforskning (NINA), Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) og Vassdragsforbundet (Bechmann et al., 2021c, 2021b, 2021h, 2021i, 2021f, 2021g, 2021d, 2021a, 2021e; NIVA, n.d.-a; NIVA, n.d.-d; Vassdragsforbundet, n.d.). De er en god kilde til å studere langsiktige trender og endringer i Mjøsa. Nettsidene til programmene MILFERSK og ØKOSTOR samler nyere rapporter om økologisk og kjemisk tilstand i vannforekomster i Norge, inkludert Mjøsa (Miljødirektoratet, n.d.-e; NINA, n.d.-b).

Det har også blitt gjort forsøk på å bruke satellittdata i overvåkingen av Mjøsa. Harvey & Sørensen (2021) beskriver hvordan data fra satellittene Sentinel-2 og Sentinel-3 har vært brukt som hjelpemiddel i programmet ØKOSTOR. Arbeidet avdekket at det var mulig å bruke satellittdata til dette, men at det fortsatt kunne være behov for justeringer og korreksjoner. GeoNorge (Geonorge, n.d.), Norges nasjonale nettsted for kartdata og annen stedfestet informasjon, leverer topografiske data, data om arealdekke og data om administrative grenser for Norge, inkludert Mjøsregionen. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) (NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat, n.d.) tilbyr hydrologiske data, inkludert vannstand, vannføring og flomrisikovurderinger. Kartverket (Kartverket.no, 2025) tilbyr høyoppløselige terrengmodeller, flyfoto og batymetriske data. Nettstedet

SeNorge (<https://www.senorge.no/>) er et samarbeid mellom NVE, Statens vegvesen, Sjøfartsdirektoratet og Meteorologisk institutt.

I tillegg leverer GeoNorge (*Geonorge*, n.d.), Norges nasjonale nettsted for kartdata og annen stedfestet informasjon, topografiske data, data om arealdekke og data om administrative grenser for Norge, inkludert Mjøsregionen. Kartverket (*Kartverket.no*, 2025) tilbyr høyoppløselige terrengmodeller, flybilder og batymetriske data. *Norges vassdrags- og energidirektorat* (NVE) (NVE - *Norges vassdrags- og energidirektorat*, n.d.) tilbyr hydrologiske data, både historiske data og nær sanntid-data, gjennom portalen Sildre (NVE, n.d.-a).

5.6 Satellittdata med åpen kildekode

Det er samlet inn en stor mengde satellittdata over Mjøsa. Det er mulig å bestille og kjøpe kommersielle satellittbilder, men det finnes også et stort utvalg av åpent tilgjengelige satellittdata som dekker regionen. Det finnes flere kommersielle aktører som bruker disse åpent tilgjengelige satellittbildene som datakilde, og som tilbyr dataprodukter laget på grunnlag av disse bildene, men her fokuserer vi på åpent tilgjengelige data. Satellittdata med åpen kildekode benytter optisk avbildning og radaravbildning. Optiske kameraer kan dekke et bredt spekter av brukstilfeller både i vannet og i vegetasjonen rundt innsjøen. Datadekningen kan imidlertid være begrenset av lysforhold og skydekke. Satellitter som foretar radaravbildning, kan ikke gi mye innsikt i vannkvaliteten, men dekningen er mye mer pålitelig fordi

de ikke trenger sollys for å ta bilder, og fordi de kan ta bilder gjennom skyer. Det er vanligere å bruke satellitter til å avbilde vegetasjon og vannstand. Her følger en liste over satellitter som dekker Mjøsa, og som leverer åpent tilgjengelige data. Selve dataene kan lokaliseres via en rekke ulike nettvisere og API-er.

Tabell 5.2 er en oversikt over satellitter som leverer åpent tilgjengelige optiske satellittbilder med dekning av Mjøsa. Merk at de ulike satellittene har ulike spektral, romlig og tidsmessig oppløsning, og ulike spektralbånd og spektralområder. Satellittserier – som Landsat-serien – har utviklet seg og skiftet nyttelast (dvs. instrumenter til bruk i forskning) på de ulike satellittene, og mange av disse satellittene har flere nyttelastinstrumenter. Ulike instrumenter kan også ha forskjellige innhentingsmoduser. Disse faktorene påvirker dataparametere som romlig, spektral og tidsmessig oppløsning. Hvor ofte en posisjon blir besøkt på nytt – det vil si hvor lang tid det går fra én bildeinnhenting til en annen – er avhengig av satellittens bane og instrumentets skårbredde. I tillegg kan ikke optiske kameraer ta bilder gjennom skyer, noe som fører til varierende datatilgjengelighet. Generelt kan multispektrale og hyperspektrale optiske data brukes til å overvåke vegetasjon og vannkvalitet. For mer spesifikke dataparametere henvises leseren til kildene som er oppgitt i den nest siste kolonnen i tabellen.

Tabell 5.3 viser en oversikt over radarsatellitter som gir åpen tilgang til data. De fleste av dem benytter SAR-baserte avbildningsteknikker (Synthetic Aperture Radar). Merk at de ulike satellittene har ulike gjenbesøktid, ulike romlig oppløsning og ulike avbildningsmoduser, og at dette kan påvirke disse parameterne. De bruker også ulike bølgelengder for avbildning, noe som påvirker hvor dypt de trenger ned i vegetasjonen, og hvor høy romlig oppløsning de kan oppnå. SAR-satellitter har vanligvis ulike innhentingsmoduser, siden dekning går på bekostning av romlig oppløsning – og omvendt. SAR-data brukes vanligvis ikke til overvåking av havfarge, men de brukes til å oppdage oljesøl i vann. I stedet brukes SAR oftere til vegetasjonsovervåking med bruksområder som skogbranner, landsenkning og landbruk. Det kan brukes til GIS-applikasjoner. For mer spesifikke dataparametere henvises leseren til kildene som er oppgitt i den nest siste kolonnen i tabellen.

Navn på satellitt	Type nyttelast	Aktiv	Kilde og ytterligere spesifikasjon	Kommentar
Landsat 1–9	Multispektral	1972–	Se NASA, n.d. for flere spesifikasjoner.	Landsat 6 hadde en mislykket oppskyting
MODIS (Terra og Aqua)	Multispektral	Terra 1999– Aqua 2002–	Se NASA, 2025 for flere spesifikasjoner	
Envisat	Multispektral	2002–2012	Se ESA, n.d.-b for flere spesifikasjoner	Også utstyrt med annen nyttelast
VIIRS	Multispektral	2011–	Se NASA, 2024 for flere spesifikasjoner	Instrument om bord på Suomi-NPP, NOAA-20 og NOAA-21-satellitter
Proba-V	Multispektral	2013–2020 Forsøksfase fra 2020 til 2021	Se ESA, n.d.-d, ESA, n.d.-a for flere spesifikasjoner	Beregnet for vegetasjon
Sentinel-2	Multispektral	2015–	Se ESA, 2025b; Fernandez et al., 2013 for flere spesifikasjoner.	
Sentinel-5P	Spektrometer og SAR altimeter	2016–	Se ESA, 2025c; Mecklenburg et al., 2017 for flere spesifikasjoner.	Atmosfæriske målinger
PACE	Hyperspektral	2024–	Se PACE, 2025 for flere spesifikasjoner	

Tabell 5.2: Tabell over optiske satellitter som leverer åpent tilgjengelige satellittbilder med dekning av Mjøsa

Navn på satellitt	Type nyttelast	Aktiv	Kilde og ytterligere spesifikasjon	Kommentar
RADARSAT-1	SAR	1995–2013	See NASA, 2016 for flere spesifikasjoner	
ALOS PALSAR	SAR	2006–2011	Se Earth Science Data Systems, 2024 for flere spesifikasjoner	Dekket bare delvis Norge
RADARSAT-2	SAR	2007–	Se CSA, 2021 for flere spesifikasjoner	
Sentinel-1	SAR	2014–	See ESA, 2025a for flere spesifikasjoner	
ICEYE Open Data	SAR	2018–	Se ESA, n.d.-c for flere spesifikasjoner	Begrenset tilgang til enkelte data gjennom ESA.
Sentinel-6	SAR-altimeter	2020–	Se ESA, n.d.-e for flere spesifikasjoner.	Værsatellitt

Tabell 5.3: Tabell over optiske satellitter som leverer åpent tilgjengelige satellittbilder med dekning av Mjøsa

Kampanjedatoer	Mål	Data	Lokasjoner
30.11.– 03.12.2020	Kartlegging av deler av innsjøbunnen, objekteteksjon	Akustiske refleksjonsbilder, posisjoner	Mellom Gjøvik og Mengshol, Mjøsbrua, Totenvika
	Inspeksjon av skipsvrak	RGB-bilder, navigasjonsdata	Mellom Gjøvik og Nordlien, Mjøsbrua
	Inspeksjon av ammunisjon	Akustiske refleksjonsbilder, RGB-bilder, hyperspektrale bilder, navigasjonsdata	Mellom Gjøvik og Mengshol
22.06.– 24.06.2021	Lære om økosystemet på grunt vann	Vannsøyleparametere, hyperspektrale bilder, navigasjonsdata, akustiske refleksjonsbilder	Kapp, mellom Gjøvik og Lillehammer
	Inspeksjon av skipsvrak	Akustiske refleksjonsbilder	Hamar
07.11.– 19.11.2022	Objekteteksjon	Akustiske refleksjonsbilder, posisjoner	Mellom Totvika, Skreia og Helgøya
	Inspeksjon av ammunisjon	RGB-bilder	Mellom Totvika, Skreia og Helgøya
28.03.– 30.03.2023	Inspeksjon av skipsvrak	RGB-bilder	Wega, Dølen, Torgunrudvraket, Korslundvraket, Ekornholmen, Storfjordvraket
september 2023–	Fiskeobservasjon	Akustisk signal-tidsserier av ID-er	Et økende antall lokasjoner, hovedsakelig langs bredden
23.10.– 31.10.2024	Inspeksjon av ammunisjon	RGB-bilder, hyperspektrale bilder, akustiske refleksjonsbilder, vannsøyleparametere	Mellom Gjøvik og Mengshol
	Inspeksjon av skipsvrak	RGB-bilder	Storfjordvraket

Tabell 5.4: Tidslinje for datainnsamlingen i Oppdrag Mjøsa

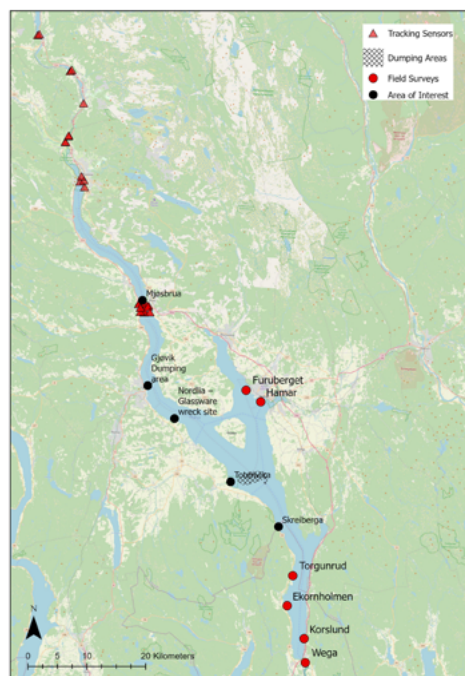
5.7 Oppdrag Mjøsas datainnsamlingsarbeid

I tillegg til forskningen og de tilgjengelige ressursene som er beskrevet i de foregående avsnittene, har Oppdrag Mjøsa satt i gang egne datainnsamlingsaktiviteter for å utforske innsjøen ytterligere. Målet er todelt: å legge til rette for en helhetlig og tverrfaglig forståelse av Mjøsa og dens omgivelser, og å teste teknologi som kan gjøre det lettere å integrere relevante data i én enkelt modell av Mjøsa, en digital tvilling.

Datainnsamlingen som er direkte knyttet til Oppdrag Mjøsa, startet i 2020 (se Tabell 4). Det meste av arbeidet har fokusert på deteksjon og undersøkelse av dumpet ammunisjon og skipsvrak. Andre kampanjer er knyttet til undersøkelse av økosystemer, blant annet en langsiktig, pågående datainnsamlingskampanje om fiskeatferd. I samsvar med disse målene har ulike områder i selve innsjøen blitt besøkt (se 5.2). På samme måte ble det samlet inn ulike typer data. De akustiske og optiske bildene i ulike spektrere av innsjøbunnen, skipsvrak og dumpet ammunisjon som ble registrert mellom 2020 og 2023, fanger opp strukturen og utseendet til innsjøbunnen og disse objektene. Løpende tidsserier har registrert tilstedeværelsen av fisk i nærheten av flere lokaliteter i innsjøen. I 2021 målte man egenskapene til vannsøylen, det vil si mengden klorofyll, ledningsevne og temperatur. I tillegg til data knyttet til det spesifikke målet for hver datainnsamling ble navigasjonsdata logget for å fange opp posisjonene der andre datatyper har blitt samlet inn, og sensorenes bevegelser.

Ytterligere data er samlet inn av ungdomsskoleelever i forbindelse med prosjektet «Under ei ferje over Mjøsa», et samarbeidsprosjekt mellom blant annet Mjøs Museet og Vitensenteret Innlandet. I prosjektet drar ungdomsskoleelever på tokt på Mjøsa, der de får delta i

undervannsarkeologi, limnologi, geologi og biologi, blant annet ved hjelp av fjernstyrte undervannsfarkoster (*Under ei ferje over Mjøsa*, n.d.).



Figur 5.2: Undersøkelsessteder for dumpet ammunisjon

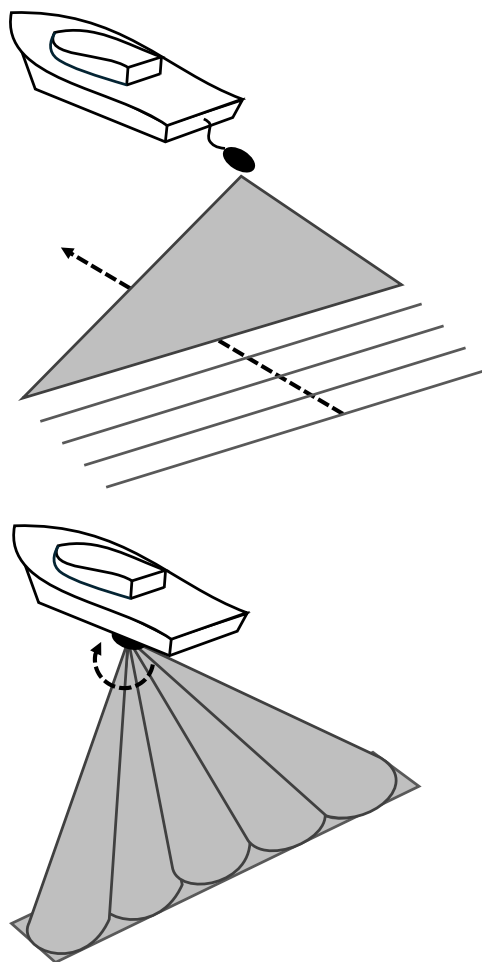
Observasjonspyramide

Inntil videre er det meste av datainnsamlingen i og rundt Mjøsregionen avhengig av at det er mennesker til stede som kan ta løpende beslutninger om bruken av ulike sensorer og farkoster, styre farkostene og, av og til, plassere ut sensorene. Samtidig involverer innsamling og behandling av data også ulike typer teknologi, det vil si programvare, sensorer og farkoster. Teknologien som er tatt i bruk til datainnsamling i Oppdrag Mjøsa i det siste, danner et teknologisk system for å observere Mjøsa og dens omgivelser som vi kaller observasjonspyramiden.

Sensorer

Ulike sensorer brukes til å registrere ulike typer data. Derfor kan de grovt sett kategoriseres etter hva slags data de produserer. Den første kategorien av sensorer er optiske kameraer. De kan fange opp farger og teksturer. Optiske kameraer er passive sensorer, det vil si at de ikke sender, bare mottar signaler. Under vann er optiske kameraer bare i stand til å registrere deler av scenen på nært hold (Huy et al., 2023; McConnell et al., 2022). Optiske kameraer kan deles inn etter hvilket lysspekter de registrerer. RGB-kameraer produserer bilder som viser farger i det spekteret som er synlig for mennesker. Bildene består av piksler som hver lagrer tre verdier, lysintensitetene vi oppfatter som rødt, grønt og blått. Det innebygde kameraet i Blueye-undervannsfarkostene (brukt i 2020, 2022, 2023 og 2024), kameraet i undervannsfarkosten Eely (brukt i 2024) og GoPro-kameraer (brukt i 2020 og 2023) tilhører denne kategorien. Hyperspektrale kameraer registrerer derimot lys fra et bredere spekter, inkludert bølgelengder som ikke er synlige for mennesker. De bruker flere kanaler (verdier for hver piksel) for å kode mengden lys over dette større spekteret.

Den andre kategorien sensorer er akustiske sensorer. De registrerer mekaniske bølger i et medium, hvorav noen kan oppfattes av oss som lyd. Aktive akustiske undervannssensorer, dvs. akustiske sensorer som både sender og mottar et signal, brukes ofte til å oppdage objekter på lengre avstand enn det som er mulig med optiske sensorer (Huy et al., 2023). Sidesøkende sonarer (SSS) er en type aktive akustiske sensorer (Huy et al., 2023). De sender ut en rekke akustiske pulser til begge sider (Huy et al., 2023). For kartlegging av havbunnen trekkes en SSS bak en farkost med et kjent bevegelsesmønster, og deretter settes de resulterende linjene av signaler sammen til bilder som kan dekke relativt



Figur 5.3: Prosessen for avbildning av innsjøbunnen med en sidesøkende sonar (øverst) og et multistråleekkolodd (nederst), grafikk tilpasset fra Shang et al., 2019

store områder av havbunnen (se 5.3) (Huy et al., 2023; McConnell et al., 2022). DeepVision-sonaren som ble brukt i 2020, og MSRL-sonaren som ble brukt i 2021, er sidesøkende sonarer. Multistråleekkolodd (MBES) er en annen type aktiv akustisk sensor. I motsetning til en SSS kan en MBES styre retningen på pulsene den sender ut uavhengig av farkosten som transporterer den (se Figur 5.3) (Huy et al., 2023; Shang et al., 2019). MBE produserer generelt akustiske refleksjonsbilder med høyere oppløsning, men dekker mindre områder (Huy et al., 2023; Kongsberg EM

2040 Multibeam Echo Sounder Product Description, n.d.). Kongsberg EM 2040 tilhører denne andre kategorien sonarer og har blitt brukt til å inspisere havbunnen og undervannsobjekter i 2020 og 2022.

I tillegg til sonarer omfatter aktive akustiske sensorer også mindre sender-mottaker-par (akustisk telemetri) som kan brukes til å spore fisk. Senderne som brukes i forbindelse med Oppdrag Mjøsa, sender signaler på 69 kHz. Disse signalene koder et ID-nummer og kan registreres når fisken er innenfor mottakernes rekkevidde. For å få data om fiskens atferd kan akustiske merker utstyres med ulike sensorer. I Mjøsa er det brukt sensorer for temperatur, akselerasjon og dybde. For å lage en tidsserie som fanger opp fiskens bevegelser, lagres ID-ene og sensordataene sammen med et tidsstempel for når de ble fanget opp. I Mjøsa har flere mottakertyper (InnovaSea-modellene VR2W og VR2AR, Telma Biotel-modellene TBR700 og TBR 800R) vært brukt. I tillegg til disse modellene, som alle logger data, men som krever fysisk tilgang for nedlasting, har det også blitt brukt live-stasjoner (Thelma Biotel modell TBR700 live) for å muliggjøre sanntidsdeteksjon

av sporet fisk. I perioden august 2023–november 2025 ble ni ulike arter (ørret (*Salmo trutta*), abbor (*Perca fluviatilis*), vederbuk (*Leuciscus idus*), sik (*Coregonus lavaretus*), harr (*Thymallus Thymallus*), brasme (*Abramis brama*), gjedde (*Esox lucius*), krøkle (*Osmerus eperlanus*) og lagesild (*Coregonus albula*)) merket og sporet.

Til slutt logger mange datainnsamlingstiltak data fra navigasjonssystemene, for det meste for å registrere hvor andre typer data ble samlet inn, eller hvordan de involverte farkostene beveget seg. Navigasjonsdata kan omfatte geografiske koordinater beregnet fra GPS (Global Positioning System), eller informasjon om akselerasjon samlet inn via en treghetsmåler (IMU).

	Under vann	På overflaten
Autonome	AUV-er OceanScan-MST LAUV «Fridtjof»: 2020 HYDROID Remus 100: 2021 OceanScan-MST LAUV «Roald»: 2021 Kongsberg HUGIN HUS: 2022 Eelum 500M «Eely»: 2024	USV-er Maritime Robotics Otter «Otter 2»: 2021 Maritime Robotics Mariner «Ratatosk»: 2022
	Fjernstyrte ROV-er Blueye X1: 2020 Sperre Sub-Fighter 10K: 2020 Blueye X3: 2022, 2023, 2024	
Lokalt betjente		Båter Polarcircle: 2020

Tabell 5.5: Farkoster brukt i datainnsamlingen til Oppdrag Mjøsa mellom 2020 og 2024

Farkoster

Sensorene er vanligvis montert på farkoster som transporterer dem til et sted eller et objekt av interesse. De kan kategoriseres ut fra hvilket område de opererer i, og i hvilken grad de trenger menneskelig tilsyn (se Tabell 5). Undervannsfarkoster brukes til å samle inn data ved å dykke ned under vannoverflaten. Før operasjonen brukes det autonome undervannsfarkoster (AUV-er) som er programmert til å utforske et gitt område. Til selve datainnhentingene brukes det fjernstyrte undervannsfarkoster (ROV-er) som styres av en menneskelig operatør som befinner seg et annet sted. En kombinasjon av disse to typene undervannsfarkoster har blitt brukt til datainnsamling flere ganger siden 2020. I tillegg har data fra under vann også blitt samlet inn direkte av dykkere, f.eks. med håndholdte optiske kameraer våren 2023.

Overflatefartøyer navigerer på overflaten av innsjøen. Det brukes både bemannede overflatefartøyer, som styres direkte av en menneskelig operatør om bord, og ubemannede overflatefartøyer, som i varierende grad kan fjernstyres eller styres autonomt. Datainnsamlingen i forbindelse med Oppdrag Mjøsa har foregått ved hjelp av ulike typer overflatefartøyer.

I tillegg til disse farkostene opererer NTNU også to satellitter som tidvis har blitt brukt til å registrere Mjøsa. HYPISO-1 ble skutt opp i januar 2022, og HYPISO-2 ble skutt opp i august 2024. Satellittene er utstyrt med nyttelast for hyperspektral avbildning. Dermed gjør de det mulig å samle inn data fra over jordoverflaten, og fange opp informasjon om fenomener over, på eller rett under overflaten av innsjøen og dens omgivelser.

Observasjonspyramiden som et system av systemer

Alle disse sensorene og farkostene bidrar til det overordnede målet om å utforske og overvåke Mjøsa ved å gi ulike typer data fra forskjellige steder. De danner observasjonspyramiden, som dermed kan betraktes som et system av systemer. Et system av systemer er en samling av systemer som samarbeider for å nå et felles mål, men som også brukes og utvikles for å oppfylle hvert sitt formål, uavhengig av det overordnede systemet (Maier, 1998). For at et system av systemer skal være nyttig, må fordelene ved å samarbeide være større enn kostnadene (Maier, 1998). Dette kan oppnås ved å legge til rette for emergent atferd for et felles formål, samtidig som hvert systems autonomi bevares, og ved å tilpasse forbindelsene mellom delsystemene (Boardman & Sauser, 2006). I Oppdrag Mjøsas tilfelle kan det å kombinere informasjon fra ulike deler av observasjonspyramiden og bruke informasjon fra andre delsystemer til veiledning for videre datainnsamling bidra til en mer fullstendig forståelse av Mjøsa enn det som kan utledes av dataene samlet inn av hvert delsystem alene. Behovet for menneskelig involvering i hvert trinn i datainnsamlingen begrenser imidlertid synergieffektene så langt. Potensielt kan en tettere kobling mellom delsystemene, f.eks. gjennom automatisert kommunikasjon og tilbakemeldingssløyfer, øke fordelene ved å bruke et system av systemer. Å lage en digital tvilling er én måte å løse denne utfordringen på.

5.8 Digital tvilling

Konseptet digital tvilling har fått stor oppmerksomhet på en rekke områder, blant annet innen byplanlegging, industriproduksjon og miljøvitenskap. En digital tvilling er en virtuell representasjon av en fysisk enhet som integrerer sanntidsdata, simuleringer og avansert

ID	Referanse	Tolkning (vår oversettelse)
1	(<i>Digital Twin Overview Interagency Modeling and Analysis Group, n.d.</i>)	«En digital tvilling er en digital kopi av en levende eller ikke-levende fysisk enhet, for eksempel en produksjonsprosess, et medisinsk apparat, medisinsk utstyr eller en person. Ved hjelp av sensordata kombinerer digitale tvillinger simulering og analyse for å få innsikt i nåværende og fremtidige driftstilstander for hver fysisk tvilling.»
2	(Armstrong, 2020)	«En digital tvilling er en virtuell representasjon av et objekt eller et system som spenner over hele livssyklusen, oppdateres på grunnlag av sanntidsdata og bruker simulering, maskinlæring og resonnering som beslutningsstøtte.»
3	(Grieves, 2015)	«Virtuelle produkter er rike representasjoner av produkter som er praktisk talt umulig å skille fra sine fysiske motstykker.» En digital tvilling «inneholder tre hoveddeler: a) fysiske produkter i det virkelige rommet, b) virtuelle produkter i det virtuelle rommet, og c) forbindelsene av data og informasjon som binder de virtuelle og virkelige produktene sammen».
4	(Grieves & Vickers, 2017)	«Digital tvilling er et sett virtuelle informasjonskonstruksjoner som fullt ut beskriver et potensielt eller faktisk fysisk produsert produkt fra mikroatomnivå til makrogeometrisk nivå. I beste fall kan all informasjon som kan innhentes ved å inspisere et fysisk produsert produkt, hentes inn fra produktets digitale tvilling.»
5	(Schluse et al., 2017)	«Det er en virtuell representasjon av et subjekt i den virkelige verden (person, programvaresystem e.l.) eller et objekt i den virkelige verden (maskin, komponent, del av omgivelsene e.l.). En digital tvilling inneholder modeller av 'data' (geometri, struktur e.l.), funksjonalitet (databehandling, atferd e.l.) og kommunikasjonsgrensesnitt.»

Tabell 5.6: Ulike tolkninger av begrepet digitale representasjoner

analyse for å forbedre beslutnings- og overvåkingsprosesser. Anvendt på innsjøer og vannforekomster gir digitale tvillinger et rammeverk for miljøovervåking i sanntid, prediktiv modellering og økosystemforvaltning.

Klimaendringer og menneskelig aktivitet påvirker ferskvannssystemene i stadig større grad, og digitale tvillinger kan bidra til å redusere risiko, optimalisere vannressurser og sikre bærekraftig miljøforvaltning. Dette avsnittet tar for seg bruken av digitale tvillinger for innsjøer, med vekt på viktige bruksområder, teknologier og eksempler fra den virkelige verden, med særlig vekt på Mjøsa.

Utviklingen av digitale tvillinger kan spores tilbake til astronomifeltet, der NASA på 1960-tallet brukte et lignende konsept, «levende modell», i forbindelse med Apollo-ferden. De brukte gjentatte dataassisterte konstruksjoner (DAK)

og simuleringer for å evaluere feilene ved Apollo 13-ferden. Denne digitale representasjonen av en fysisk modell var den første i sitt slag og ble opprinnelig brukt til å modellere og simulere komplekse hendelser som fører til ulykker og eksplosjoner (Allen, 2021). Med tiden har konseptet og omfanget av digitale representasjoner blitt utvidet til å omfatte et bredt spekter av bruksområder, som industriproduksjon, byplanlegging, transport og miljøovervåking. Med denne utviklingen dukket det opp mange tolkninger av digitale representasjoner. Mange av dem fokuserer på begrepet digital tvilling, som er den mest avanserte formen for digital representasjon. De fleste av disse tolkningene er basert på produksjonsindustrien. Tabell 6 presenterer noen ulike tolkninger av begrepet digitale representasjoner.

Digitale representasjoner og integrasjonsnivå

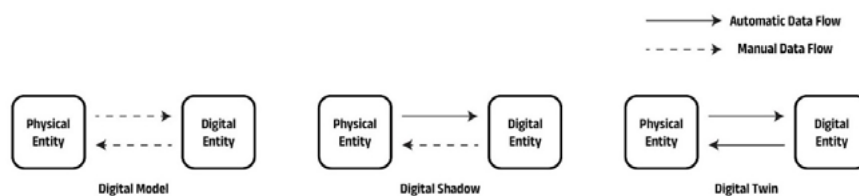
Dette avsnittet handler ikke spesifikt om Mjøsa. Vi tar det med for dem som ønsker å lære mer om digitale tvillinger, ettersom digitale tvillinger er en viktig del av Oppdrag Mjøsas nåværende arbeidsprogram (2022–2027).

Begrepet digital tvilling har vært tolket på ulike måter i ulike kontekster, men hovedtanken er at de er digitale kopier av et fysisk objekt eller system. Avhengig av nivået av integrasjon mellom den digitale kopien og det fysiske objektet brukes imidlertid ofte ulike begreper som *digital modell*, *digital skygge* og *digital tvilling* om hverandre (Kritzinger et al., 2018). På det ene ytterpunktet opprettes den digitale representasjonen manuelt og er ikke knyttet til noen objekter i den virkelige verden. På det motsatte ytterpunktet er det full integrasjon mellom representasjonen og den virkelige verden, med toveis datautveksling i sanntid. Figur 5.4 viser de ulike nivåene av dataintegrasjon i digitale representasjoner.

En digital modell er den mest primitive versjonen av digitale representasjoner og brukes til å tolke en faktisk eller potensiell fysisk enhet. Denne modellen innebærer ingen automatisert datautveksling mellom den fysiske og den digitale enheten (Kritzinger et al., 2018). Den digitale representasjonen kan inneholde en detaljert eller ufullstendig beskrivelse av den fysiske enheten. De tilgjengelige dataene fra fysiske systemer

kan fortsatt brukes til å utvikle digitale modeller, men all datautveksling skjer manuelt i begge retninger (fra digital enhet til fysisk enhet og fra fysisk enhet til digital enhet). En endring i tilstanden til den fysiske enheten har ingen direkte innvirkning på den digitale enheten, og vice versa. Digitale modeller brukes i mange geospasiale datadomener (figur 5.4). En mellomliggende variant er «digital skygge». En digital skygge er basert på en digital modell, men dataintegrasjonen mellom den fysiske og den digitale enheten er automatisert. En endring i tilstanden til den fysiske enheten endrer derfor tilstanden til den digitale representasjonen. Men det omvendte er ikke tilfelle (Kritzinger et al., 2018). Figur 5.5 viser noen eksempler fra det geospasiale domenet. Den meste gjennomførte formen for digital representasjon er «digital tvilling». I denne modellen er datautvekslingen automatisert begge veier. Derfor vil enhver endring i den fysiske enheten endre tilstanden til den digitale modellen, og omvendt (Kritzinger et al., 2018). Noen eksempler på brukstilfeller er presentert i figur 5.7. I avsnitt 2.2 utforskes flere av disse digitale representasjonene og noen eksempler på brukstilfeller for hver type representasjon.

I forbindelse med forvaltning av romlige data fungerer romlige digitale representasjoner (romlige digitale tvillinger) som dynamiske modeller som speiler romlige objekter (f.eks. en vei, en innsjø osv.) eller fenomener (f.eks. økosystemet rundt en innsjø,



Figur 5.4 Nivåer av dataintegrasjon mellom digital og fysisk enhet

miljøovervåking osv.) i den virkelige verden. Denne integrasjonen av digitale representasjoner med eksisterende GIS-teknologier innebærer å fange opp og integrere ulike datastrømmer, inkludert geospasiale data, sensordata og miljødata, for å skape en omfattende virtuell representasjon for samarbeidsbasert beslutningstaking (Shahid et al., 2023). Disse systemene muliggjør kontinuerlig overvåking, analyse og simulering av romlige data, slik at beslutningstakere kan få innsikt i romlige sammenhenger, mønstre og trender i sanntid.

Digitale representasjoner for geospasiale domener

I geospasiale domener har spredningen av romlige datakilder, som satellittbilder, sensornettverk og geografiske informasjonssystemer (GIS), kastet lys over behovet for mer effektive og skalerbare løsninger for dataforvaltning og -representasjon til støtte for romlig beslutningstaking. Hittil har tradisjonelle løsninger som frittstående GIS-applikasjoner gitt betydelig støtte for romlig beslutningstaking. Med den raske teknologiske fremgangen og den store produksjonen av data står imidlertid tradisjonelle tilnærminger til forvaltning og representasjon av romlige data ofte overfor utfordringer knyttet til dataintegrasjon, interoperabilitet og sanntidsbehandling (Correia et al., 2023). Fremveksten av ny teknologi, inkludert maskinlæring (ML), kunstig intelligens (KI), skytjenester, netjtjenester og -teknologier og interaktive visualiseringsverktøy, har åpnet nye muligheter for å løse disse utfordringene (Meschini et al., 2022; Saifi & Anandakumar, 2024; Tengtrairat et al., 2021).

En digital modell for det geospasiale domenet er en digital representasjon av en geospasial enhet i den virkelige verden. Den er statisk, den interagerer ikke med sanntidsdata, og den oppdateres

ikke etter disse (Kritzinger et al., 2018). Geospasiale digitale modeller kan for eksempel være 3D-modeller av byer med representasjon av bygninger, infrastruktur og terreng i bymiljøer til planlegging og visualisering. I tillegg kan topologiske kart, som representerer egenskaper ved terreng og land, og geologiske modeller, som avbilder strukturer i undergrunnen for ressursforvaltning og undersøkelser, regnes som digitale modeller. For datainnsamling og -integrasjon begynner digitale modeller med statiske data fra kartlegginger, fjernmåling og GIS-databaser. Modellen utfører vanligvis grunnleggende romlig analyse og brukes først og fremst til visualisering av geospasiale enheter. Den gir også grunnleggende informasjon for innledende beslutningsprosesser. Eksempler på brukstilfeller er presentert i figur 5.5.

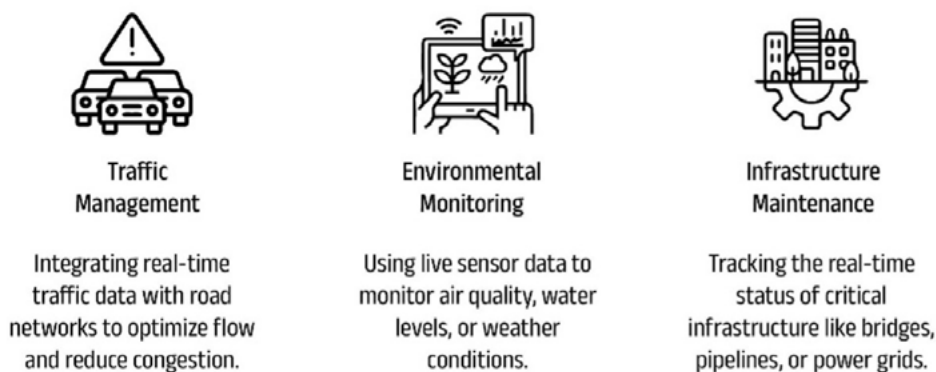
En digital skygge for det geospasiale domenet er en avansert digital representasjon som inkluderer sanntidsdatastrømmer fra en geospasial enhet i den virkelige verden. Den bygger bro mellom en statisk modell og fullt interaktive digitale tvillinger av den geospasiale enheten. Dette konseptet omfatter sanntidsinformasjon som gjenspeiler den faktiske tilstanden til den geospasiale enheten på et gitt tidspunkt (Kritzinger et al., 2018). I digitale skygger gjøres datainnsamling og -integrasjon vanligvis ved å oppdatere den digitale representasjonen dynamisk gjennom bruk av IoT-enheter (Internet of Things), sensorer og sanntidsdatastrømmer. I forbindelse med analyser og simuleringer utfører den digitale skyggen sanntidsovervåking og -oppdatering for å gjenspeile de aktuelle forholdene i den virkelige geospasiale enheten. Digitale skygger kan brukes til å forbedre situasjonsforståelse og legge til rette for reaktiv, samarbeidsbasert beslutningstaking basert på sanntidsdata. Eksempler på brukstilfeller er presentert i figur 5.6.

Example Use Cases for Digital Models in the Geospatial Doamin



Figur 5.5 Eksempler på brukstilfeller for digitale modeller i det geospasiale domenet

Example Use Cases for Digital Shadow in the Geospatial Doamin



Figur 5.6 Eksempler på brukstilfeller for digitale skygger i det geospasiale domenet

Example Use Cases for Digital Twins in the Geospatial Doamin



Figur 5.7 Eksempler på brukstilfeller for digitale tvillinger i det geospasiale domenet

Digitale tvillinger for det geospasiale domenet er den mest avanserte digitale representasjonen. Disse dynamiske virtuelle systemene for virkelige geospasiale enheter oppdateres kontinuerlig med sanntidsdata og simulerer ulike scenarioer. Derfor brukes de digitale tvillingene ikke bare til overvåking, men også til prediktiv analyse og optimalisering (Brucherseifer et al., 2021). For datainnsamling og -integrasjon kan digitale tvillinger bruke integrerte plattformer som kombinerer sanntidsdata med avanserte analyse-, maskinlærings- og simuleringsmuligheter (Dembski et al., 2020). Digitale tvillinger kan brukes til avanserte simuleringer, hva-hvis-scenarioer og prediktiv modellering til støtte for samarbeidsbasert beslutningstaking. Figur 5.7 viser eksempler på digitale tvillinger i geospasiale domener.

Fremover vil disse integrerte geospasiale digitale representasjonene fortsatt mangle tilgjengelighet og samarbeidsfunksjoner hvis de er basert på frittstående applikasjoner. I stedet for å lage frittstående applikasjoner kan integrerte geospasiale digitale representasjoner kombineres med nettbaserte teknologier for å muliggjøre et sett unike funksjoner som utvider grensene for integrerte geospasiale digitale representasjoner enda lenger ved å forbedre tilgjengelighet, interaktivitet og sanntids dataintegrasjon (Nevistić & Špoljarić, 2019).

For å bygge disse digitale representasjonene trengs det ulike teknologier. Ali et al. (2023) identifiserte fire hoveddeler som skal til for å bygge romlige digitale representasjoner. Datainnhenting og -behandling innebærer innsamling og behandling av geospasiale data fra kilder som satellittbilder, LiDAR og IoT-sensorer. Datamodellering, -forvaltning og -behandling fokuserer på strukturering og håndtering av romlige data ved hjelp av plattformer som PostgreSQL. GIS-programvare, kart og

API-er integrerer data med GIS-verktøy og visualiseringsplattformer. Viktige funksjonelle komponenter muliggjør simulering, prediktiv modellering og romlige spørringer, støttet av KI, maskinlæring og blokkjedeteknologi (Ali et al., 2023).

Digital tvilling-applikasjoner for innsjøer

Digital tvilling-applikasjoner for innsjøer gir avanserte muligheter for miljøovervåking, -modellering og -forvaltning. Ved å integrere sanntidsdata fra sensorer, satellitter og værstasjoner sporer disse applikasjonene viktige miljøparametere som vanntemperatur, turbiditet og oppløst oksygen, og bidrar slik til å oppdage forurensning og vurdere klimakonsekvenser (Chen et al., 2023). Hydrodynamisk og økologisk modellering gjør at man kan forutsi hvordan innsjøer oppfører seg under ulike forhold, inkludert flom og tørke, og samtidig vurdere biologisk mangfold og økosystemets helse (Parasyris et al., 2024). Digitale tvillinger bidrar til styring av flomrisiko og vannstand ved å simulere scenarioer og optimalisere manøvrering av magasiner (Bartos & Kerkez, 2021). I tillegg bidrar de til bedre forurensningskontroll ved å spore forurensningskilder og muliggjøre systemer for tidlig varslings. Innenfor fiskerier og bevaring av vannforhold legger digitale tvillinger til rette for bærekraftig forvaltning ved å overvåke fiskens vandring, formeringssykluser og miljøendringenes innvirkning på livet i vannet (Føre et al., 2024; Giske et al., 2025).

Digital tvilling av Mjøsa

Mjøsa er Norges største innsjø og dekker et landareal på 365 km². Innsjøen er en viktig drikkevannskilde og en ressurs for industri, fiske og rekreasjon. Men forurensning, klimaendringer og tap av biologisk mangfold gjør at

det trengs avanserte overvåkings- og forvaltningsstrategier.

En digital tvilling for Mjøsa kan forbedre miljøovervåkingen og -forvaltningen av innsjøen på flere måter. For eksempel kan vannkvaliteten overvåkes for å spore sesongmessige endringer i næringsnivåer, turbiditet og forurensningskilder, slik at man kan forebygge eutrofiering og algeoppblomstring. (Se kapittel 4 for mer informasjon om ulike overvåkingsystemer og -programmer for vannkvalitet.) Flommodellering og hydrologisk modellering, som integrerer meteorologiske data, kan også integreres i den digitale tvillingen for å forutsi flomrisiko, optimalisere magasinstyring og støtte drift av vannkraftverk. I tillegg vil en vurdering av konsekvenser av klimaendringer bidra til å analysere temperaturøkning, vannstandsendringer og endret hydrologi, og gi innsikt i endringer i økosystemet og tilpasningsstrategier. Til slutt kan fiskeriforvaltningen sikre en bærekraftig ressursforvaltning i Mjøsa ved å overvåke fiskebestandenes dynamikk og vurdere effekten av miljøendringer på det akvatiske biologiske mangfoldet. Endringer i arealdekke og arealbruk i Mjøsas nedbørfelt kan analyseres ved å spore urban ekspansjon i nær sanntid, jordbrukspraksis, avskoging og endringer i vannforekomster over tid ved hjelp av fjernmålingsdata, GIS-basert modellering og simuleringer med bruk av digital tvilling. Ved å integrere satellittbilder, historiske datasett for arealdekke og miljøovervåking i sanntid er det mulig å vurdere konsekvensene av menneskelig aktivitet, klimaendringer og politiske tiltak på nedbørfeltet. Denne innsikten kan bidra til bærekraftig arealforvaltning, bevaring av biologisk mangfold, vurdering av flomrisiko og restaurering av økosystemer rundt Mjøsa.

Flere eksisterende datakilder og forskningsinitiativer bidrar til miljøovervåking og -forvaltning av

Mjøsa. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) driver omfattende forskning på vannkvalitet og analyserer forurensningsnivåer, næringsdynamikk og økosystemhelse. Energiselskaper og miljømyndigheter sikrer gjennom regulering av vassdrag bærekraftig utnyttelse av vannressurser og god flomkontroll. Kommunale vannverk spiller en viktig rolle når det gjelder å overvåke drikkevannskilder og iverksette tiltak som reduserer forurensning og ivaretar vannsikkerheten. I tillegg bidrar universiteter og forskningsgrupper, gjennom et aktivt samarbeid om miljøstudier og utvikling av digital tvilling-teknologier, til mer datadrevet beslutningstaking for bevaring og forvaltning av nedbørfelt.

Flere geospasiale og hydrologiske datakilder gir verdifull innsikt for overvåking av arealbruk, vannressurser og miljøendringer. GeoNorge, Norges nasjonale nettsted for kartdata og annen stedfestet informasjon, leverer topografiske data, data om arealdekke og data om administrative grenser, til støtte for romlig analyse for nedbørfeltplanlegging. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) tilbyr hydrologiske data, inkludert vannstand, vannføring og flomrisikovurderinger, som er avgjørende for vannkraftforvaltning og studier av klimakonsekvenser. Kartverket tilbyr høyoppløselige terrengmodeller, flyfoto og batymetriske data som bidrar til å oppdage endringer i arealbruk og overvåke økosystemer. Norsk institutt for naturforskning (NINA) er også en god kilde til data om anvendt økologisk forskning. De har bred ekspertise på genetikk-, bestands-, arts-, økosystem- og landskapsnivå, både på land, i ferskvann og i kystnære marine miljøer. Disse datakildene bidrar til å øke forståelsen av dynamikken i Mjøsas nedbørfelt, og støtter miljøforskning, flomhåndtering og tiltak for bærekraftig utvikling. De mangler imidlertid integrasjon med hverandre og flere datakilder.

Implementeringen av digital tvilling for Mjøsa står overfor flere viktige utfordringer som må løses for at tiltaket skal være effektivt. Kompleksiteten i dataintegrasjonen er et stort hinder, ettersom den krever at ulike datakilder, inkludert IoT-sensornettverk, fjernmålingsbilder og historiske data, slås sammen til et enhetlig digital tvilling-rammeverk. For at denne integreringen skal bli sømløs, trengs det avanserte datafusjonsteknikker og standarder for interoperabilitet. I tillegg er høye krav til datakraft en utfordring. Sanntidssimuleringer og prediktiv modellering krever betydelig prosessorkraft og lagringskapasitet, og det trengs derfor effektive skybaserte databehandlingsløsninger og høytstående datainfrastrukturer.

Et annet kritisk problem er mangelen på standardiserte rammeverk for digitale tvillinger. Fraværet av interoperable arkitekturer med åpen kildekode hindrer skalerbarhet og kompatibilitet på tvers av plattformer og gjør at det må utvikles fleksible, modulære digital tvilling-løsninger. For å lykkes er det dessuten avgjørende med et godt samarbeid mellom forskningsinstitusjoner, offentlige etater, kommuner, vannkraftoperatører og lokale interessenter. Felles tilgang til data, definerte styringsstrukturer og samkjørte interesser på tvers av sektorer er avgjørende for å utvikle et samarbeidsbasert og bærekraftig digital tvilling-økosystem for forvaltningen av Mjøsa. Ved å ta tak i disse utfordringene vil vi kunne utnytte det fulle potensialet i Mjøsas digitale tvilling til beslutningsstøtte for miljøovervåking, bærekraftig utvikling og klimarobusthet.

Digitale tvillinger for innsjøer representerer en transformativ teknologi for miljøovervåking, bevaring av økosystemer og bærekraftig vannressursforvaltning. Med utviklingen av tingenes internett (IoT), kunstig intelligens (KI) og fjernmålingsteknologi

kan digitale tvillinger gi en sanntids, datadrevet tilnærming til forvaltning av komplekse ferskvannssystemer. Mjøsa er som Norges største innsjø et perfekt case til implementering av et digital tvilling-rammeverk som integrerer hydrodynamisk modellering, sporing av forurensning og klimatilpasningsstrategier. Fremtidig innsats bør fokusere på samarbeid mellom forskere, offentlige etater og partnere i næringslivet for å skape en robust, skalerbar og anvendelig digital tvilling for bærekraftig forvaltning av Mjøsa og Mjøsas nedbørfelt.

Andre digital tvilling-tiltak og nye teknologier

For å utvide perspektivet på pågående datainnsamling og -integrasjon i Mjøsa, er det verdifullt å se nærmere på representative casestudier av digital tvilling-initiativer anvendt på lignende miljøovervåkings- og forvaltningsutfordringer. I stedet for å fokusere bredt på tekniske aspekter, vil vi i dette avsnittet trekke frem generelle implementeringer som gir praktisk innsikt og overførbar erfaring. Disse eksemplene fra den virkelige verden viser hvordan digital tvilling-rammeverk har blitt brukt for å løse problemer som sanntids dataintegrasjon, økosystemmodellering og beslutningsstøtte, viktige områder som Oppdrag Mjøsa kan lære av og tilpasse seg etter.

Et slikt eksempel er utviklingen av en «digital havtvilling» for Trondheimsfjorden, et pilotprosjektet under det EU-finansierte ILIAD-prosjektet (Vasilijevic et al., 2024). Dette prosjektet demonstrerer et forent og interoperabelt rammeverk for marin miljøovervåking der man integrerer sanntidsdata fra overflate- og bunnsensorer, autonome undervannsfarkoster (AUV-er) og andre systemer for å spore vannkvalitet og biologiske hendelser. De innsamlede dataene – lagret i InfluxDB og tilgjengelige

via API-er – behandles ved hjelp av kunstig intelligens og maskinlæringsmodeller, og resultatene visualiseres gjennom dashbord og interaktive plattformer som Unity og Cesium. Bruksområder som deteksjon av mikroplast, overvåking av algeoppblomstring og prognoser for spredning av miljøgifter illustrerer hvordan digitale havtvillinger kan bidra til rettidig beslutningstaking. Behovet for modeller med høyere oppløsning og bedre skalerbarhet er imidlertid fortsatt en viktig utfordring. Samlet sett representerer den digitale havtvillingen i Trondheimsfjorden et banebrytende miljøovervåkingssystem som kombinerer datainnsamling i sanntid, KI-drevet analyse og interaktiv visualisering. Den gir ikke bare verdifull beslutningsstøtte til beslutningstakere, forskere og næringslivsaktører, men skaper også global presedens for anvendelse av digitale havtvillinger i marine miljøer.

På samme måte løser en nettbasert digital tvilling-plattform for nedbørfeltet rundt Chaosjøen i Kina begrensningene ved tradisjonelle nedbørfeltmodeller ved å kombinere sanntids sensornettverk, geografisk 3D-simulering og interaktiv webteknologi (Qiu et al., 2022). Plattformen støtter dynamisk dataintegrasjon og romlig analyse, slik at beslutningstakere kan håndtere vannforurensning ved hjelp av en pakke innebygde modeller som vurderer vannkvalitetsmål, forurensningsbelastninger og reduksjonsstrategier. Dronebaserte terrengmodeller, sanntidsdashbord og automatiserte varsler gjør den enda mer anvendelig for forurensningskontroll og forvaltning av nedbørfelt.

En annen interessant tilnærming er det innsjøorienterte digital tvilling-rammeverket som ble brukt på Poyangsjøen, Kinas største innsjø. Denne tilnærmingen utnytter IoT-basert miljømåling og høyoppløselig videoovervåking for å samle inn og

visualisere flerdimensjonale innsjødata, inkludert vannkvalitet, meteorologi og luftforurensning (Chen et al., 2023). Avanserte visualiseringsteknikker som skalar- og vektorfeltgjengivelse, Kriging-interpolering og videofusjon brukes til å avbilde hydrodynamiske prosesser og økologisk variabilitet i sanntid. Dette omfattende systemet støtter bevaringstiltak, sporing av trekkfugler og overvåking i sanntid, og utgjør en skalerbar modell for lignende økosystemer.

Et annet illustrerende eksempel er K-Twin SJ-plattformen, en digital tvilling som er utviklet til støtte for flomtiltak og forvaltning av nedbørfeltet til elva Seomjin i Korea (Park & You, 2023). Dette systemet integrerer høyoppløselige geospasiale data, anleggsinformasjon og hydrologiske sanntidsdata som nedbør, strømningshastigheter og vannstand med KI-drevne prediktive modeller. Plattformen legger til rette for avansert beslutningstaking gjennom 3D-visualisering, flomvarsling og optimalisering av damutslippsscenarioer. Tilleggsfunksjoner som geotekniske sikkerhetsevalueringer, dronebaserte infrastrukturvurderinger og KI-forbedret kameraovervåking utvider overvåkingsmulighetene ytterligere. Ved å koble sammen hydrauliske og hydrologiske simuleringsmodeller gir K-Twin SJ en fullstendig løsning for datadrevet, sanntids forvaltning av vannressurser og flomrisiko.

Varsom.no er en nettbasert plattform for varsling av naturfarer. Det er Norges nasjonale varslingstjeneste for naturfarer, som leverer varsler og informasjon om flom, skred, snøskred, tørke og farlig vær fra Meteorologisk institutt (MET). Plattformen administreres av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i samarbeid med MET, og legger til rette for kunnskapsbaserte sikkerhetsbeslutninger gjennom detaljerte varsler, kart og data via nettstedet og mobilappen.

Til sammen viser disse eksemplene hvilke teknologiske tilnærminger og hva slags digital infrastruktur som skal til for å bygge effektive digitale tvillinger for innsjøer. Hvert case illustrerer metoder for å løse utfordringer som fragmenterte datakilder, sanntidsintegrasjon og komplekse miljøinteraksjoner – utfordringer som er like relevante for det pågående Oppdrag Mjøsa. Ved å oppsummere erfaringer fra disse implementeringene kan fremtidig utvikling av Mjøsas digitale tvilling ta i bruk velprøvde teknologier og designstrategier som forbedrer interoperabilitet, visualisering og samarbeidsbasert beslutningstaking.

Ny teknologi for forbedret 3D-visualisering

3D-grensesnitt for digitale tvillinger av innsjøer er avhengige av at det finnes 3D-representasjoner. En måte å produsere slike representasjoner på er bildebaserte 3D-rekonstruksjonsmetoder. Disse metodene slår sammen flere 2D-bilder av et objekt eller en scene til én enkelt 3D-modell (Dalal et al., 2024). Nyere maskinlæringsbaserte NVS-metoder (Novel View Synthesis), spesielt 3D Gaussian Splatting, bygger videre på tidligere tilnærminger til 3D-rekonstruksjon ved å lære en kombinert representasjon av scenens geometri og utseende (farge og tekstur). Dette gjør dem i stand til å produsere fotorealistiske bilder av scenene direkte fra nye perspektiver (Dalal et al., 2024).

Opptak under vann endrer imidlertid utseendet på bildene. Bilder av undervannsscener lider av dårlig sikt, en fargeforskyvning mot grønt/blått og uskarphet (Skarlatos & Agrafiotis, 2020). Utfordringene med å samle inn undervannsbilder og tilpasse bildebehandlingsteknologien til endringene i utseende er ennå ikke helt løst, men det har skjedd betydelige fremskritt. Et viktig skritt i retning av å

lykkes med å håndtere fargeforskyvning og sløring har vært innføringen av en revidert billedannelsesmodell for undervannsbilder (Akkaynak & Treibitz, 2018). Denne modellen beskriver hvordan ulike komponenter i det optiske signalet, nærmere bestemt lyset som reflekteres direkte av et objekt mot kameraet, og lyset som spres av mediet, danner det registrerte bildet (Akkaynak & Treibitz, 2018). I motsetning til tidligere modeller ser den på svekkingskoeffisientene som beskriver styrken til hvert av disse signalene, som uavhengige parametere (Akkaynak & Treibitz, 2018). Denne reviderte modellen har ført til flere spesialiserte bildebehandlingsmetoder for undervannsscener. Det har for eksempel blitt utviklet en bildeforbedringsmetode (Akkaynak & Treibitz, 2018) og en ny maskinlæringsbasert NVS-metode (Levy et al., 2023) som gjør at man kan fjerne en betydelig del av fargeforskyvningene og sløringen som forårsakes av det omkringliggende vannet. Ytterligere forbedringer på dette området kan etter hvert gjøre det mulig å generere virkelig fotorealistiske 3D-bilder av undervannsscener.

5.9 Sammendrag

Det er gjennomført omfattende datainnsamling i Mjøsa for å overvåke forurensning, økologiske endringer og klimapåvirkninger. Studier på 1970-tallet fokuserte på eutrofiering og identifiserte fosforforurensning som hovedårsaken. Det førte til Mjøsaksjonen, som forbedret avløpsvannrensingen og reduserte tilførselene av næringsstoffer. Senere forskning har undersøkt metallforurensning i fisk, massebevegelser på innsjøbunnen og sedimentakkumulering ved hjelp av avanserte batymetriske og geokjemiske analyser. Langsiktige overvåkingsprogrammer har sporet trender i vannkvalitet, algebiomasse og stigende vanntemperaturer. Av nylige initiativer kan nevnes FMB-analyse (fluorine mass balance) og paleontologiske studier av kambriske fossiler. Lovende initiativer fremover er blant annet integrering av miljødata ved hjelp av digital tvilling-modellering for en bærekraftig forvaltning av innsjøer. Satellittbilder, IoT-sensorer og hydrodynamisk modellering forbedrer sanntidsovervåking og prediktiv analyse for bærekraftig vannressursforvaltning. I tillegg kan fremskritt innen bildeforbedring og 3D-rekonstruksjon gi en svært detaljert 3D-modell av omgivelsene og legge til rette for intuitive brukergrensesnitt for visning av de innsamlede dataene. Denne kollektive innsatsen gir en helhetlig forståelse av Mjøsas miljøtilstand og et godt grunnlag for kunnskapsbaserte beslutninger.

Kapittel 6: Syntese

Hovedforfattere: Elizabeth Barron og Preema Ranjitkar

Bidragstere: Joni Storie og Chris Storie

6.1 Sammendrag

I kapittel 1 ble det stilt et sett politisk relevante spørsmål knyttet til tverrgående emner og temaer av stor interesse som tas opp i hele rapporten: demografiske endringer, vannforurensning, klimaendringer, bærekraftig utvikling og styring på flere nivåer. Vi tar for oss disse spørsmålene her, og identifiserer andre som kunnskapshull for fremtidig forskning.

Når det gjelder vannforvaltning og forurensning, ligger det utenfor rammen av denne vurderingen å trekke noen konklusjoner om virkningen av tiltak mot vannforurensning for drikkevann og fritidsfiske, for dette er et område der forskningen fortsatt pågår. Det er imidlertid klart at tiltakene har effekter. Drikkevann er en kritisk ressurs, og fritidsfiske bidrar til den kulturelle og sosiale strukturen i Mjøsa. Når disse tingene er truet, får temaet forurensning og avbøtende tiltak økt betydning for både offentligheten og offentlige myndigheter. Kritiske spørsmål i denne forbindelse er hvordan og når publikum blir oppmerksom på forurensning, hvor de har fått informasjon fra (f.eks. om de har fått den fra mediene eller fra myndighetene), og hvordan de forstår informasjonen som formidles. Effektiviteten av offentlig formidling og kommunikasjon kan være et aktuelt område for framtidig forskning.

Klimaendringene er et av de mest presserende problemene globalt og i Norge. Området rundt Mjøsa vil først og fremst bli påvirket av mer varierende nedbørshendelser, stigende temperaturer og nedbørsnivåer, og økt risiko for flom

og erosjon. Det finnes en betydelig mengde materiale som kan brukes til urban og rural planlegging på kort og lang sikt, og dette er et område der norske klima- og miljømyndigheter legger ned en betydelig forskningsinnsats og utadrettet virksomhet. Hovedproblemet her ser ut til å være brukergrensesnittet, og dette får mye oppmerksomhet.

Når det gjelder FNs bærekraftsmål, er det satt i gang flere tiltak i Innlandet som, blant annet gjennom å informere publikum, skal bidra til at man når bærekraftsmålene. Som for klimaendringene kan man si at det springende punktet ikke er mangel på informasjon, men mangel på bevissthet og engasjement rundt temaet. Et sentralt element i planleggingen bør dermed være å vurdere i hvilken grad man skal satse på regulatoriske rammer som tvinger publikum inn i forvaltningssystemer i tråd med målene, og i hvilken grad disse systemene fortsatt primært bør være frivillige.

6.2 Vannforvaltning

Å forvalte innsjøen innebærer å foreta avveininger mellom motstridende interesser. Rapporter og forskning viser at Mjøsa har mange bruksområder. Innsjøen er drikkevann for tusenvis av mennesker, den er mottaker av avløpsvann, den brukes til produksjon av vannkraft, og den brukes til fritidsfiske. Noen av disse bruksområdene er i konflikt med hverandre. For eksempel kan behovet for å beskytte vannkvaliteten til

drikkevannsformål utfordres av innsjøens rolle som mottaker av avløpsvann, og vannkraftverk kan skape negative økosystemeffekter på fiskebestander som er populære for fritidsfiskere. Forvaltningen av innsjøen krever derfor at man tar hensyn til ulike interesser og foretar avveininger som ikke går på bekostning av miljømessig bærekraft, samfunnets behov eller langsiktig bevaring av ressurser. Vi identifiserer dette som et styringsproblem knyttet til det vi i 6.5 kaller skalamismatch, en manglende overensstemmelse mellom naturlige og administrative grenser.

Som nevnt i kapittel 3 og 4 øker den menneskeskapte belastningen på Mjøsa. Intensivering av landbruket og selv relativt minimal avskoging har ført til økt avrenning, mer mikroplast, flere kloakklekkasjer og mer trafikkforurensning i innsjøen og tilløpselvene. Spesielt mikroplast er sannsynligvis svært underreportert, og utgjør en betydelig trussel mot både økosystemer og menneskers helse ved at den akkumuleres i næringskjeden.

Gjennomgangen vår tyder på at det finnes rikelig med informasjon, men at den er noe silodelt, og at det varierer hvor tilgjengelig den er. Som nevnt i kapittel 5 pågår det forskning på disse temaene i Mjøsa, som vil bidra til kunnskapsbaserte beslutninger hvis informasjonen gjøres lett å både finne og forstå. Det er imidlertid lettere sagt enn gjort å ta hensyn til og balansere forskningsresultater og å håndtere dem gjennom integrerte tilnærminger til vannforvaltning som kombinerer reguleringer, overvåking og infrastrukturinvesteringer. Som Nilsen et al. (2022) påpeker når det gjelder klimaendringer, må produkter og forskning utformes med tanke på sluttbrukerne, om ikke i samarbeid med dem, for å øke produksjonen av brukervennlig og anvendelig kunnskap.

6.3 Planlegging for klimaendringer

Klimatilpasning på landsbasis i Norge er organisert i fire innsatsområder: 1) vann, 2) natur, arealbruk og kulturminner, 3) samfunnssikkerhet i et endret klima, og 4) helhetlig forvaltning. Nilsen et al. (2022) presenterer en grundig og informativ oversikt over klimarapportering, planlegging og involvering av interessenter. Hovedbudskapene fra artikkelen presenteres her, men vi henviser leserne til den fullstendige artikkelen for mer informasjon. Et av hovedpoengene til Nilsen et al. (2022) er at man må samarbeide med ulike interessenter og de tiltenkte brukerne av ulike klimainformasjonsprodukter for å sikre at informasjonen som presenteres, er tilgjengelig og av interesse for de foreslåtte målgruppene.

Informasjonen som er utviklet ved Norsk klimaservicesenter, rapporterer hovedsakelig utfordringer for infrastruktur knyttet til ekstreme værhendelser, som vil bli hyppigere i tiårene som kommer (Nilsen et al. 2022). Norsk klimaservicesenter har utarbeidet verktøy til bruk i Norge for planlegging av infrastruktur og bygninger for klimarelaterte utfordringer som kraftig nedbør, økt flom og stormflo. Nilsen et al. (2022) viser til Hamarlands (2015) prinsipper for klimatilpasning i Norge. Disse prinsippene er avgjørende å ta hensyn til i den fremtidige areal- og byplanleggingen i Mjøsregionen.

- i) Tiltak/beslutninger som har kort levetid (10–20 år), vurderes ut fra dagens klima.
- ii) For tiltak/beslutninger med lang levetid, vurderes det om de skal bygges for å tåle forventede klimaendringer i løpet av levetiden, eller om de utformes ut fra dagens klima, men klargjort for forsterkinger/endringer.

- iii) Tiltak/beslutninger bør være klimarobuste, dvs. de bør fungere etter hensikten selv om klimautviklingen blir noe annerledes enn forutsett.
- iv) Klimatilpasninger som bidrar til måloppnåelse på flere områder, er vinn-vinn-tilpasninger og bør prioriteres høyt.

I Mjøsregionen ble Hamar utpekt av Miljødirektoratet til å delta i det kommunale klimatilpasningsnettverket «I Front: Kommunenettverk for klimatilpasning» (Miljødirektoratet, 2025b). To av fokusområdene har vært å støtte installering av grønne tak og bevaring av kulturminner i de 13 byene som deltar i programmet. Dette nettverket, og andre lignende nettverk, viser hvordan offentlige etater og forskere kan jobbe direkte med brukere av klimadata og -rapporter. Et annet eksempel er en serie workshoper, kalt Klimathons, som ble arrangert over hele landet på slutten av 2010-tallet, og som gjorde det lettere å inkludere lokal kunnskap om klimaendringer i kart og andre formater. Disse workshopene ble integrert i eksisterende nettressurser for å gjøre klimarelatert informasjon tilgjengelig for allmennheten og for å dekke behov brukergrupper hadde identifisert. Denne typen nettsted og ressurser er avgjørende fordi mange brukere, inkludert kommunale og fylkeskommunale planleggere, «ikke vet hvor de skal begynne å lese», til tross for en overflod av informasjon og verktøy. I Mjøsregionen forsterkes dette problemet av manglende koordinering mellom brukere fordelt på flere fylker og kommuner (tabell 1.1).

For mer detaljert informasjon om klimaforhold, risiko og mulige farer i Mjøsregionen henvises leserne til følgende nettportaler og læringsnettverk:

- <http://senorge.no> for generell informasjon
- <http://temakart.nve.no> for generell informasjon
- <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/klimatilpasning/om-klimatilpasningsarbeidet/StorbynettverketIfront/> for informasjon om hvordan Hamar deltar i Miljødirektoratets I front-nettverk for klimatilpasning

6.4 Mål for bærekraftig utvikling, offentlig planlegging og arealplanlegging

Norge har satt av store ressurser og gjennomført omfattende planlegging med tanke på FNs bærekraftsmål, gjennom FN-sambandet, myndigheter på alle nivåer, KS og universiteter og forskningsmiljøer over hele landet. Regjeringen har dokumenter, statistikk og andre ressurser om bærekraftsmålene tilgjengelig på nett på norsk og engelsk fra flere år tilbake (se f.eks. <https://www.regjeringen.no/no/tema/fns-barekraftsmal/om-barekraftmal>).

Innlandet fylkeskommune har en uttalt intensjon om å bidra til å oppfylle bærekraftsmålene ved å samarbeide med Statistisk sentralbyrå og KS, og følge deres «taksonomi» for å måle fylkeskommunens innsats (figur 6.1). Taksonomien er et verktøy som gjør at brukere kan systematisere indikatorer til støtte for måling og sporing og lokal deltakelse. Taksonomien skiller seg fra EUs taksonomi for bærekraftig finansiering.

TAKSONOMI

FOR KLASSIFISERING AV INDIKATORER TIL BÆREKRAFTSMÅLENE

Taksonomien er tenkt benyttet til å sortere, vurdere og sammenlikne indikatorer og indikatorsett med sikte på arbeid med bærekraftsmålene.

Strategisk prioritering

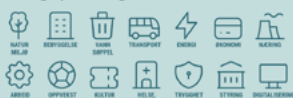
For eksempel disse fire viktige temaene:



PERSPEKTIV

Utviklingsområde

14-delt felles vokabular fra Digitaliseringsdirektoratet som er temainndelt for å kategorisere og beskrive offentlige tjenester og ressurser.



Evaluering av tiltak

5-delt typologi som stammer fra "input-output"-modellen i økonometri.



Fordeling

Relevant for å sammenlikne over tid, region og grupper.



INDIKATOR

KVALITET

Baseres på versjon 2.0 av "Quality Assurance Framework of the European Statistical System".

Klasse 1

Fem kvalitetsprinsipper for statistikk.



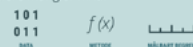
Klasse 2

Mulig tilstand dersom indikatoren ikke tilhører klasse 1 eller klasse 3.



Klasse 3

Indikatoren er umulig å lage pga. en eller flere mangler mht.:



MÅL

FNs bærekraftsmål (SDG)

deles hierarkisk i to nivåer bestående av 17 hovedmål og 169 delmål.



Trippel bunnlinje (TBL)

Den tredelte bunnlinje er et begrep fra samfunnsøkonomien som brukes for å synliggjøre bredere økonomiske forhold, sosiale forhold og miljømessige forhold.



Statistisk sentralbyrå
Statistics Norway

Figur 6.1: KS' taksonomi for klassifisering av indikatorer til oppfyllelse av bærekraftsmålene (lastet ned fra ks.no 20. november 2025; www.ks.no/fagomrader/barekraftsmalene)

Med utgangspunkt i de nasjonale målene har Innlandet fylke utviklet sin egen strategi, forankret i fire satsingsområder: innbyggere, inkludering, innovasjon og infrastruktur. De langsiktige målene i Innlandsstrategien lyder:

1. Bærekraftig ressursforvaltning som gir utvikling og nye arbeidsplasser
2. Levende lokalsamfunn med bærekraftige byer, tettsteder og bygder
3. At aktører i fylket vårt får større nasjonal betyding og synlighet

Det er her ikke rom for å gå gjennom hele strategien, som videre er integrert med regional planlegging for sikkerhet, klima, energi og miljø og regional markedsføring, og tilgjengelig i sin helhet fra fylkeskommunen. Når det gjelder spørsmålet som ble formulert i kapittel 1, er det tydelig, selv fra denne korte oversikten, at Innlandet, som så mange andre fylker, har et komplekst sett av mål som må ivaretas for å oppfylle krav og målsettinger fra mange interessenter på nasjonalt, fylkeskommunalt og kommunalt nivå. Dessuten står disse målene og målsettingene ofte i et spenningsforhold, eller til og med i direkte konflikt, med hverandre, slik at planlegging for økonomisk utvikling, samfunnsendringer, ressursforvaltning og miljøvern blir fastlåst. Nedenfor gir vi et eksempel på noen av spenningene rundt skogforvaltning som en indikator på de mange kryssende og komplekse variablene som spiller inn når det gjelder én ressurs, nemlig skog. Skogen brukes som eksempel fordi den utgjør en stor del av landområdet rundt innsjøen, og fordi den viser kompleksiteten i de valgene som må tas for å avgjøre hva som menes med bærekraft (bærekraftig for hvilket formål? Bærekraftig for hvem?).

Skogen har mange viktige klimarelaterte funksjoner. Blant annet påvirker den vannbalansen og lokale klimatiske forhold. Verdens skogøkosystemer representerer

også betydelige karbonlagre som kan påvirke den globale oppvarmingen hvis karbonet slippes ut i atmosfæren. På den annen side utgjør voksende skog et viktig karbonsluk som reduserer virkningen av menneskeskapte CO₂-utslipp. Gjennom fotosyntesen tar verdens skoger for tiden opp CO₂ tilsvarende om lag 25 % av de samlede menneskeskapte klimagassutslippene. Siden vi i Norge i dag avvirker under halvparten av tilveksten, er det mulig å øke bruken av skogråstoff til energi og byggematerialer og slik redusere forbruket av olje, kull og gass. Dette kan bidra til utslippsreduksjoner i samsvar med de forutsetningene FNs klimapanel har lagt til grunn for å unngå en temperaturstigning på to grader (det norske skogselskapet, 2011) (Norsk skogpolitikk, 2011; besøkt 19.09.2024, brosjyre_norsk_skogpolitikk_2011_engelsk.pdf fra <https://www.regjeringen.no/>).

Når det gjelder økosystemtjenester (en populær regnskapsmetode for verdsetting av natur som brukes for indikatorer for bærekraftsmålene), har skogforvaltningen i Norge i stor grad favorisert forsyningstjenester (f.eks. tømmer og bioenergi) på bekostning av støttetjenester og noen kultur- og reguleringsfunksjoner (f.eks. rekreasjonsbruk) (Helseth et al., 2022). Selv om norske skoger fortsatt har god kapasitet til å levere forsyningstjenester, er den generelle økologiske tilstanden relativt dårlig. Den totale skogbiomassen i Norge har tredoblet seg i løpet av det siste århundret, og skogarealet har økt med rundt 10 %. Veksten har imidlertid vært ledsaget av fragmentering og endringer i skogens funksjoner, noe som har ført til en nedgang i artshabitater og andre økologiske verdier. Halseth et al. (2022) hevder at vekst i skogareal og -biomasse ikke er tilstrekkelige indikatorer for bærekraftig skogforvaltning. Fremtidens skogpolitikk vil dra nytte av bedre kunnskap om skogens økologiske tilstand, motstandskraft mot klimaendringer og

sosiokulturelle bidrag til menneskers velferd.

Aasetre & Bele (2009) presenterer en historisk gjennomgang av skogforvaltningen i Nord-Trøndelag og understreker behovet for en tverrfaglig tilnærming der man ved hjelp av historiske og biologiske data og lokal kunnskap forsøker å forstå de skiftende hogstregimene og de økologiske konsekvensene av dem. Siden nesten halvparten av landskapet er identifisert som skog, blir forholdet mellom «community forest management» (CFM, et etablert konsept som omfatter almeningsforvaltning) og REDD+ sett på som en tilnærming som kan bygge bro mellom det regionale og det nasjonale nivået for CFM-politiske beslutningsprosesser (Hajjar & Oldekop, 2018). CFM har blitt fremmet over hele verden som et tiltak for å bevare skog, anerkjenne lokalsamfunns rettigheter og forbedre livsgrunnlaget for lokalsamfunn (Hajjar & Oldekop, 2018). Selv om det primære formålet med REDD+ er å redusere klimaendringene, har programmet også fått mye oppmerksomhet på grunn av dets mulige positive bivirkninger. Det kan for eksempel gi sosioøkonomisk utvikling gjennom en kommersiell utnyttelse av stående skog der man ikke bare bevarer og øker skogens karbonlagre, men også skaper et bedre livsgrunnlag og bevarer biologisk mangfold (Hajjar & Oldekop, 2018).

I Norge er arealbruksendringer og påfølgende omdanning av habitater den viktigste driveren bak tap av biologisk mangfold både når det gjelder arter og habitater (Bevanger, 2018). Økosystemer og habitattyper er ikke veldefinerte og identifiserbare enheter på samme måte som dyre- eller plantearter. Økosystemtjenestene knyttet til ferskvann er gjenstand for flere motstridende interesser, særlig på grunn av deres potensielle verdi som vannkraftkilder. De største truslene mot

disse økosystemtypene kan være knyttet til kulturelle tradisjoner, samt gjødsling, dyrking, skogplanting og utbygging og nedbygging av infrastruktur. Selv om mange av disse praksisene blir sett på som trusler mot økosystemet, vil de være nødvendige for å oppfylle ulike deler av Innlandet fylkeskommunes plan for oppfyllelse av bærekraftsmålene, som utvikling av infrastruktur og støtte til kulturelle tradisjoner.

Ved hjelp av data fra Landsskogtakseringen har Vergarechea et al. (2023) simulert utviklingen av norske skoger under ulike forvaltningsregimer og definert skogpolitiske scenarier med utgangspunkt i landets skogpolitikk, strategi for biologisk mangfold og bioøkonomistrategi. Resultatene for alle scenarioene tyder på at Norge vil være i stand til å dekke et behov for trevirke på opptil 17 millioner m³ i 2093. Vergarechea et al. (2023) observerte at bioøkonomistrategien og skogpolitikken resulterte i svært like skogforvaltningsprogrammer i Norge, med en dominans av ekstensive forvaltningsregimer. I strategien for biologisk mangfold var det en økning av arealer avsatt til bevaring og av lukkede hogstformer, noe som gjorde strategien mer kompatibel med indikatorene for biologisk mangfold. De fant også flere synergier og konflikter mellom skogøkosystemtjenester, som antakelig var påvirket av hvordan de politiske målene på nasjonalt nivå var definert. Disse nasjonale og internasjonale scenariene og modelleringene er svært relevante for hvordan lokale myndigheter håndterer statlige prioriteringsvedtak og gjennomføring.

6.5 «Skalamismatch» – manglende samsvar mellom naturlige og administrative grenser

«Skalamismatch» er et anerkjent problem i forskningen på forvaltning og styring av naturressurser. Med skalamismatch menes manglende samsvar mellom det biofysiske nivået miljøsystemet opererer på, og det institusjonelle eller styringsmessige nivået som forvaltningsbeslutningene tas på (Cash et al., 2006). Problemet er spesielt uttalt i vannforvaltningen, der hydrologiske systemer som nedbørfelt ofte er videre enn de administrative og politiske enhetene som er satt til å forvalte dem (Moss & Newig, 2010). Skalamismatch kan bidra til redusert sosioøkologisk motstandskraft, dårlig forvaltning av økosystemer og økt press på naturressursene (Cumming et al., 2006). Det kan også påvirke menneskers velferd og livsgrunnlag (Welsh et al., 2020). Vår gjennomgang tyder på at det kan være en slik skalamismatch mellom de økologiske systemene i Mjøsregionen og forvaltningen av disse systemene.

Gjennom hele dokumentet, særlig i kapittel 2 og 3, er Mjøsa avgrenset av de sju omkringliggende kommunene: Eidsvoll, Østre Toten, Gjøvik, Lillehammer, Ringsaker, Hamar og Stange. Kapittel 3 forklarer hvordan lokale styringsbeslutninger fattes innenfor disse kommunenes jurisdiksjongrenser. I kapittel 4 anlegger vi derimot et økologisk perspektiv på Mjøsa, der vi ikke ser på innsjøen som en enhet definert av kommunegrenser, men som et større nedbørfeltsystem. Mjøsas nedbørfelt omfatter tilsig, nedbørfelt og økologiske prosesser som strekker seg over 20 kommuner (Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver, n.d.). Dokumentet anerkjenner at biologisk liv, miljøgifter og næringsstoffer som kommer inn i innsjøen,

stammer fra og påvirker også andre områder enn de sju omkringliggende kommunene.

Denne sammenstillingen avslører en skalamismatch i forvaltningen av Mjøsa: Mens de økologiske prosessene utspiller seg i hele innsjøen og nedbørfeltet, blir viktige beslutninger tatt av sju separate kommuner, slik at forvaltningen ikke samsvarer med de økologiske realitetene. I kapittel 2 beskriver vi hvordan de administrative grensene har vært flytende over tid. Dette kan fremstå som et historisk poeng, men så sent som i 2020 ble fylkesgrensene for hele landet betydelig endret, noe som fikk varige konsekvenser for en rekke tjenester. Til tross for at EUs rammedirektiv for vann har forsøkt å skape samsvar mellom økologiske og administrative grenser, viser gjennomgangen vår at forvaltningsordninger og beslutninger fortsatt i stor grad bestemmes av de enkelte kommunene, som, selv om de samarbeider, fortsatt har selvstendig beslutningsmyndighet. Dette kan føre til at forvaltningen av landets innsjøer blir fragmentert og ikke i tråd med innsjøsystemets biofysiske virkelighet.

Selv om skalamismatch er vist å føre til problemer, anbefaler ikke forskere å revidere formelle styringsgrenser for å bringe dem i samsvar med naturlige, biofysiske grenser (Welsh et al., 2020). Men det er fremsatt en rekke andre forslag til hvordan man kan løse problemet med skalamismatch: samarbeid på tvers av institusjoner, samforvaltning av naturressurser i form av makt- og ansvarsdeling mellom myndigheter og lokalsamfunn, og opprettelse av «brobyggerorganisasjoner» som legger til rette for samproduksjon av kunnskap ved å fungere som mellomledd mellom ulike arenaer, nivåer eller «skalaer» (Cash et al., 2006). Kapittel 3 identifiserer institusjoner som kan identifiseres som brobyggere i Mjøsregionen. Det trengs mer forskning

for å analysere hvor godt skalamismatchen nøytraliseres av disse organisasjonene.

6.6 Kunnskapshull og forskningsbehov

Historien om Mjøsa og dens omgivelser er godt dokumentert i arkivdokumenter, offentlige og historiske dokumenter, personlige fortellinger og museer. Det meste av materialet er på norsk, men noe er på tysk, svensk og engelsk. Vi har imidlertid ikke klart å finne noen form for samlet tekst, som for eksempel «Mjøsregionens historie» eller «Innlandets historie». Hvis noen besluttet å lage en slik tekst, ville det være et verdifullt bidrag.

Det biofysiske miljøet i Mjøsa, omgivelsene og klimaforholdene er generelt godt undersøkt og overvåket. Selv om vurderingen ikke kan gjøre krav på å være fullstendig, er det klart at det finnes mye

kunnskap og informasjon på norsk og noe på engelsk. I tillegg er historie, biologi, økologi og klima fortsatt gjenstand for stor interesse og aktiv forskning. Basert på vår gjennomgang ser vi at det er behov for mer forskning både nå og i fremtiden. Vi ser blant annet disse kunnskapshullene:

1. Det er behov for mer detaljert og tilgjengelig informasjon om ammunisjonsforurensning av vannforsyningen i Mjøsas nedbørfelt, med særlig vekt på Mjøsa og nedstrøms mot Oslofjorden.
2. Det er behov for tettere overvåking og informasjon om legemiddelforurensning i Mjøsas nedbørfelt, med særlig fokus på Mjøsa og nedstrøms mot Oslofjorden.
3. Det trengs tilpasning av systemer for tidlig varsling og overvåking av naturfarer (inkludert flomhåndtering) for å tilpasse seg fremtidige klimaforhold.



Figur 6.2 Mjøsas strandlinje (Foto: Jan Tore Bern)

4. For evaluering av ferskvannssystemer er det behov for bedre representasjon av indikatorer følsomme for vassdragsreguleringer, klima og fremmede arter (Jakobsson & Pedersen, 2020), og et relatert behov for bedre samordning og samarbeid mellom rapporteringsordningene (Sandvik, 2019). Tiltak for å møte disse behovene vil styrke de to eksisterende nasjonale verktøyene for evaluering av biologisk mangfold og økosystemtrender i ferskvannssystemer i Norge, vannforskriften (Miljødirektoratet, 2025a) og Naturindeks for Norge (Miljødirektoratet, n.d.-f).
5. Det trengs vurderinger av skogkvalitet, særlig med hensyn til økosystemintegritet, habitatfragmentering og arters komplekse motstandskraft mot klimaendringer. Hvordan disse økologiske dimensjonene påvirker skogens sosiokulturelle bidrag til menneskers velferd, er også et område som er gjenstand for aktiv interesse.

Kapittel 5 tar for seg ulike typer teknologi som brukes til å få en bedre forståelse av Mjøsa og dens omgivelser. Det er viktig at forskningen benytter seg av ny teknologi, men det trengs mer forskning på grensesnittet mellom teknologi og samfunn:

1. Hva er den mest hensiktsmessige og produktive bruken av teknologi med tanke på bestemte resultater?
2. Hvor tilgjengelige vil dataene være på lang sikt med tanke på standardiserte protokoller for nedlasting av store datasett?
3. Hvor levedyktige vil systemene være på lang sikt med tanke på serverkapasitet, dataforvaltning og den raske utviklingen innen KI?

Selv om det finnes en god del basisinformasjon om de sosiale, kulturelle og politiske dimensjonene ved livet i og rundt Mjøsa, fant teamet en begrenset mengde forskning på disse områdene som kan brukes som beslutningsgrunnlag. Vår gjennomgang viser at det er behov for forskning både nå og i fremtiden:

1. Det trengs en grundigere vurdering av hvilken rolle demografiske endringer vil spille for fremtidig arealforvaltning og -utvikling. Dette var et av de politiske spørsmålene identifisert i kapittel 1 som vi ikke klarte å besvare på en tilfredsstillende måte. For selv om det finnes rikelig med informasjon om den faktiske demografien, finnes det få eller ingen analyser av hva demografiske endringer har å si. Det finnes også få eller ingen analyser av hvordan man kan håndtere disse endringene slik at man ivaretar personlig verdighet, lik fordeling av goder og respekt for kulturell endring, og det finnes få eller ingen analyser som sier noe om hvordan kan bør leve i et sosioøkologisk miljø i rask endring.
2. Gjennomgangen avdekker en påfallende mangel på kunnskap om hvilken betydning Mjøsa og aspekter ved Mjøsa har for private og kollektive goder som identitet, samhold og trivsel. Dette gjør beslutningstakerne dårlig rustet til å vurdere om politikk og prosjekter står i fare for å redusere Mjøsas evne til å levere disse immaterielle verdiene.
3. Det finnes få arenaer der lokalbefolkningen, særlig de som ikke er skogeiere, kan innta en aktiv rolle i skogforvaltningen. For å nå bærekraftsmålene må disse verdiene balanseres ved å gi underrepresenterte grupper (kvinner, småbrukere og andre ikke-skogeiere) større innflytelse i skogpolitiske beslutningsprosesser.

4. Selv om det finnes mye informasjon om hvordan Innlandet fylke og de ulike kommunene arbeider med bærekraftsmålene, og selv om det er satt av midler til forskning på dette, mangler det forskning på hvilke virkninger det kan ha å iverksette motstridende tiltak, hvordan bærekraftsmålene formidles til offentligheten, og hvordan man avgjør (og hvem som avgjør) om mål er nådd. Gitt ressursbruken og fokuset på bærekraftsmålene i Norge, er dette identifisert som et umiddelbart behov med sosiale, miljømessige og rettferdighetsrelaterte implikasjoner.

Mjøsa er av stor betydning for folk i Mjøsregionen. Dette viktige forholdet mellom innsjøen og menneskene som bor ved den, og den «ikke-ekstraktive» verdien av innsjøen, er imidlertid i liten grad belyst i forskningslitteraturen. Selv om det er mulig å få innblikk i noe av dette gjennom kunst og litteratur, kan man spørre seg hvordan denne kulturelle meningen og betydningen blir fremmet og beskyttet, og om dette er et område der det kunne vært foretatt mer deltakende forskning og flere aktive intervensjoner. Hvordan kan for eksempel forskningsprogrammer ta for seg både en aldrende befolkning, økende forurensning og Mjøsas evne til å levere kulturelle, estetiske og åndelige verdier?

Det som forener mange av disse kunnskapshullene, er et spørsmål man har begynt å diskutere de siste årene: Trengs det en ny Mjøsaksjon? Hvordan en slik ny aksjon skulle se ut, er imidlertid uklart, med tanke på de komplekse behovene til innsjøsystemet og menneskene som berøres av det. Et mulig resultat av det nåværende arbeidsprogrammet for Oppdrag Mjøsa kan være ytterligere innsikt i behovet for en ny aksjon, og en skisse til en slik aksjon.

Kapittel 7: Referanser

- Aa, A. R. (1979). *Dokka, Quaternary geology map 1816 IV* [Map]. NGU.
- Aagaard, P., & Holtan, H. (1976). Mjøsprosjektet. Sedimentologiske undersøkelser 1972-1974 Delrapport nr. 7. In 72 (No. 1074; NIVA-Rapport). NIVA. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/202329>
- Aanes, K. J., Bækken, T., Persson, J., Eriksen, T. E., & Skjelbred, B. (2014). *Fremdriftsrapport-3 Resipientovervåkning i Mjøsa ved utslipp av vann fra driving av tunneler for E6-Dovrebanen på strekningen Langset-Espa i Eidsvoll og Stange kommune. Perioden: 2. Halvår 2013.*
- Aasetre, J., & Bele, B. (2009). History of forestry in a central Norwegian boreal forest landscape: Examples from Nordli, Nord-Trøndelag. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 63(4), 233–245. <https://doi.org/10.1080/00291950903368342>
- Akershus Fylkeskommune. (2007). *Gardermoen 2040: Strategisk utviklingsplan for Gardermoen.*
- Akkaynak, D., & Treibitz, T. (2018). A Revised Underwater Image Formation Model. *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 6723–6732. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00703>
- Ali, M. E., Cheema, M. A., Hashem, T., Ulhaq, A., & Babar, M. A. (2023). *Enabling Spatial Digital Twins: Technologies, Challenges, and Future Research Directions* (No. arXiv:2306.06600; Version 1). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2306.06600>
- Allen, B. D. (2021). *Digital Twins and Living Models at NASA*. <https://ntrs.nasa.gov/citations/20210023699>
- Alling, V. K. G., Lund, E., Lusher, A. L., Knight, J., Hjelset, S., Singdahl-Larsen, C., Martínez Francés, E., Rødland, E. S., Pakhomova, S., & Snekkevik, V. K. (2024). *Monitoring of microplastics in the Norwegian environment (MIKRONOR) 2023* (Nos 8021–2024). NIVA. <https://munin.uit.no/handle/10037/36077>
- Alling, V. K. G., Lund, E., Lusher, A. L., van Bavel, B., Snekkevik, V. K., Hjelset, S., Singdahl-Larsen, C., Consolaro, C., Jefroy, M., & Francés, E. M. (2023). *Monitoring of microplastics in the Norwegian environment (MIKRONOR) 2023* (Nos 7922–2023; NIVA-Rapport). NIVA.
- Alnes, P. K. (2019). *Folkehelse og Levekår i Oppland* (Nos 19–2019; Skriftserien). Høgskolen i Innlandet. <https://www.ostforsk.no/publikasjoner/folkehelse-og-levekar-i-oppland-resultater-fra-folkehelseundersokelsen-2018/>
- Alnes, P. K., Gløtvold-Solbu, K., Hagen, S. E., & Morten Ørbeck. (2012). *Gjøviks rolle som regionsenter* (No. 18/2012; ØF-Rapport). Østlandsforskning. <https://www.ostforsk.no/publikasjoner/gjoviks-rolle-som-regionsenter/>
- Alnes, P. K., Hagen, S. E., Vasaasen, A., & Ørbeck, M. (2009). *Befolkning, næringsliv og attraktivitet i Hamar* (No. 09/2009; ØF-Rapport). Østlandsforskning. <https://www.ostforsk.no/publikasjoner/befolkning-naeringsliv-og-attraktivitet-i-hamar/>
- Amdal, R. A. (2021). *Samfunnsaktøren: Hedmark fylkeskommune 1976-2020*. Hedmark fylkeskommune.
- Amundsen, H. R. (2011). *Mot de store kulturtradisjonene: Endringsprosesser fra tidlignolitikum til førromersk jernalder mellom Mjøsa og Femunden*. Institutt for arkeologi, konservering og historie, Det humanistiske fakultet, Universitetet i Oslo.

- Andersen, B. (1996). *Flomsikring i 200 år*. Norges vassdrags- og energiverk. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digi-bok_2014061848039
- Andersen, O., Ørslie, G., Dervo, B., Linløkken, A. N., & Grønlien, T. (2018). *Storskarven i nedre deler av Gudbrandsdalslågen. Bestandsstørrelse, diett og jaktuttak 2017* (No. 1542; NINA Rapport). NINA.
- Andersen-Øzkaraman, D. S. (2024). *Føringsbåtene på Mjøsa*.
- Armstrong, M. M. (2020, December 4). Cheat sheet: What is Digital Twin? Internet of Things blog. *IBM Blog*. <https://www.ibm.com/blog/iot-cheat-sheet-digital-twin/>
- Aro, R., Carlsson, P., Vogelsang, C., Kärrman, A., & Yeung, L. WY. (2021). Fluorine mass balance analysis of selected environmental samples from Norway. *Chemosphere*, 283, 131200. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131200>
- Artsdatenbanken. (n.d.). *Andemusling—Anodonta anatina*. Artskart. Retrieved 1 March 2025, from <https://artskart.artsdata-banken.no/#map/303916,6742725/7.850925927956899/background/greyMap/>
- filter/%7B%22TaxonIds%22%3A%-5B79778%5D%2C%22IncludeSubTaxonIds%22%3Atrue%2C%22Fouling%22%3A%5B%5D%2C%22Style%22%3A1%7D
- Aurand, K. R., Høgaas, F., Longva, O., & Schuler, T. V. (2024). Hydrodynamic reconstruction of the paleoflood from the Early Holocene ice-dammed lake Nedre Glomsjø, Norway. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 55, 101937. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101937>
- Baalsrud, K. (1982). The Rehabilitation of Norway's Largest Lake. *Water Science and Technology*, 14(1–2), 21–30. <https://doi.org/10.2166/wst.1982.0047>
- Baalsrud, K. (1996). *Et bidrag til NIVAs historie*. Norsk institutt for vannforskning. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2014082107032
- Baalsrud, K. (2004). Utviklingen av norsk vannsektor gjennom 40 år. *Vann (Trykt Utg.)*, Årg. 39, nr 2 (2004), 163–180.
- Bargel, T. (1983). *Elverum, Quaternary geological map with description 2016 IV*, [Map]. NGU.
- Barron, E. S., Chaudhary, R. P., Ribeiro, S. C., Gilman, E., Hess, J., Hilborn, R., Katz, E., Kigonya, R., Masski, H., Castellanos, L. I. M., Mograbi, P. J., Nayak, P. K., Queiroz, H., Sidorovich, A., Silvano, R. A. M., Zeng, Y., Djagoun, C., & Danner, M.-C. (2022, July). *IPBES Sustainable Use of Wild Species Assessment—Chapter 3. Status of and trends in the use of wild species and its implications for wild species, the environment and people*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8199042>
- Bartos, M., & Kerkez, B. (2021). Pipedream: An interactive digital twin model for natural and urban drainage systems. *Environmental Modelling & Software*, 144, 105120. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105120>
- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Turtumøygard, S. (2021a). Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Flagstadelva. *NIBIO POP*, 7(7). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2734756>
- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Turtumøygard, S. (2021b). Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Gausa. *NIBIO POP*, 7(12). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2734726>
- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Turtumøygard, S. (2021c). Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Gudbrandsdalslågen. *NIBIO POP*, 7(13). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2734723>

- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Tur-tumøygard, S. (2021d). Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Heggshuselva. *NIBIO POP*, 7(10). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2734742>
- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Tur-tumøygard, S. (2021e). Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Hunnselva. *NIBIO POP*, 7(6). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2734760>
- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Tur-tumøygard, S. (2021f). Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Moelva og Tingnes-Brøttum. *NIBIO POP*, 7(9). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2734746>
- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Tur-tumøygard, S. (2021g). Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Skanselva og Bausbakkelva. *NIBIO POP*, 7(11). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2734732>
- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Tur-tumøygard, S. (2021h). Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Svartelva. *NIBIO POP*, 7(8). <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2734752>
- Bechmann, M., Thrane, J.-E., Kværnø, S., & Tur-tumøygard, S. (2021i). Eutrofiering av Mjøsa—Kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i ni delnedbørfelt. In 92 (No. 7 (58); NIBIO-rapport). NIBIO. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2739211>
- Berg, A. J., & Nordsveen, A. M. (1996). *Damp- og motorbåter på Mjøsa*. Mjøssamlingene Distribusjon: Skibladnerkontoret.
- Berg, M. (1986). *Det norske lakse- og innlands-fiskets historie*. Universitetsforlaget. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2012092106025
- Berg, V., Zerihun, M. A., Jørgensen, A., Lie, E., Dale, O. B., Skaare, J. U., & Lyche, J. L. (2013). High prevalence of infections and pathological changes in burbot (*Lota lota*) from a polluted lake (Lake Mjøsa, Norway). *Chemosphere*, 90(5), 1711–1718.
- Berglind, L., Holtan, H., & Skulberg, O. M. (1983). Case Studies on Off-Flavours in Some Norwegian Lakes. *Water Science and Technology*, 15(6–7), 199–209. <https://doi.org/10.2166/wst.1983.0144>
- Bergstrøm, I. I. (2024, November 2). *Nye bilder av vraket som ligger på over 400 meters dyp i Mjøsa*. <https://www.forskning.no/arkeologi/nye-bilder-av-vraket-som-ligger-pa-over-400-meters-dyp-i-mjo-sa/2424966>
- Bern, A., Alnes, P.K., Malasevska, I., Nielsen, H. (2025). Norske skoger: Verdiskaping, sysselsetting og ringvirkninger av norsk skogbruk. Oppdragsrapport 8/2025. Elverum: Universitetet i Innlandet
- Berntsen, B. (1994). *Grønne linjer: Natur- og miljøvernets historie i Norge*. Grøndahl Dreyer : Norges naturvernforbund.
- Bevanger, K. (2018). Biodiversity in Norway. In *Global Biodiversity*. Apple Academic Press.
- Bjerke, T., & Linell, J. D. (2002). *Frykten for ulven: En tverrfaglig utredning*. NINA.
- Bjørnhaug, I. (2000). *Dølabby, verdensby* (Vol. 3). Thorsrud, Lokalhistorisk forl. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2008101304040
- Bloch, N. H. S. (1808). *Reise-lagttagelser, eller Udtog af en Dagbog, holden paa en Reise fra Throndhjem til Christiania, i Aaret 1806*. Paa Forfatterens Forlag, trykt hos P.H. Høeckes Enke. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2017021426005

- Boardman, J., & Sauser, B. (2006, April). System of Systems—The meaning of. 2006 *IEEE/SMC International Conference on System of Systems Engineering*. 2006 IEEE/SMC International Conference on System of Systems Engineering, Los Angeles, CA, USA. <https://doi.org/10.1109/SYSOSE.2006.1652284>
- Bødtker, R. (1945). *Norsk fløtnings historie*. Aschehoug. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2007021501110
- Brucherseifer, E., Winter, H., Mentges, A., Mühlhäuser, M., & Hellmann, M. (2021). Digital Twin conceptual framework for improving critical infrastructure resilience. *At-Automatisierungstechnik*, 69(12), 1062–1080. Scopus. <https://doi.org/10.1515/auto-2021-0104>
- Buch, L. von. (1810). *Reise durch Norwegen und Lappland*. bey G. C. Nauck. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2017013026003
- Buch, L. von. (1813). *Travels through Norway and Lapland, during the years 1806, 1807, and 1808*. Printed for Henry Colburn, British and Foreign Public Library. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2009081912001
- Cash, D. W., Adger, W. N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P., Pritchard, L., & Young, O. (2006). Scale and cross-scale dynamics: Governance and information in a multilevel world. *Ecology and Society*, 11(12). <https://doi.org/10.5751/ES-01759-110208>
- Chen, H., Fang, C., & Xiao, X. (2023). Visualization of Environmental Sensing Data in the Lake-Oriented Digital Twin World: Poyang Lake as an Example. *Remote Sensing*, 15(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/rs15051193>
- Clayer, F., Jartun, M., Buenaventura, N. T., Guerrero, J.-L., & Lusher, A. (2021). Bypass of booming inputs of urban and sludge-derived microplastics in a large Nordic Lake. *Environmental Science & Technology*, 55(12), 7949–7958.
- Correia, J. B., Abel, M., & Becker, K. (2023). Data management in digital twins: A systematic literature review. *Knowledge and Information Systems*, 65(8), 3165–3196. <https://doi.org/10.1007/s10115-023-01870-1>
- CSA. (2021, January). *What is RADARSAT-2*. Canadian Space Agency. <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat2/what-is-radarsat2.asp>
- Cumming, G. S., Cumming, D. H. M., & Redman, C. L. (2006). Scale Mismatches in Social-Ecological Systems. *Ecology and Society*, 11(1). JSTOR. <http://www.jstor.org/stable/26267802>
- Dahl, R., Nashoug, O., Nystuen, J. P., & Hedmark geologiforening. (2017). *Mjøsområdet: Geologi og landskap: 'Norges skjønneste og frugtbareste Ægn'*. Hedmark geologiforening. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2020112548548
- Dalal, A., Hagen, D., Robbersmyr, K. G., & Knausgård, K. M. (2024). Gaussian Splatting: 3D Reconstruction and Novel View Synthesis: A Review. *IEEE Access*, 12, 96797–96820. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3408318>
- Damlien, H., Berg-Hansen, I. M., Melheim, L., Mjærum, A., Persson, P., Schülke, A., & Solheim, S. (2021). *Steinalderen i Sørøst-Norge: Faglig program for steinalderundersøkelser ved Kulturhistorisk museum*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk/NOASP (Nordic Open Access Scholarly Publishing). <https://doi.org/10.23865/noasp.141>
- Dembski, F., Wössner, U., Letzgus, M., Ruddat, M., & Yamu, C. (2020). Urban digital twins for smart cities and citizens: The case study of herrenberg, germany. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su12062307>
- Dervo, B. K., Skurdal, J., Sandlund, O. T., & Mureseth, J. (2017). *Mjøsens fisker og fiskerier gjennom 100 år*.

- det norske skogselskapet. (2011). *Norwegian Forests: Policy and Resources*. https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/lmd/skogaaret/vedlegg/brosjyre_norsk_skogpolitikk_2011_engelsk.pdf
- Digital Twin Overview | Interagency Modeling and Analysis Group. (n.d.). Retrieved 2 May 2024, from <https://www.imagwiki.nibib.nih.gov/content/digital-twin-overview>
- Dolmen, D. (2012). *Damfrosk Rana (Pelophylax) lessonae-sluttrapport for arbeids-og framdriftsplanen for perioden 2006-2011*.
- Dyrvik, S. (1979). *Norsk økonomisk historie 1500-1970: 1: 1500-1850* (Vol. 1). Universitetsforlaget.
- Dyrvik, S. (2011). *Norsk historie 1536-1814: Vegar til sjølvstende: Vol. B. 2*. Samlaget.
- Earth Science Data Systems, N. (2024). *ALOS PAL-SAR | NASA Earthdata* [Data set]. Earth Science Data Systems, NASA. <https://www.earthdata.nasa.gov/data/catalog/alaska-satellite-facility-distributed-active-archive-center-alos-psr-version-1>
- Eggebø, G. M. (2024). *Populasjonsstruktur hos fire vårgytende fiskearter i Lågendeltaet: Effekt av vannføring og temperatur på initiering av gytevandring*. Norges miljø og biovitenskapelige universitet.
- Eidsvoll bygdebokkomite. (1952). *Eidsvoll bygds historie: 1:2: Bygdehistorien 1700-1914: Vol. 1:2*. s.n.
- Eikland, K. A., Gjelland, K. Ø., Lie, E. F., Benjaminson, S., Dokk, J. G., Holter, T., Næstad, F., Seljestokken, V., & Solberg, I. (2023). *Fiskeundersøkelser i store innsjøer i ØKOSTOR-programmet 2022* (No. 2315; NINA Rapport). NINA.
- Eikland, K. A., Gjelland, K. Ø., Lie, E. F., Solberg, I., & Næstad, F. (2024). *Fiskeundersøkelser i store innsjøer i ØKOSTOR-programmet 2023* (No. 2495; NINA Rapport). Miljødirektoratet.
- Enemo, E. (2021). *Helgøya: - Næsten et lidet paradis -* (2. opplag.). Nes og Helgøya historielag.
- Engesmo, A., Kaste, Ø., Harvey, E. T., Sekkenes, M. S., Sørensen, K., Frigstad, H., & Valestrand, L. (2024). *Effekter av ekstremværet «Hans» på elver og fjorder: Resultater fra ekstra prøvetaking i Glomma, Drammenselva samt i Indre og Ytre Oslofjord høsten 2023* (Nos 8034–2024; NIVA-Rapport). NIVA.
- Eriksen, T. E., Thrane, J.-E., Myrvold, K. M., Grung, M., Vogt, R. D., Velle, G., Persson, J., & Kemp, J. L. (2024). *Overvåking i referanseelver Oppsummering av data for perioden 2017-2023* (Nos 8008–2024; NIVA-Rapport). NIVA. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2024/oktober-2024/overvaking-i-referanseelver-oppsummering-av-data-for-perioden-2017-2023/>
- Eriksen, T., & Løvik, J. (2011). *Undersøkelse av bunndyr i Åkersvika naturreservat, 2010* (Nos 6147–2011). NIVA.
- ESA. (n.d.-a). *About Proba-V*. The European Space Agency. Retrieved 18 February 2025, from https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Proba_Missions/About_Proba-V
- ESA. (n.d.-b). *Envisat Overview*. Earth Online. Retrieved 18 February 2025, from <https://earth.esa.int/eogateway/missions/envisat/description>
- ESA. (n.d.-c). *ICEYE*. Earth Online. Retrieved 28 February 2025, from <https://earth.esa.int/eogateway/missions/iceye#data-section>
- ESA. (n.d.-d). *PROBA-V Overview*. Earth Online. Retrieved 18 February 2025, from <https://earth.esa.int/eogateway/missions/proba-v/description>
- ESA. (n.d.-e). *Sentinel-6 Mission Overview*. Sentinel Online. Retrieved 18 February 2025, from <https://sentinels.copernicus.eu/missions/sentinel-6/overview>
- ESA. (2025a). *Overview of Sentinel-1 Mission*. SentiWiki. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s1-mission>
- ESA. (2025b). *Sentinel-2*. SentiWiki. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/sentinel-2>

- ESA. (2025c). *Sentinel-3*. SentiWiki. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/sentinel-3>
- European Commission. (2023, December). *Water Framework Directive—European Commission*. European Commission. https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_en
- Faugli, P. E. (Ed.). (2020). *Elektrisitetens forvaltningshistorie 1877-1921*. Norges vassdrags- og energidirektorat. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2021121448083
- Feiring, T. (2004). *Byen og bygda: Materiell vekst og kulturell blomstring* (Vol. 2). Thorsrud, Lokalhistorisk forl. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2011050608001
- Fernandez, V., Martimort, P., Spoto, F., Sy, O., & Laberinti, P. (2013). Overview of Sentinel-2. *Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites XVII*, 8889, 97–102. <https://doi.org/10.1117/12.2028755>
- Fjeld, E. (2019). *Miljøgiftene i Mjøsa – historikk, kunnskap og tiltaksplan* (Nos R2-2019; Fjeld Og Vann).
- Follestad, B. (1973). *Løten Quaternary geology map with description 1916 I* [Map]. NGU.
- Follestad, B. (1974). *Tangen, Quaternary geology map with description 1916 II* [Map]. NGU.
- Follestad, B. A., Fredin, O., Olsen, L., & Reimann, C. (2014). *Distribution of rock fragments, grain size and chemical elements of tills in the Lake Mjøsa area, East Norway* (No. 453; NGU Bulletin). NGU.
- Føre, M., Alver, M. O., Alfredsen, J. A., Rasheed, A., Hukkelås, T., Bjelland, H. V., Su, B., Ohrem, S. J., Kellasidi, E., Norton, T., & Papandroulakis, N. (2024). Digital Twins in intensive aquaculture—Challenges, opportunities and future prospects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218, 108676. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108676>
- Forsberg, C. F., Heyerdahl, H., & Solheim, A. (2016). Underwater Mass Movements in Lake Mjøsa, Norway. In G. Lamarque, J. Mountjoy, S. Bull, T. Hubble, S. Krastel, E. Lane, A. Micallef, L. Moscardelli, C. Mueller, I. Pecher, & S. Woelz (Eds), *Submarine Mass Movements and their Consequences: 7th International Symposium* (pp. 191–199). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20979-1_19
- Friis, P. C. (1881). *Samlede Skrifter*. Trykt hos A. W. Brøgger. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2010060806089
- Frøslie, A., Norheim, G., & Sandlund, O. T. (1985). Levels of selenium in relation to levels of mercury in fish from Mjøsa, a freshwater lake in Southeastern Norway. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 34(1), 572–577. <https://doi.org/10.1007/BF01609778>
- Frydenlund, B. (2009). *Stormannen Peder Anker: En biografi*. Aschehoug. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2013121105146
- Fryjordet, T. (1992). *Skogadministrasjonen i Norge gjennom tidene*. Landbruksdepartementet : Direktoratet for statens skoger. https://urn.nb.no/URN:NBN:-no-nb_digibok_2017061307027
- Fuglum, P. (1988). *Norge i støpeskjeen, 1884-1920* (Vol. 12). Bokklubben nye bøker.
- Furseth, A. (2005). *Drept av bjørn og ulv*. Landbruksforl. https://urn.nb.no/URN:NBN:-no-nb_digibok_2011080908173
- Furuholmen, K. (1938). *Glommens brukseierforening 1903-38*. Grøndahl.
- Garmo, Ø. A., Fjeld, E., & Grung, M. (2017). *Overvåking av utvalgte miljøgifter i Mjøsa 2016* (Nos 7141–2017; NIVA-Rapport). NIVA.
- Geonorge. (n.d.). Retrieved 2 July 2024, from <https://www.geonorge.no/>
- Gilje, N. (2002). *Tankeliv i den lutherske stat* (Vol. 2). Aschehoug.

- Giske, J., Dumitru, M. L., Enberg, K., Folkedal, O., Handeland, S. O., Higginson, A. D., Opdal, A. F., Rønnestad, I., Salvanes, A. G. V., Vollset, K. W., Zennaro, F. M., Mangel, M., & Budaev, S. (2025). Premises for digital twins reporting on Atlantic salmon wellbeing. *Behavioural Processes*, 226, 105163. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2025.105163>
- Gjelland, K. Ø., Bækkeli, K. A., Brabrand, Å., Kristoffersen, R., Svenning, M.-A., Eloranta, A., Pettersen, O., Saksgård, R., Solberg, I., & Sandlund, O. T. (2020). *Overvåking av fisk i store innsjøer-FIST 2018* (No. 1749; NINA Rapport). NINA.
- Gjelland, K. Ø., Rustadbakken, A., Haugen, T. O., & Sandlund, O. T. (2013). *Forsøk med trål og ekkolodd i Mjøsa, 2012* (No. 927; NINA Rapport). NINA.
- Gjerdåker, B. (1998). *Stiftstad og bygdeby: Hamars historie 1935-1991*. Hamar kommune. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2008090904023
- Glommen og Laagens Brukseierforening. (n.d.). *Mjøsa: Reguleringer*. Retrieved 11 August 2025, from <https://glb.no/reguleringer/mjosa/>
- Glommens og Laagens brukseierforening: [B. 1]: 1918-43: Vol. [B. 1]. (1947). Foreningen.
- Glommens og Laagens brukseierforening: B. 2: 1943-1968: Vol. B. 2. (1975). Foreningen.
- Glommens og Laagens brukseierforening: B. 3: 1968-1993: Vol. B. 3. (1995). Foreningen.
- Gløtvold-Solbu, K., Hauge, A., & Ørbeck, M. (2014). *Næreingslivets Styrker* (No. 12/2014). Østlandsforskning.
- Gosselin, M.-P., Wacker, S., Magerøy, J. H., Foldvik, A., & Larsen, B. M. (2023). Association of landscape and environmental variables with the recruitment of the freshwater pearl mussel (Margaritifera margaritifera) in Norway. *Limnologia*, 98, 126031. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2022.126031>
- Gregersen, F. (2009). Gytebekkene og elvene i Mjøsa. *Fylkesmannen i Oppland, Miljøvern avdelingen*, 1–89.
- Grieves, M. (2015). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*.
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt, & A. Alves (Eds), *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches* (pp. 85–113). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
- Gundersen, I. M. & Kulturhistorisk museum (Oslo). (2019). *Gård og utmark i Gudbrandsdalen: Arkeologiske undersøkelser i Fron 2011-2012*. Kulturhistorisk museum, Universitetet i Oslo Portal.
- Haande, S., Schartau, A. K., Dahl-Hansen, G., Dahl-Hansen, I., Demars, B. O. L., Dokk, J. G., Eikland, K. A., Gjelland, K. Ø., Håvardstun, J., Jensen, T. C., Lie, E. F., Lungrin, E., Næstad, F., Persson, J., Seljestokken, V., Solberg, I., Skjelbred, B., Solhaug-Jenssen, M. T., Theimer, K., & Walseng, B. (2024). ØKOSTOR 2023: Basisovervåking av store innsjøer. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. (No. M-2842; NIVA-Rapport). NIVA.
- Haande, S., Schartau, A. K., Dahl-Hansen, G., Demars, B. O. L., Dokk, J. G., Eikland, K. A., Gjelland, K. Ø., Jensen, T. C., Hammenstig, D., Havn, T. B., Jensen, T. C., Lie, E. F., Lungrin, E., Mjelde, M., Persson, J., Saksgård, R., Solberg, I., Skjelbred, B., Solhaug-Jenssen, M. T., & Walseng, B. (2022). ØKOSTOR 2021: Basisovervåking av store innsjøer. Utprøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften (No. M-2333; NIVA-Rapport). NIVA.
- Haave, A. (1990). "Storofsen" i 1789 og de skader den førte til her i Ringsaker. In *Årbok. Brøttum historielag*. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digittidskrift_2019031481585_001

- Hagen, A. (1995). *Storflommen*. Schibsted. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2008022100032
- Hajjar, R., & Oldekop, J. A. (2018). Research frontiers in community forest management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 32, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.06.003>
- Halvorsen, R. W. & Hedmark historielag. (1957). *Hedmarks historie: Første fellesbind*. Hedmark historielag.
- Hamar historielag. (2004). *Hamar bispestol 850 år* (Vol. 2004). Hamar historielag Hedmarks museet og Domkirkeodden.
- Hamar Municipality. (2025). *Drikkevann og vannmåleravlesing*. <https://www.hamar.kommune.no/drikkevann/>
- Handlingsplan for stor salamander Triturus cristatus* (Nos 2008–1; DN Rapport). (2008). Direktoratet for naturforvaltning.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Lawrence, D., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg, A., & Ådlandsvik, B. (2017). *Climate in Norway 2011* (No. 1/2017; Norwegian Center for Climate Services Report Series, p. 48). NCCS.
- Harvey, E. T., & Sørensen, K. (2021). *Steps towards a status classification of Norwegian lakes using satellite data—Method development and case studies* (Nos 7659–2021; NIVA-Rapport). Norsk institutt for vannforskning. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/3116055>
- Hatløy, B. T., & Sunde, J. Ø. (Eds.). (2022). *Eidsivatinget* (Issue 1. utgave). Cappelen Damm akademisk. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_pliktmonografi_000010603
- Hauge, A., Gløtvoll-Solbu, K., Lauritzen, T., Alnes, P. K., & Ørbeck, M. (2014). *Befolkning, næringsliv og utviklingstrekk i Hamar* (No. 18/2014; ØF-Notat). Østlandsforskning.
- Haugstøl, H. (1954). *Holmen Brænderi gjennom 100 år: Trekk fra den gamle brenneribedrifts historie*.
- Hedmark Fylkeskommune. (2008). *Fylkesplan for Hedmark 2009-2012* (20).
- Hedmarksmuseet og Domkirkeodden. (1986). *Brumunddalsboka*. Hedmarksmuseet og Domkirkeodden.
- Helle, K. (Ed.). (2006). *Norsk byhistorie*. Pax. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2012022305077
- Helleberg, I., & Nordhagen, T. (2003). *Vassdragforbund for Mjøsa og tilløpselvene*. Vann.
- Helseth, E. V., Vedeld, P., Framstad, E., & Gómez-Baggethun, E. (2022). Forest ecosystem services in Norway: Trends, condition, and drivers of change (1950–2020). *Ecosystem Services*, 58, 101491. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101491>
- Helseth, E. V., Vedeld, P., Vatn, A., & Gómez-Baggethun, E. (2023). Value asymmetries in Norwegian forest governance: The role of institutions and power dynamics. *Ecological Economics*, 214, 107973. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107973>
- Hesthagen, T. H., & Sandlund, O. T. (2012). *Gjedge, sørv og suter: Status, vektorer og tiltak mot uønsket spredning* (No. 669; NINA Rapport). NINA.
- HIAS. (n.d.-a). *Avløp*. Retrieved 6 August 2025, from https://www.hias.no/getfile.php/131440-1680256138/HIAS/Dokumenter/Avl%C3%B8p/Avl%C3%B8p_brosjyre.pdf#page=4.19
- HIAS. (n.d.-b). *Vann*. HIAS. Retrieved 6 August 2025, from <https://www.hias.no/getfile.php/131771-1678121591/HIAS/Dokumenter/Vann/Vann.pdf>
- HIAS. (2023, March 8). *Norges største innsjø*. HIAS. <https://www.hias.no/drikkevann/vannforsyning/mjosa-som-drikkevannskilde/norges-storste-innsjo>

- Hobæk, A., Løvik, J. E., Rohrlack, T., Moe, S. J., Grung, M., Bennion, H., Clarke, G., & Piliposyan, G. T. (2012). Eutrophication, recovery and temperature in Lake Mjøsa: Detecting trends with monitoring data and sediment records. *Freshwater Biology*, 57(10), 1998–2014. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02832.x>
- Høgaas, F., & Longva, O. (2016). Mega deposits and erosive features related to the glacial lake Nedre Glomsjø outburst flood, southeastern Norway. *Quaternary Science Reviews*, 151, 273–291. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.09.015>
- Høilund, M. K. (2007). *Historie som argument: Hamar kaupangen får nytt liv*. [Hovedfagsoppgave i idéhistorie]. Universitetet i Oslo, institutt for filosofi, idé- og kunsthistorie og klassiske fag.
- Holmqvist, E., & Hamududu, B. H. (2022). *Flomberegning for Mjøsa/Vorma (002.Z)* (No. 4/2022). NVE.
- Holmsen, A. (1959). *Eidsvoll bygds historie: 1:1: Bygdehistorien til omkring 1700 Register: Vol. 1:1. s.n.*
- Holtan, H. (1979). The Lake Mjøsa story. *Archiv Für Hydrobiologie, Beiheft* 13.
- Holtan, H., Kjellberg, G., Brettum, P., Tjomsland, T., & Krogh, T. (1979). *Miljøprosjektet. Hovedrapport for 1971-1976* (No. 1117; NIVA-Rapport). NIVA.
- Hovde, T. (Ed.). (2019). *Moelven*. Hovde forlag. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2020061948529
- Hoyberget, M., Ebbestad, J. O. R., Funke, B., Funke, M.-L. K., & Nakrem, H. A. (2023). The Skyberg Lagerstätte from the Mjøsa area, Norway: A rare window into the late early Cambrian biodiversity of Scandinavia. *Lethaia*, 56(2), 1–28. <https://doi.org/10.18261/let.56.2.4>
- Huitfeldt-Kaas, H. (1917). *Mjøsens fisker og fiskerier*. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2009110200007
- Hutchison, R. (2019). *En kort introduksjon til Norges økonomiske historie på 1700-tallet* (1. utgave.). Cappelen Damm akademisk.
- Huy, D. Q., Sadjoli, N., Azam, A. B., Elhadidi, B., Cai, Y., & Seet, G. (2023). Object perception in underwater environments: A survey on sensors and sensing methodologies. *Ocean Engineering*, 267, 113202. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113202>
- Ibrekk, H. O., Børset, E., & Hauan, E. (1991). Method for Locally Adapted Water Pollution Abatement in Lake Mjøsa, Norway. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 117(4), 415–431. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(1991\)117:4\(415\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(1991)117:4(415))
- Innlandet fylkeskommune. (n.d.). Dølavegen – Isveger på Mjøsa. *Innlandet Fylkesarkiv / IKA Opplandene (KO)*. Retrieved 24 March 2025, from <https://www.visarkiv.no/nettutstillinger/samferd-sel-i-oppland/veier/dolavegen-isveger-pa-mjosa/#:~:text=Isveien%20som%20gikk%20langsetter%20Mj%C3%B8sa%2C%20mellom%20Eidsvoll%20og,var%20det%20gudbrandsd%C3%B8ler%20som%20dominerte%20trafikken%20p%C3%A5%20strekningen.>
- Jakobsson, S., & Pedersen, B. (2020). *Naturindeks for Norge 2020. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold* (No. 1886; NINA Rapport). NINA.
- Jartun, M., Økelsrud, A., Bæk, K., Rundberget, T., Øxnevad, S., Ruus, A., Grung, M., Enge, E. K., Hanssen, L., Harju, M., & Johansen, I. (2023). *Monitoring of environmental contaminants in freshwater food webs (MILFERSK) 2022* (Nos 7875–2023; NIVA-Rapport). NIVA. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/3102546>
- Jensen, P. (1996). *Forekomst av elvemusling og salamander i Oppland* (No. 5/96; p. 1996). fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdeling.

- Jenssen, J. O. (2016). *Fyrtårn for kunnskap og innovasjon: fra Høgskolen i Gjøvik til NTNU, 1994-2016*. Norwegian University of Science and Technology. <https://www.nb.no/items/d4fc257daa-be20605ab608f5f7051f9a?page=5&searchText=mj%C3%B8sregionen>
- Jessen-S., E. J. (1763). *Det Kongerige Norge fremstillet efter dets naturlige og borgerlige Tilstand*. Trykt udi det Kongl. Wäysenhuus af Gottmann Friederich Kisel. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2017020229001
- Johansen, T. A. (2004). *Det viktige vannet: Norsk vann- og avløpshistorie*. Interconsult ASA.
- Johnsen, E. (1992). *Mjøsbrua*. Statens vegvesen, Hedmark og Oppland. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2007111500088
- Johnsen, S. I., Museth, J., & Dokk, J. G. (2014). *Vurdering av Åkersvika som funksjonsområde for fisk-Effekter av vegbygging og foreslåtte miljøtiltak* (No. 1074; NINA Rapport). NINA.
- Johnsen, S. I., Museth, J., & Dokk, J. G. (2015). *Kartlegging av viktige funksjonsområder for fisk i Gudbrandsdalslågen* (No. 1173; NINA Rapport). NINA.
- Johnsen, S. I., Strand, D., Rusch, J., & Vrålstad, T. (2021). *Nasjonal overvåking av edelkreps og spredning av signalkreps-presentation av overvåkingsdata og bestandsstatus-oppdatert 2020* (No. 1590; NINA Rapport). NINA. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1246/m1246.pdf>
- Johnstad, T. (2004). *Klynger, nettverk og verdiskaping i Innlandet* (No. 2004:8; NIBR-Rapport). NIBR.
- Jordanes (Ed.). (1932). *Jordanis Gotesoga*. Samlaget. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2016051948073
- Kanalkontoret. (1881). *Kanalvæsenets Historie: 3: Vormen og Laugen* (Vol. 3). s.n.
- Kartverket.no. (2025, February 19). Kartverket.no. <https://kartverket.no/>
- Kaste, Ø., Gundersen, C. B., Sample, J., McGovern, M., Skancke, L. B., Allan, I., Jensen, M. T. S., Bæk, K., & Skogan, O. A. (2024). *The Norwegian River Monitoring Programme 2023: Water quality status and trend* (Nos 8007-2024; NIVA Report). NIVA.
- Kile, M. R., Rannekleiv, S. B., Persson, J., Myrvold, K. M., & Hjermann, D. (2024). *Elveovervåkingsprogrammet 2023. Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand i norske elver i tråd med vannforskriften* (No. M-2837; NIVA-Rapport). NIVA.
- Kjellberg, G. (2004). *Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Samlerapport for 2001 og 2002* (Nos 4816-2004). NIVA.
- Kjellberg, G. (2006). *Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2005* (Nos 5195-2006). NIVA.
- Kjellberg, G., Hegge, O., & Løvik, J. (2001). *Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport for 2000* (Nos 4364-2001). NIVA.
- Kjellberg, G., Hessen, D. O., & Nilssen, J. P. (1991). Life history, growth and production of *Mysis relicta* in the large, fiord type Lake Mjøsa, Norway. *Freshwater Biology*, 26(2), 165-173.
- Kjellberg, G., Solheim, R., & Wold, O. (1994). *Forslag til kompensasjonstiltak i Åkersvika. Konsekvensutredning* (No. O-90205). NIVA.
- Kjørstad, E. (2023, May 4). Forskere har filmet det som kan være det eldste kjente skipsvraket i Mjøsa. *Forskning.No*. <https://www.forskning.no/arkeologi-skipsfart-vann/forskere-har-filmet-det-som-kan-vaere-det-eldste-kjente-skipsvraket-i-mjosa/2193367>
- Knutsen, H. K., Kvalem, H. E., Haugen, M., Meltzer, H. M., Brantsæter, A. L., Alexander, J., Pöpke, O., Liane, V. H., Becher, G., & Thomsen, C. (2011). Sex, BMI and age in addition to dietary intakes influence blood concentrations and congener profiles of dioxins and PCBs. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55(5), 772-782.

- Kolstad, G. (1988). Storofsen i 1789. In Nes og Helgøya. Historielaget. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digitids-skrift_2018020883103_001
- Kongsberg EM 2040 Multibeam echo sounder Product Description. (n.d.). Kongsberg Maritime. Retrieved 23 October 2024, from <https://www.kongsberg.com/discovery/autonomous-and-uncrewed-solutions/auv/autonomous-underwater-vehicle-hugin-superior/>
- Kowarsch, M., & Jabbour, J. (2017). Solution-oriented global environmental assessments: Opportunities and challenges. *Environmental Science & Policy*, 77, 187–192. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.013>
- Kraabøl, M., Johnsen, S., Sandlund, O., Qvenild, M., Museth, J., & Skurdal, J. (2012). Stor bestand av hornulke (*Myoxocephalus quadricornis*) i Mjøsas dypvannsområder;—Bør arten fjernes fra den norske rødlista? *VANN*, 2012–02, 146–151.
- Kraabøl, M., & Museth, J. (2008). *Etablering av terskel og fiskepassasjer i Åkersvika. Problemstillinger og utredningsbehov knyttet til fiskevandring* (No. 374; NINA Rapport). NINA.
- Kristoffersen, I. (Ed.). (1979). *Troms*. Gyl-dendal norsk forlag. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digi-bok_2007061804137
- Kristoffersen, J., Gundersen, F., & Karlsson, S. (2007). *Trehusindustrien i Innlandet—Egenskaper, dynamikk og utfordringer* (No. 16/2007; ØF-Rapport). Østlandsforskning.
- Kritzing, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sih, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1016–1022. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>
- Krohg, C. (1909). *Omkring Mjøsa*. [s.n.]. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digi-bok_2017022848068
- Larsen, B. M. (1998). *Utbredelse av elvemusling Margaritifera i Østre og Vestre Toten kommuner, Oppland* (No. 570; Nina Oppdragsmelding, pp. 1–22). NINA, NIKU.
- Larsen, B. M. (2010). *Problemkartlegging med tilknytning til elvemusling i Hunnselva og forslag til tiltaksplan for å ta vare på og reetablere elvemusling i vassdraget* (No. 559; NINA Rapport). NINA.
- Larsen, B. M. (2016). *En oppsummering av tiltak for elvemusling i Norge iverksatt gjennom handlingsplanen eller tilskuddsordningen for prioriterte arter* (No. 1208; NINA Rapport). NINA.
- Larsen, B. M. (2017). *Overvåking av elvemusling i Norge. Oppsummering av det norske overvåkingsprogrammet i perioden 1999–2015* (No. 1350; NINA Rapport). NINA.
- Larsen, B. M., & Magerøy, J. H. (2024). *Overvåking av elvemusling i Norge. Oppsummering av det norske overvåkingsprogrammet i perioden 2018–2023* (No. 2430; NINA Rapport). NINA.
- Lauvdal, T. (1951). *Biri-Snerdingdal bygdebok: 1* (Vol. 1). s.n.
- Lein, K., Køhn, E., & Hagen, S. E. (2003). *Infrastruktur og næringsutvikling i Hedmark og Oppland* (No. 15/2003; ØF-Rapport). Østlandsforskning.
- Leino, T., Nilsen, T. S., Aarø, L. E., Skogen, J. C., Nes, R. B., Lode, V. D., & Knapstad, M. (2023). *Folkehelseundersøkelsen i Innlandet 2023: Fremgangsmåte og utvalgte resultater*. Folkehelseinstituttet.
- Leknes, E., Grünfeld, L. A., Holmen, R. B., Blomgren, A., Bayer, S. B., Harstad, A. M., Theie, M. G., & Espelien, A. (2016). *Drivkrefter for vekst i små og mellomstore byregioner* (No. 2016/138; MENON). IRIS.

- Levy, D., Peleg, A., Pearl, N., Rosenbaum, D., Akkaynak, D., Korman, S., & Treibitz, T. (2023). *SeaThru-NeRF: Neural Radiance Fields in Scattering Media*. 56–65. https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023/html/Levy_SeaThru-NeRF_Neural_Radiance_Fields_in_Scattering_Media_CVPR_2023_paper.html
- Lillevold, E. (Ed.). (1987). *Hamars historie*. Lokalhistorisk forlag. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2023112306049
- Lindstad, B. H., & Solberg, B. (2012). Influences of international forest policy processes on national forest policies in Finland, Norway and Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(2), 210–220. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.635079>
- Linløkken, A., Johansen, W., & Wilson, R. (2014). Genetic structure of brown trout, *Salmo trutta*, populations from differently sized tributaries of Lake Mjøsa in south east Norway. *Fisheries Management and Ecology*, 21(6), 515–525. <https://doi.org/10.1111/fme.12101>
- Linløkken, A. N. (2012). *Fiskeundersøkelser i 11 tilløpsbekker til Mjøsa i Ringsaker kommune, 2012* (No. 8; Oppdragsrapport). Høgskolen i Hedmark.
- Linløkken, A. N., & Rukan, K. (2020). Har lågås-ilda i Mjøsa forsvunnet – sporløst? *VANN*, 1 / 2020.
- Løken, M. (2019). «Blanke Mjøsa klar og rein?» Vannforurensningenes veger inn i politikken 1945-1973. Stavanger: Universitetet i Stavanger.
- Longva, O. (1994). *Flood Deposits and Erosional Features from the Catastrophic Drainage of Preboreal Glacial Lake Nedre Glåmsjø, SE Norway* [PhD Thesis]. University of Bergen.
- Lov Om Vern Mot Forurensninger Og Om Avfall (Forurensningsloven) (1983). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>
- Løvik, J., Bækken, T., & Romstad, R. (2010). *Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2009* (Nos 5974–2010). NIVA.
- Løvik, J. E. (2007). *Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med Tilløpselver Årsrapport/datarapport for 2006*. https://www.vassdragsforbundet.no/wp-content/uploads/2018/01/5421_JEL_Mjosa-2006.pdf
- Løvik, J. E., & Kjellberg, G. (2003). Long-term changes of the crustacean zooplankton community in Lake Mjøsa, the largest lake in Norway. *Journal of Limnology*, 62(2), 143–150.
- Løvik, J. E., & Moe, S. J. (2016). Time series of plankton data from Lake Mjøsa, Norway. *Freshwater Metadata Journal*, 1–9. <https://doi.org/10.15504/fmj.2016.18>
- Lundquist, D. (1996). *Flommen 1995 i Glomma og Lågen*. Glommens og Laagens brukseierforening. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2008061900015
- Lusher, A., Buenaventura, N. T., Eidsvoll, D., Thrane, J.-E., Økelsrud, A., & Jartun, M. (2018). *Freshwater microplastics in Norway: A first look at sediment, biota and historical plankton samples from Lake Mjøsa and Lake Femunden* (Nos 7326–2018; NIVA-Report). NIVA.
- Lutz, J., Hanssen-Bauer, I., Tveito, O. E., & Dobler, A. (2024). *Precipitation variability in Norway 1961-2020* (No. 1/2024; p. 16). Norwegian Meteorological Institute.
- Maier, M. W. (1998). Architecting principles for systems-of-systems. *Systems Engineering*, 1(4), 267–284. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6858\(1998\)1:4%253C267::AID-SYS3%253E3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6858(1998)1:4%253C267::AID-SYS3%253E3.0.CO;2-D)
- Malasevska, I. (2024). *Kartlegging av idrettens betydning i Innlandet* (Nos 3–2024). Høgskolen i Innlandet. <https://www.ostforsk.no/wp-content/uploads/2024/01/rapport-3-2024-OF-HINN-Malasevska.pdf>

- Mangerud, J., Birks, H. H., Halvorsen, L. S., Hughes, A. L. C., Nashoug, O., Nystuen, J. P., Paus, A., Sørensen, R., & Svendsen, J. I. (2018). The timing of deglaciation and sequence of pioneer vegetation at Ringsaker, eastern Norway – and an earthquake-triggered landslide. *Norwegian Journal of Geology*, 98(3). <https://dx.doi.org/10.17850/njg98-3-03>
- McConnell, J., Collado-Gonzalez, I., & Englot, B. (2022). Perception for Underwater Robots. *Current Robotics Reports*, 3(4), 177–186. <https://doi.org/10.1007/s43154-022-00096-3>
- Mecklenburg, S., Nieke, J., Goryl, P., & Berruti, B. (2017). Sentinel-3: Mission status and performance after one year in orbit. *2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 4046–4051. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2017.8127888>
- Merok, E. (2015). *Akevittens vugge: Atlungstad Bræenderi og mjøsregionens brenneri-tradisjoner* (No. 14/2015; ØF-Rapport). Østlandsforskning.
- Meschini, S., Pellegrini, L., Locatelli, M., Accardo, D., Tagliabue, L. C., Di Giuda, G. M., & Avena, M. (2022). Toward cognitive digital twins using a BIM-GIS asset management system for a diffused university. *Frontiers in Built Environment*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.959475>
- Milbrink, G. (1994). Oligochaetes and water pollution in two deep Norwegian lakes. *Hydrobiologia*, 278(1), 213–222. <https://doi.org/10.1007/BF00142329>
- Miljødirektoratet. (n.d.-a). *Arealrepresentativ naturovervåkning (ANO)*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Retrieved 27 February 2025, from <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingsprogrammer/natur-pa-land/arealrepresentativ-naturovervakning-ano/>
- Miljødirektoratet. (n.d.-b). *Arealrepresentativ naturovervåkning (ANO): Resultater*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Retrieved 27 February 2025, from <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/datavisualisering/arealrepresentativ-naturovervakning/>
- Miljødirektoratet. (n.d.-c). *Elveovervåkningsprogrammet*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Retrieved 26 February 2025, from <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingsprogrammer/forurensning-og-klimagasser/elveovervakningsprogrammet/>
- Miljødirektoratet. (n.d.-d). *Mikronor—Mikroplast i norsk miljø*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Retrieved 1 March 2025, from <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingsprogrammer/forurensning-og-klimagasser/mikroplast-i-kystomrader-elver-og-innsjoer-mikronor/>
- Miljødirektoratet. (n.d.-e). *Miljøgifter i ferskvann (Milfersk)*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Retrieved 25 February 2025, from <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingsprogrammer/forurensning-og-klimagasser/ferskvann/>
- Miljødirektoratet. (n.d.-f). *Naturindeks for Norge*. Naturindeks. Retrieved 3 March 2025, from <https://www.naturindeks.no/>
- Miljødirektoratet. (n.d.-g). *Overvåking av elvemusling*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Retrieved 1 March 2025, from <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingsprogrammer/truede-arter/elvemusling/>
- Miljødirektoratet. (n.d.-h). *Vannmiljø*. Retrieved 25 February 2025, from <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>

- Miljødirektoratet. (2025a, January 28). *Veileder for klassifisering av miljøtilstand i kyst- og ferskvann*. Vannportalen. <https://www.vannportalen.no/veiledere/klas-sifiseringsveileder/>
- Miljødirektoratet. (2025b, March). *Storbynettverket I front*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/klimatilpas-ning/om-klimatilpasningsarbeidet/StorbynettverketIfront/>
- Miljøverndepartementet. (1979). *Aksjon Mjøsa: Statusrapport*. NIVA. https://web.archive.org/web/20160309201237/http://fylker.miljostatus.no/Global/Hedmark/vannforurensning/Statusrapport_Mjosaksjonen_46sDS-file2668.pdf
- Moe, S. J., Hobæk, A., Persson, J., Skjelbred, B., & Løvik, J. E. (2022). Shifted dynamics of plankton communities in a restored lake: Exploring the effects of climate change on phenology through four decades. *Climate Research*, 86, 125–143. <https://doi.org/10.3354/cr01654>
- Moelva: Overvåkning 2022 (Reguleringer Og Fisk i Innlandet). (2022). Statsforvalteren i Innlandet.
- Mollgard, R. (1961). *På fedres gamle veier: Gjøvik bys historie gjennom 100 år: 1861-1961*. s.n.
- Morgenstierne, B. H. von M. af. (1827). *Historisk Beretning om afd. Generallieutnant Bernhard Ditlef v. Staffeldt's Forhold under det norske Feldttog imod Sverrig, under Overcommando af Norges daværende Konge, Hans Kongl. Høihed Prinds Christian Frederik af Danmark; den imod Generallieutenenten anlagte fiskalske Action, dens Udfald og Staffeldt's endelige Skiebne*. Udgiverens Forlag hos Peter Thr. Brünnich. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2011121624001
- Moss, T., & Newig, J. (2010). Multilevel water governance and problems of scale: Setting the stage for a broader debate. *Environmental Management*, 46(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9531-1>
- Motland, G. H. (2024). *Utviklingen av Mjøsjakten* [NTNU]. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/3181057>
- Museth, J., Dervo, B., Brabrand, Å., Heggenes, J., Karlsson, S., & Kraabøl, M. (2018). *Storørret i Norge. Definisjon, status, påvirkningsfaktorer og kunnskapsbehov* (No. 1498; NINA Rapport). NINA.
- Museth, J., Johnsen, S. I., & Kraabøl, M. (2010). *Planlagt terskel i Åkersvika. Vurdering av fiskevandring om våren i forhold til tidspunkt og vannstand i Mjøsa* (No. 562; NINA Rapport). NINA.
- Museth, J., Kraabøl, M., & Rolseth, K. (2023). *Midlertidig manøvreringsreglement ved Hunderfossen kraftverk. Vurdering av effekter på bestanden av Hunderørret i prøveperioden 2017-2022* (No. 2166; NINA Rapport). NINA.
- Myhre, J. E. (2012). *Norsk historie 1814-1905: Å bygge ein stat og skape ein nasjon* (Vol. 3). Samlaget.
- Myrvold, K. M., Johnsen, S. I., Økelsrud, A., Olstad, K., & Bækkeli, K. A. E. (2020). *Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Tangenvika og tilløpselver. Kartlegging av funksjonsområder i forbindelse med InterCity-utbyggingen* (No. 1756; NINA Rapport). NINA.
- Næsje, T., Jonsson, B., Sandlund, O., & Kjellberg, G. (1991). Habitat switch and niche overlap in coregonid fishes: Effects of zooplankton abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(12), 2307–2315.
- Næstad, F., Taugbøl, A., Museth, J., & Olstad, K. (2023). *Forslag til framtidig kultiverings-praksis av Hunderørret* (No. 2319; NINA Rapport). NINA.
- NASA. (n.d.). *Satellites*. Landsat Science. Retrieved 18 February 2025, from <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/>
- NASA. (2016, May 22). *RADARSAT-1—NASA Science*. <https://science.nasa.gov/mission/radarsat-1/>

- NASA. (2024, October 2). *VIIRS* [Instrument]. Earthdata; Earth Science Data Systems, NASA. <https://www.earthdata.nasa.gov/data/instruments/viirs>
- NASA. (2025). *LP DAAC - MODIS Overview*. Earthdata. <https://lpdaac.usgs.gov/data/get-started-data/collection-overview/missions/modis-overview/>
- Nashoug, O. (1999). *Vannkvaliteten i Mjøsa– før og nå. Mjøsovervåkingen gjennom 25 år*. Styringsgruppa for overvåking av Mjøsa. https://www.vassdragsforbundet.no/wp-content/uploads/2018/01/Vannkvalitet_Mjosa_25aar_4hpie-file2776.pdf
- Nesje, A., Dahl, S. O., Matthews, J. A., & Berrisford, M. S. (2001). A ~4500 yr record of river floods obtained from a sediment core in Lake Atnsjøen, eastern Norway. *Journal of Paleolimnology*, 25. <https://doi.org/10.1023/A:1011197507174>
- Nevestić, Z., & Špoljarić, D. (2019). Web GIS in mountaineering in Croatia. *Geo-Scape*, 13(2), 114–124. <https://doi.org/10.2478/geosc-2019-0011>
- NGU. (n.d.-a). *Løsmasser*. Norges geologiske undersøkelse. https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- NGU. (n.d.-b). *Norges geologiske undersøkelse*. <https://www.ngu.no/>
- Nilsen, I. B., Hanssen-Bauer, I., Dyrørdal, A. V., Hisdal, H., Lawrence, D., Haddeland, I., & Wong, W. K. (2022). From climate model output to actionable climate information in Norway. *Frontiers in Climate*, 4. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.866563>
- NINA. (n.d.-a). *NINA Publikasjoner*. Retrieved 25 February 2025, from <https://www.nina.no/Publikasjoner>
- NINA. (n.d.-b). ØKOSTOR. Retrieved 25 February 2025, from <https://www.nina.no/%C3%98kosystemer/Elver-og-innsj%C3%B8er/%C3%98kostor>
- NINA. (2019, March 14). *NINA ønsker kontakt med fiskere med kunnskap om utviklingen i fisket etter harr i Oppland*. Norwegian Institute for Nature Research. <https://www.nina.no/english/Aktuelt/Nyheter/article/nina-248-nsker-kontakt-med-fiskere-med-kunnskap-om-utviklingen-i-fisket-etter-harr-i-oppland>
- NIVA. (n.d.-a). *Elveovervåkingsprogrammet*. NIVA. Retrieved 26 February 2025, from <https://www.niva.no/prosjekter/elveovervakingsprogrammet>
- NIVA. (n.d.-b). *Forskningsinstituttet for vann og miljø*. Norsk institutt for vannforskning. <https://www.niva.no/>
- NIVA. (n.d.-c). *Microplastics in coastal areas, rivers and lakes (Mikronor)*. Niva. Retrieved 1 March 2025, from <https://www.niva.no/en/projects/microplastics-in-coastal-areas-rivers-and-lakes-mikronor>
- NIVA. (n.d.-d). *NIVA Publikasjoner*. Publikasjoner. Retrieved 25 February 2025, from <https://www.niva.no/publikasjoner>
- NIVA. (n.d.-e). ØKOSTOR. NIVA. Retrieved 26 February 2025, from <https://www.niva.no/prosjekter/okostor>
- NIVA. (2021a, June 6). *Overvåking av miljøgifter i ferskvann (MILFERSK)*. NIVA. <https://www.niva.no/prosjekter/overvaking-av-miljogifter-i-ferskvann-milfersk>
- NIVA. (2021b, June 6). *Overvåking av referanseelver*. NIVA. <https://www.niva.no/prosjekter/overvaking-av-referanseelver>
- NIVA, & Miljødirektoratet. (n.d.). *Microplastics in the Norwegian Environment*. Retrieved 1 March 2025, from <https://www.mikronor-data.no/>
- Njøs, A. (1996). *Tiltak mot flom: Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 13. Juli 1995: Vol. NOU 1996:16*. Statens forvaltningstjeneste, Seksjon statens trykning.
- Nordby, A. (2025, May 15). Tørken rammer folk rundt Mjøsa. *NRK.no*. <https://www.nrk.no/innlandet/torken-forer-til-problemer-for-bade-bonder-og-andre-folk-rundt-mjosa-1.17417869>

- Nordgulen, Ø. (1999). *Geologisk kart over Norge, berggrunnskart HAMAR M* [Map].
- Nordli, Ø., Lundstad, E., & Ogilvie, A. E. J. (2007). A late-winter to early-spring temperature reconstruction for southeastern Norway from 1758 to 2006. *Annals of Glaciology*, 46, 404–408. <https://doi.org/10.3189/172756407782871657>
- Nordstoga, O. (2004). *Storofsen 1789 sammenlignet med Vesleofsen 1995*. [Knut Nordstoga]. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2016071409154
- Norge i 1743: Innberetninger som svar på 43 spørsmål fra Danske Kancelli: 2: Akershus stift: Hedmark, Oppland* (Vol. 2). (2004). Solum forl.
- Norges vassdrags- og energiverk & HYDRA (forskningsprogram). (2000). *Flommen kommer-: Sluttrapport fra HYDRA - et forskningsprogram om flom*. NVE.
- Norsk Klimaservicesenter. (2022a). *Klimaprofil Hedmark* (p. 14) [Klimaprofiler]. <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>
- Norsk Klimaservicesenter. (2022b). *Klimaprofil Oppland* (p. 14) [Klimaprofiler]. <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>
- Norum, I. C. J., Thomassen, G., Ustvett, T., Thorkildsen, T. B., Lie, E. F., Fiske, A., Ebne, I., Esdar, L. C. R., & Broderstad, B. (2024a). Ørret-tettheter i *Lenavassdraget—Overvåking 2023*. Statsforvalteren i Innlandet.
- Norum, I. C. J., Thomassen, G., Ustvett, T., Thorkildsen, T. B., Lie, E. F., Fiske, A., Ebne, I., Esdar, L. C. R., & Broderstad, B. (2024b). Ørret-tettheter i *Vinstra—Overvåking 2023*. Statsforvalteren i Innlandet.
- Norum, I. C. J., Thomassen, G., Ustvett, T., Thorkildsen, T. B., Lie, E. F., Fiske, A., Ebne, I., Esdar, L. C. R., & Broderstad, B. (2025a). Ørret-tettheter i *Vålå—Overvåking 2024*. Statsforvalteren i Innlandet.
- Norum, I. C. J., Thorkildsen, T. B., Ustvett, T., Lie, E. F., Fiske, A., & Esdar, L. C. R. (2025b). Ørret-tettheter i *Gudbrandsdalslågen—Overvåkingsrapport 2024*. Statsforvalteren i Innlandet.
- Norum, I. C. J., Ustvett, T., Thorkildsen, T. B., Lie, E. F., Fiske, A., & Esdar, L. C. R. (2025c). Ørret-tettheter i *Gausavassdraget—Overvåking 2012–2024*. Statsforvalteren i Innlandet.
- Norum, I. C. J., Ustvett, T., Thorkildsen, T. B., Lie, E. F., Fiske, A., & Esdar, L. C. R. (2025d). Ørret-tettheter i *Hunnselva—Overvåking 2024*. Statsforvalteren i Innlandet.
- Norum, I. C. J., Ustvett, T., Thorkildsen, T. B., Lie, E. F., Fiske, A., Esdar, L. C. R., & Røragen, S. (2025e). Ørret-tettheter i *Moksa—Overvåking 2024*. Statsforvalteren i Innlandet.
- NVE. (n.d.-a). *Hamar (Mjøsa)*. Sildre. Retrieved 3 March 2025, from <https://sildre.nve.no/station/2.101.0>
- NVE. (n.d.-b). *NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat*. <https://www.nve.no/>
- NVE. (n.d.-c). *NVE Atlas*. <https://atlas.nve.no/HtmI5Viewer/index.html?viewer=nveatlas>
- NVE. (n.d.-d). *Sildre*. Norges Vassdrags- Og Energidirektoratet. <https://sildre.nve.no/map?x=380400&y=7228000&zoom=4>
- NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat*. (n.d.). Retrieved 12 February 2025, from <https://www.nve.no/>
- Nye samling af Det Kongelige norske videnskabs selskab Skrifter*. (1784). Tapir. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digitids-skrift_2022050685058_001
- Olden, O.-B. (2022). *Mjøskastellet på Steinsholmen: Vern og bruk av en middelalder-ruin*. Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Olsen, Å. O. (1993). *Vannveier på Romerike*. Nes bygdeboknemnd. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2007112104079

- Olsen, L. (1979). *Kvartærgeologiske undersøkelser i Ø. Gausdal – Lillehammer området, Oppland. Isbevegelser, jordartskartlegging og morenestratigrafi*. [MSc thesis]. University of Bergen.
- Olsen, L. (1983). *Isbevegelse i Lillehammer-området, Sør-Norge, under siste nedising*. (No. 378; NGU). NGU. <https://openarchive.ngu.no/ngu-xmlui/handle/11250/2675137>
- Olsen, L. (1985). *Lillehammer. Quaternary geology map with description 1817 II* [Map]. NGU.
- Olstad, J. H. (1981). *Skibladner 1856-1981* (Issue Ny utv. utg.). A/S Oplandske dampskibsselskap. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2007062200032
- Olsvik, P. A., Berg, V., & Lyche, J. L. (2013). Transcriptional profiling in burbot (*Lota lota*) from Lake Mjøsa—A Norwegian Lake contaminated by several organic pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 92, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.02.019>
- O'Reilly, C. M., Sharma, S., Gray, D. K., Hampton, S. E., Read, J. S., Rowley, R. J., Schneider, P., Lenters, J. D., McIntyre, P. B., & Kraemer, B. M. (2015). Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. *Geophysical Research Letters*, 42(24), 10–773. <https://doi.org/10.1002/2015GL066235>
- Overvåkning i referanseelver. (n.d.). Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Retrieved 26 February 2025, from <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingsprogrammer/ferskvann-hav-og-kyst/overvaking-i-referanseelver/>
- PACE. (2025, January 31). *Look Into PACE Data Products*. ArcGIS StoryMaps. <https://storymaps.arcgis.com/stories/05acf661f8a9438282f39ae60ccd499f>
- Parasyris, A., Metheniti, V., Alexandrakis, G., Kozyrakis, G. V., & Kampanis, N. A. (2024). Data Assimilated Atmospheric Forecasts for Digital Twin of the Ocean Applications: A Case Study in the South Aegean, Greece. *Algorithms*, 17(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/a17120586>
- Park, D., & You, H. (2023). A Digital Twin Dam and Watershed Management Platform. *Water*, 15(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/w15112106>
- Pettersen, E. (Ed.). (1986). *Hamarkrøniken* (Issue Ny utg. ved Egil Pettersen). Alvheim & Eide. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2010010703006
- Pettersson, L.-E. (1997). *Hydrologiske data for Mjøsa (002.DC)* (Nos 6–97). NVE.
- Pilø, L. (2005). *Bosted—Urgård—Enkeltgård*. Institutt for arkeologi, kunsthistorie og konservering, Universitetet i Oslo. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2011070108197
- Pontoppidan, E. (1752). *Det første Forsøg paa Norges naturlige Historie: Forestillende Dette Kongeriges Luft, Grund, Fielde, Vande, Væxter, Metaller, Mineralier, Steen-Arter, Dyr, Fugle, Fiske og omsider Indbyggernes Naturel, samt Sædvaner og Levemaade: Oplyst med Kobberstykker: Den viise og almægtige Skaber til Ære, saavel som hans fornuftige Creature til videre Eftertankes Anledning: Vol. Første Deel*. Trykt i de Berlingske Arvingers Bogtrykkerie, ved Ludolph Henrich Lillie.
- Qiu, Y., Duan, H., Xie, H., Ding, X., & Jiao, Y. (2022). Design and development of a web-based interactive twin platform for watershed management. *Transactions in GIS*, 26(3), 1299–1317. <https://doi.org/10.1111/tgis.12904>
- Regjeringen. (2023, May 6). *Regjeringen sier ja til nytt Mjøsseykehus*. Regjeringen.No. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-sier-ja-til-nytt-mjosseykehus/id2982925/>

- Regjeringen. (2024). *I dag får Noreg eit nytt universitet*. Regjeringen.No. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/i-dag-far-noreg-eit-nytt-universitet/id3073523/>
- Roald, L. A. (2013). *Flom i Norge*. Tom & Tom. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2020031348018
- Roald, L. A. (2015). *Flommen på Østlandet i mai 2013*: Vol. nr. 21 2015. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Rugsveen, M., & Stang, C. (1996). *Lillehammer og Fåbergers historie bind 1: Der veger møtes*. Thorsrud, Lokalhistorisk forl. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2011010503040
- Rustadbakken, A., Bækken, T., Løvik, J., & Hovind, H. (2009). *Kjemikalieutslipp Svar telva, Løten kommune januar 2009-undersøkelse av akutte og langvarige effekter etter trailervelt og påfølgende utslipp* (Nos 5900–2009). NIVA.
- Ruud, M. E. (2010). *Gjøvik 150 år*. Alfa forl. i samarbeid med Gjøvik kommune. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2011012403048
- Sæther, T. (2005). *Hamar i middelalderen*. Domkirkeodden.
- Sætren, G. (1913). *Kanalanlæg Kristiania—Øieren—Mjøsen*.
- Saifi, S., & Anandakumar, R. M. (2024). Web-based visualization and rendering of aerial LiDAR point cloud for urban flood simulation. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJDR-BE-07-2023-0079>
- Sandberg, P.-Ø. (2015). *Fra høvdingsete til herregård* (Vol. 1). Hamar historielag.
- Sandlund, O. (1979). Hornulke i Mjøsa-ny fiskeart for Norge. *Fauna*, 32, 1–3.
- Sandlund, O. T., Gjelland, K. Ø., Museth, J., Bækkelie, K. A. E., & Lie, E. F. (2021). Fiskefunnet i Mjøsa; de lange linjer. *VANN*.
- Sandlund, O. T., Grøndahl, F. A., Kjellberg, G., & Næsje, T. F. (2017). Variabel livshistorie hos krøkle (*Osmerus eperlanus*) i Mjøsa og Randsfjorden. *Vann*, 2017(1), 81–92.
- Sandlund, O. T., Klyve, L., Hagen, H., & Næsje, T. (1980). *Krøkla i Mjøsa. Alderssammenheng, vekst og ernæring* (No. 2; pp. 1–70). DVF-Mjøsundersøkelsen.
- Sandlund, O. T., Klyve, L., & Næsje, T. F. (1985). Growth, habitat and food of burbot Lota in Lake Mjøsa. *Fauna*, 38(2), 37–43.
- Sandlund, O. T., & Næsje, T. F. (1984). Mjøsaueren: Alder, vekst og ernæring hos fisk fanget med garn i Mjøsa. *Det Kg1. Selskap for Norges Vel, Stensil*.
- Sandlund, O. T., Næsje, T. F., & Jonsson, B. (1992). Ontogenetic changes in habitat use by whitefish, *Coregonus lavaretus*. *Environmental Biology of Fishes*, 33, 341–349.
- Sandlund, O. T., Stang, Y. G., Kjellberg, G., Næsje, T. F., & Hambo, M. U. (2005). European smelt (*Osmerus eperlanus*) eats all; eaten by all: Is it a key species in lakes? *Internationale Vereinigung Für Theoretische Und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 29(1), 432–436. <https://doi.org/10.1080/03680770.2005.11902049>
- Sandodden, I. S., & Smiseth, M.-T. (2015). *Mjøsbagdene i yngre jernalder: Høvdning og bonde, hov og ting* (Årbok, p. [18]–57). Mjøsuseet.
- Sandvik, H. (2019). *Ferskvann i vannforskriften og naturindeksen. Forslag til samordning og dataflyt* (No. 1723; NINA Rapport). NINA.
- Scheel, H. O. (1785). *Almindelig Udkast af Krigens Skueplads, eller Geographisk, topographisk og historisk Beskrivelse over Kongerigerne: Danmark, Norge og Sverrig samt deres Tydske Provindser, som Indledning til Kong Frederik IV Krigs-Historie*. Trykt hos August Friderik Stein. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2015111829005

- Schluse, M., Atorf, L., & Rossmann, J. (2017). Experimentable digital twins for model-based systems engineering and simulation-based development. *2017 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/SYSCON.2017.7934796>
- Schønning, G. (1980). *Reise som gjennom en Deel af Norge i de Aar 1773, 1774, 1775 paa Hans Majestets Kongens Bekostning er gjort og beskrevet*. Tapir. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2012092106113
- Sekne, I. (2011). *De temmet vannet: Statkrafts tekniske kulturhistorie*. Universitetsforl.
- Shahid, M., Sermet, Y., Mount, J., & Demir, I. (2023). Towards progressive geospatial information processing on web systems: A case study for watershed analysis in Iowa. *Earth Science Informatics*, 16(2), 1597–1610. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-00993-x>
- Shang, X., Zhao, J., & Zhang, H. (2019). Obtaining High-Resolution Seabed Topography and Surface Details by Co-Registration of Side-Scan Sonar and Multibeam Echo Sounder Images. *Remote Sensing*, 11(12), 1496. <https://doi.org/10.3390/rs11121496>
- Skaala, Ø., Taugbøl, T., & Skurdal, J. (1991). *Genetisk variasjon hos mjesørret* (No. 18). Fylkesmannen i Oppland. Miljøvernavdelingen.
- Skarlatos, D., & Agrafiotis, P. (2020). Image-Based Underwater 3D Reconstruction for Cultural Heritage: From Image Collection to 3D. Critical Steps and Considerations. In F. Liarokapis, A. Voulodimos, N. Doulamis, & A. Doulamis (Eds), *Visual Computing for Cultural Heritage* (pp. 141–158). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37191-3_8
- Solheim, A. L., Haande, S., Dillinger, B. N., Persson, J., Skjelbred, B., & Mjelde, M. (2022). *Eutrofiering av norske innsjøer. Tilstand og trender*. (Nos 7744–2022; NIVA-Rapport). NIVA.
- Solheim, A. L., Schartau, A. K., Bongard, T., Bækkelie, K. A. E., Dahl-Hansen, G., Demars, B. O. L., Dokk, J. G., Gjelland, K. Ø., Hammenstig, D., Jensen, T. C., Mjelde, M., Persson, J., Sandlund, O. T., Skjelbred, B., Jenssen, M. T. S., & Walseng, B. (2019). ØKOSTOR 2018: *Basisovervåking av store innsjøer. Utpøving av metodikk for overvåking og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften*. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/2642181>
- Sommerfeldt, C. (1795). Efterretninger angaaende Christians Amt (første del). *Topographisk Journal for Norge*, 4(14). https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digittidsskrift_2015032081012_001
- Spikkeland, I., Kinsten, B., Kjellberg, G., Nilssen, J. P., & Väinölä, R. (2016). The aquatic glacial relict fauna of Norway—an update of distribution and conservation status. *Fauna Norvegica*, 36, 51–65.
- SSB. (2024). *Forest properties 10613: Skogeiendommer og skogareal, Forest properties and productive forest area, by type of forest owner 2013–2023*. Statistisk sentralbyrå. <https://www.ssb.no/en/statbank/table/10613/>
- Stabell, T., Nielsen, L., Karlsson, T., Olsen, G. H. T., Saunes, H., & Vingerhagen, R. (2024a). *Overvåking av elver og bekker i Innlandet fylke, 2023* (No. 15). Statsforvalteren i Innlandet.
- Stabell, T., Nielsen, L., Karlsson, T., & Vingerhagen, R. (2024b). *Overvåking av innsjøer i Innlandet fylke, 2023* (No. 14; Rapport). Statsforvalteren i Innlandet.
- Statistisk sentralbyrå. (1878). *Resultaterne af folketællingen i Norge 1876*. Det statistiske centralbyrå.
- Statistisk sentralbyrå. (1902). *Folketællingen i Kongeriget Norge 3. December 1900 = Recensement du 3 Décembre 1900*.
- Statistisk sentralbyrå. (1980). *Norges første folketelling 1769 = The first population census in Norway 1769* (Vol. 106). Statistisk sentralbyrå.

- Statistiske Tabeller for Kongeriget Norge: R. 8: Ottende Række: Indeholdende Tabeller over Folkemængden i Norge den 31te December 1845 samt over de i Tidsrummet 1836-1845 Ægteviiede, Fødte og Døde: Vol. R. 8. (1847). Departementet.*
- Statsforvalteren i Innlandet. (n.d.). *Fisk i regulerte vassdrag*. Statsforvalteren i Innlandet. Retrieved 27 February 2025, from <https://www.statsforvalteren.no/nb/innlandet/miljo-og-klima/fiskeforvaltning/fisk-i-regulerte-vassdrag/>
- Statsforvalteren i Innlandet. (2022). Fangstregistreringer i Mjøsa—Reguleringer og fisk i Innlandet. *Statsforvalteren Innlandet, Rapport*.
- Stensrud, A. (1991). *Den Store Mjøsboka* (2nd edn). Pegasus forlag.
- Stortingsforhandlinger* (Vol. 56). (1907). O. Fredr. Arnesens bog- & accidenstrykkeri. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb-digstorting_1906-07_part5_vol-a
- Strand, L. Å. (2007). *Amfibieregistreringer i Oppland 1996-2006* (No. 3/07). Fylkesmannen i Oppland. Miljøvernavdelingen.
- Strand, L. Å. (2008). *Amfibieregistreringer i Hedmark 1990-2008*. Fylkesmannen i Hedmark, Miljøvernavdelingen.
- Strand, S., & Engebretsen, Ø. (2005). *Pendling og regional interaksjon på Østlandet* (No. 777/2005; TØI Rapport). TØI.
- Styringsgruppa for Prosjekt strandsone Mjøsa. (2008). *Det gode liv ved Mjøsa: Med retningslinjer for planlegging i strandsone*. (No. 3/2008). FYLKESMANNEN I HEDMARK Miljøvernavdelingen. <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/fm-innlandet/000-annet/publikasjoner/fmhe-mva-rapportserie/mvahe-rapport-2008-03.pdf>
- Sveian, H. (1979). *Gjøvik, Quaternary geology map with description 1816 I* [Map]. Norges geologiske undersøkelse.
- Taugbøl, T. (1995). *Operasjon mjøsørret* (Sluttrapport). Fylkesmannen i Oppland, Miljøvern avdelingen.
- Taugbøl, T., Hegge, O., Qvenild, T., & Skurdal, J. (1989). *Mjøsørretens ernæring* (No. 15; Rapport). Fylkesmannen i Oppland, Miljøvern avdelingen.
- Tengtrairat, N., Woo, W. L., Parathai, P., Aryupong, C., Jitsangiam, P., & Rinchumphu, D. (2021). Automated Landslide-Risk Prediction Using Web GIS and Machine Learning Models. *Sensors*, 21(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/s21134620>
- Thorkildsen, T. B., & Ustveit, T. (2024). *Reguleringer og fisk i Innlandet: Fagrapport 2023* (No. 11/2024). Reguleringer og fisk i Innlandet.
- Thorsnæs, G., Vøllestad, L. A., & Mæhlum, L. (2024). Mjøsa. In *Store norske leksikon*. <https://snl.no/Mj%C3%B8sa>
- Thrane, J.-E., Økelsrud, A., Skjelbred, B., Håll, J. P., & Kile, M. R. (2022). *Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa. Hovedrapport for 2021* (Nos 7743–2022; NIVA-Rapport). NIVA.
- Thrane, J.-E., Økelsrud, A., Skjelbred, B., Kemp, J. L., & Håll, J. (2023). Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa. Årsrapport fra 2022. In 38 (Nos 7857–2023; NIVA-rapport). NIVA. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/3066684>
- Thrane, J.-E., Økelsrud, A., Skjelbred, B., Persson, J., & Håll, J. (2024). *Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa—Årsrapport fra 2023*. (Nos 7973–2024; NIVA-Rapport). NIVA.
- Throne-Holst, H. (1999). *Forbrukernes roller i miljøpolitiske suksesser: Fosfatforbudet i tøyvaskemidler: Husmoraksjonen i Mjøsområdet = The role of the consumers in environmental successes: The Norwegian prohibition of phosphates in laundry detergents: The housewives' movement in the lake Mjøsa district: Vol. nr 1* 1999. Statens institutt for forbruksforskning.
- Thue, L. (2006). *Statens kraft 1890-1947: Kraftutbygging og samfunnsutvikling* (2. utg., Vol. 1). Universitetsforl.

- Tjomsland, T., Løvik, J., Rognerud, S., & Kempa, M. (2012a). *Fellesprosjektet E6-Dovrebanen. Dumping av masse i Mjøsa. Modellert partikkelspredning og vurdering av miljøkonsekvenser* (Nos 6342–2012). NIVA.
- Tjomsland, T., & Tryland, I. (2008). *Sårbarhetsanalyse av vanninntakene til de kommunale vannverkene i Mjøsa: Biri, Moelv, Gjøvik og Østre Toten. Simulering av bakteriologiske forhold ved bruk av strøm-og spredningsmodeller* (Nos 5610–2008). NIVA.
- Tjomsland, T., Tryland, I., Bakken, S., Bjørge, F., & Glommen, G. (2009). Sårbarhetsanalyse av vannverksinntak i Mjøsa ved bruk av matematiske strøm- og vannkvalitetsmodeller. *Vann*, 1/2009.
- Tjomsland, T., Tryland, I., Brænden, R., & Løvik, J. (2007). *Valg av trasé for avløpsledning over Furnesfjorden i Mjøsa. Sårbarhetsanalyse ved bruk av strøm-og spredningsmodeller* (Nos 5466–2007; Rapport). NIVA.
- Tjomsland, T., Tryland, I., Kempa, M., & Løvik, J. (2012b). *Sårbarhetsanalyse av vanninntakene til Hamar og Stange vannverk ved bruk av en matematisk strøm-og spredningsmodell* (No. 6322; NIVA-Rapport). NIVA.
- Tofte, A. (2025). *A comparison of habitat use, activity and swimming depths between perch (Perca fluviatilis) and ide (Leuciscus idus)*. NTNU.
- Tveit, M. J. (2022). *Landslov og lagting—Eidsivatinget etter 1274*. Cappelen Damm Akademisk.
- Under ei ferje over Mjøsa*. (n.d.). Sparebankstiftelsen. Retrieved 28 February 2025, from <https://sparebankstiftelsen.no/tildelinger/under-ei-ferje-over-mjosa/>
- Vang Almanning. (2024, May 8). *Almenningsbestyreren går av med pensjon*. Vang Almanning. <https://vangalmenning.no/wp/almenningsbestyrer-gar-av-med-pensjon/>
- Vasilijevic, A., Brönnner, U., Dunn, M., García-Valle, G., Fabrini, J., Stevenson-Jones, R., Bye, B. L., Mayer, I., Berre, A., Ludvigsen, M., & Nepstad, R. (2024). A Digital Twin of the Trondheim Fjord for Environmental Monitoring—A Pilot Case. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/jmse12091530>
- Vassdragsforbundet. (n.d.). *Rapporter*. Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver. Retrieved 25 February 2025, from <https://www.vassdragsforbundet.no/rapporter/>
- Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver. (n.d.). *Fakta om Mjøsa*. Vassdragsforbundet for Mjøsa Med Tilløpselver. <https://www.vassdragsforbundet.no/fakta-om-mjosa/>
- Vergarechea, M., Astrup, R., Fischer, C., Øistad, K., Blattert, C., Hartikainen, M., Eyvindson, K., Di Fulvio, F., Forsell, N., Burgas, D., Toraño-Caicoya, A., Mönkkönen, M., & Antón-Fernández, C. (2023). Future wood demands and ecosystem services trade-offs: A policy analysis in Norway. *Forest Policy and Economics*, 147, 102899. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102899>
- Vestheim, Ø. (1998). *Fløting gjennom århundrer: Fløtingas historie i Glomma- og Mjøsvassdraget* (Vol. 13). Norsk skogbruksmuseum.
- Vøllestad, L. A. (2023). A paradoxical bias in knowledge about Norwegian freshwater fishes: Research efforts during 1980–2020. *Fauna Norvegica*, 42, 6–30.
- von Buch, L. (1810). *Reise durch Norwegen und Lapland*. bey G. C. Nauck. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2017013026003
- von Buch, L. (1813). *Travels through Norway and Lapland, during the years 1806, 1807, and 1808*. Printed for Henry Colburn, British and Foreign Public Library. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2009081912001

- Vriese, F., Semmekrot, S., & Raat, A. (1994). Assessment of spawning and nursery areas in the River Meuse. *Water Science and Technology*, 29(3), 297–299.
- Wærnes, M. B. (2025). *Forurensning av Mjøsa: Mjøsas helsetilstand forsket frem, for midlet og forstått* [Masteroppgave]. NTNU.
- Wang, Q., Kim, D., Dionysiou, D. D., Sorial, G. A., & Timberlake, D. (2004). Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systems—A literature review. *Environmental Pollution*, 131(2), 323–336. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.01.010>
- Wang, T. (1996). *RA i skuddlinja: Industriutvikling og strategiske veivalg gjennom 100 år*. T. Wang.
- Welsh, K., Keesecker, L., Hill, R., Joyal, T., Boll, J., Bosque-Pérez, N. A., Cosens, B., & Fremier, A. K. (2020). Scale mismatch in social–ecological systems: A Costa Rican case study of spring water management. *Sustainable Water Resources Management*, 6(3), 40. <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00398-4>
- Westly, T., & Rustadbakken, A. (2006). *Storørreten i Lenaelva*. naturkompetanse.
- Wicken, O. (1982). *Mustad gjennom 150 år: 1832–1982*. Mustad.
- Wolf, J. L. (1651). *Norrigia illustrata, eller Norriges med sine underliggende Lande oc Øer kort oc sandfærdige Beskriffvelse*. Georg Lamprecht publisher. https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2009122110001
- Wollebæk, J., Røed, K. H., & Heggenes, J. (2011). *Genetisk struktur hos ørret i Mjøsa* (No. 2/2011; HiT Skrift). Høgskolen i Telemark.
- Wong, W. K., Haddeland, I., Lawrence, D., & Beldring, S. (2016). *Gridded 1 x 1 km climate and hydrological projections for Norway* (Nos 59–2016; p. 26). Norwegian Water Resources and Energy Directorate.
- Wyman, R. L. (1990). What's happening to the amphibians? *Conservation Biology*, 4(4), 350–352.
- Ødegaard, S.-E. (2006a). *Under konge og kirke: 1000—1660* (Vol. 2). Stange historielag.
- Ødegaard, S.-E. (2006b). *Under konge og kirke: 1000—1660*. Stange historielag. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2018061448503
- Ødegaard, S.-E. (2016). *Fra prestegjeld til kommune: 1660–1840* (Vol. 3). Stange historielag.
- Ødegaard, S.-E. (2022). *Mot moderne tider: 1840–1914* (Vol. 4). Stange historielag.
- Økelsrud, A., Grung, M., Bæk, K., Rundberget, T., Øxnevad, S., Enge, E. K., Hanssen, L., & Johansen, I. (2024). *Monitoring of environmental contaminants in freshwater food webs (MILFERSK), 2023* (Nos 7997–2024; NIVA Report). NIVA.
- Økland, J., & Økland, K. A. (1995). *Vann og vassdrag: 1: Ressurser og problemer* (Vol. 1). Vett & viten.
- Økosystemovervåkning i store innsjøer. (n.d.). Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Retrieved 26 February 2025, from <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/miljoovervaking/overvakingssystemer/ferskvannhav-og-kyst/store-innsjoer/>
- Ørbeck, M., Hauge, A., Alnes, P. K., Hagen, S. E., & Skålholt, A. (2010). *Hamars rolle som regionsenter* (No. 02/2010; ØF-Rapport). Østlandsforskning.
- Østby, P. (1997). *Forurensningen av Mjøsa: Integrering av miljøvitenskapen i samfunnet*. (Arbeidsnotat No. (STS-arbeidsnotat 08/97)). NTNU. [https://www.nb.no/items/154c0d7deabf0f20a486b8edd-4be37aa?page=1&searchText="per østby"](https://www.nb.no/items/154c0d7deabf0f20a486b8edd-4be37aa?page=1&searchText=)
- Østby, P. (2004). «Mjøsakonflikten: Noen aspekter ved miljøvitenskapens integrering i samfunnet.». In A. K. Børresen & M. Hård (Eds), *Kunnskap og kultur. Vitenskapens roller i det norske samfunn, 1760–2000*. Tapir akademisk forl.

- Østby, P. (2008). Vannets vitenskapelige stemmer. Formingen av forurensningsforskning i Norge 1960 til 1980. In K. H. Sørensen, H. J. Gangsmo, & Lagesen, V. A. (Eds), *Vitenskap som dialog – kunnskap i bevegelse*. Tapir Akademisk Forlag.
- Østlendingen. (1975, July 14). https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digavis_ostlendingen_null_null_19250714_25_161_1
- Østmoe, A. (1985). *Stor-øfsen 1789*. Oversiktsregisteret. [https://urn.nb.no/URN:NBN:-no-nb_digibok_2012080108177](https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2012080108177)

Vedlegg 1: Norsk til engelsk-oversettelser brukt i vurderingen

Norwegian

English translation

Norsk	English
Fiskerkapellet	The Fishermen's chapel
flomfarekart/flomsonekart	flood zone maps
Føringsbåter	Cargo boats
Hovedbanen	The Trunk Line
Hamarkrøniken	The Hamar Chronicle
Kjøpstad	Marked town
klimapåslag	climate safety margin
Lågasild	Vendace
Lagsogn	Thing district
Mattilsynet	Norwegian Food Safety Authority
Meteorologisk institutt	Norwegian Meteorological Institute
Miljødirektoratet	Norwegian Environment Agency
Mjøskastellet	The Mjøsa citadel
Mjøsormen	The Serpent of Lake Mjøsa
Norsk Klimaservicesenter	Norwegian Centre for Climate Services
Noregs vassdrags- og energidirektorat	Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Vannregion	River Basin District
Vannområde	Sub-River Basin District
Åkerkomplekset	The Åker complex / the Åkerfind complex

Vedlegg 2: Ordliste over akronymer, forkortelser, sentrale programmer og organisasjoner, samt tekniske spesifikasjoner

Institusjoner

NIBIO: Norsk institutt for bioøkonomi

NILU: Norsk institutt for luftforskning

NINA: Norsk institutt for naturforskning

NIVA: Norsk institutt for vannforskning

Organisasjoner

Vassdragsforbundet: Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver: "Ideell forening"

...

Programmer

EUs vandndirektiv (EU Water Framework Directive): fastsetter rammer for å beskytte vannforekomstene mot forringelse, og for å oppnå og opprettholde god økologisk og kjemisk tilstand i elver, innsjøer og grunnvann

(Water Framework Directive - European Commission, 2025).

MIKRONOR: *Overvåkning av mikroplast i det norske miljø*

MILFERSK: *Miljøgifter i ferskvann*

ØKOSTOR: *Basisovervåkning av store innsjøer*

REGFINN: *Regulering og fisk i Innlandet*

Definisjoner

Bentisk: På eller i bunnsedimentene
Biomagnifisering: Økende konsentrasjon på høyere trofiske nivåer.

Cyanomax: Maksimalt biovolum av cyanobakterier mg/l.

Epibentisk: På toppen av eller nær bunnen.

Eutrofiering: Økt primærproduksjon (dvs. vekst av planteplankton, alger og planter) i akvatiske systemer som følge av økt næringstilførsel.

Litoral: Nær land / nær strandsonen
Nordiske oversiktsgarn: Standardiserte fleromfarsgarn brukt til prøvefiske i innsjøer.

Pelagisk: I det frie vannmassivet / i åpne vannmasser.

Planteplankton: Fotosyntetiserende organismer som er suspenderte i vannsøylen, følger vannstrømmen og ikke er i stand til større egenbevegelser.

Siktedyp: Mål på vannets klarhet (målt med Secchiskive).

Vannområde: Administrativ enhet for forvaltning av vann og vassdrag.

Vannforskriften: Innføring av EU's vanddirektiv.

Dyreplankton: Dyr som er suspenderte i vannsøylen, følger vannstrømmen og ikke er i stand til større egenbevegelser.

Akronymer og forkortelser

AIP: Acidification Index Periphyton. En indikator for forsurening.

ASPT: Average Score Per Taxon. En indeks basert på forekomsten av familier av makroinvertebrater. En indikator for eutrofiering.

CPUE: Catch – per unit effort.

DDT: Diklorodiphenyltrikloretaner

EQR: Ecological Quality Ratio- Økologisk kvalitetsforhold. Avvik fra referansetilstand.

EQS: Environmental Quality Standard – Miljøkvalitetsstandard. Konsentrasjonsgrenser for forurensende stoffer.

FDOM: Fluorescerende oppløst organisk materiale

PAH: Polysyklisk aromatisk hydrokarbon.

PBDEs: Polybromerte difenyletere.

PCBs: Polyklorerte bifenyler.

PIT: Periphyton Index of Trophic Status. En indeks basert på forekomsten av taksa av bentiske alger. En indikator for eutrofiering.

POPs: Persistente organiske miljøgifter

PFAS: Per- og polyfluorerte alkylstoffer.

RAMI: River Acidification Macroinvertebrate Index. En indikator for forsurening.

WS-FBI: Weighted Stratified Fish Biomass Index. Eutrofieringsindeks basert på fiskebiomasse.

Tot-P: Total Phosphorous. En indikator for eutrofiering.

Vedlegg 3: Mjøsa arealbruk- og arealdekkeendringskart

Numeriske verdier for kartgenerering i figurene 4.3–4.5

Tabell 1: Arealdekke i prosent, 2024

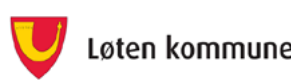
Kategori	Prosent av total
Vann	6,71
Skog	51,53
Gressmark	5,41
Oversvømt vegetasjon	0,17
Dyrka mark	2,92
Busk- og krattvegetasjon	21,68
Bebygde områder	1,52
Barmark	4,43
Snø og is	5,63

Tabell 2: Arealdekke i prosent 2019

Kategori	Prosent av total
Vann	6,10
Skog	53,72
Gressmark	4,84
Oversvømt vegetasjon	0,16
Dyrka mark	3,59
Busk- og krattvegetasjon	18,54
Bebygde områder	1,65
Barmark	4,25
Snø og is	7,12

Tabell 3: Total endring i skogdekke over en femårsperiode

Kategori	Prosent av total
Skogdekke i 2019	53,72
Skogdekke i 2024	51,53
Nettotap	2,19 (eller ~80,15 km ²)





OPPDRA
MJØSA

Oppdrag Mjøsa er et samarbeid mellom NTNU, Innlandet Fylkeskommune, åtte kommuner i Mjøsregionen og en rekke samarbeidspartnere. Oppdrag Mjøsa skal være et verktøy for både å tilrettelegge for verdiskaping, vannkvalitet og matsikkerhet, og for å opprettholde kulturelle verdier og miljøverdiene i Mjøsa.