



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Miljøvennlig drift av sykkelveinettet i Oslo

Miljøeffekter av formiatbaserte avisningsmidler – Resultater fra vannkjemiske og biologiske undersøkelser vinteren 2018.

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 143 | 2018



Helen French¹), Johanna Skrutvold¹), Per Anker Pedersen²), Ståle Haaland¹), Roger Roseth¹)

Divisjon for miljø- og naturressurser¹) Institutt for landskapsarkitektur, fakultet for landskap og samfunn, NMBU²).

TITTEL/TITLE

Miljøvennlig drift av sykkelveinettet i Oslo
Miljøeffekter av formiatbaserte avisningsmidler – Resultater fra vannkjemiske og biologiske undersøkelser vinteren 2018.

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Helen K. French, Johanna Skrutvold, Per Anker Pedersen, Ståle Haaland og Roger Roseth

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
17.01.2019	4/143/2018		11004	18/00025
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02206-0	2464-1162	47	6	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Oslo kommune, Bymiljøetaten

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Siv Linette Solheim Grann

STIKKORD/KEYWORDS:

Formiat, vegsalt

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**SAMMENDRAG/SUMMARY:**

Hvert år brukes det omtrent 7000 tonn vegsalt (MgCl₂ og NaCl) på kommunale veger i Oslo. På grunn av de negative effektene som vegsalt kan ha, og med bakgrunn i bystyrevedtak fra 2012 om at Oslo kommune skal erstatte vegsalt med mer miljøvennlige alternativer, ønsker Bymiljøetaten å teste ut alternative miljøvennlige avisningsmidler på veg- og sykkelvegnettet. Fra februar 2018 ble natriumformiat benyttet som avisningsmiddel på Eterveien og en del av Østensjøveien langs Østensjøvannet i Oslo. Innløpsbekkene til innsjøen ble overvåket gjennom testperioden. Formiat forbruker oksygen ved nedbrytning, men ut fra sesongens resultater er det ingenting som tyder på at tilførsel av formiat har forårsaket oksygenmangel, hverken i sidebekkene eller i Østensjøvannet. Effektene av formiat på vegetasjon er vanskelig å si noe konkret om da det ble brukt vanlig vegsalt og formiat samme sesong. Systematiske undersøkelser av saltskader på vegetasjon gjennom vinteren, hyppigere prøvetaking i bekkene, samt kontinuerlig overvåking ved utløpet til Østensjøvannet er noen av tiltakene som foreslås for videreføringen av prosjektet vinteren 2018/2019.

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Oslo
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Oslo
STED/LOKALITET:	Østensjøvannet

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

GODKJENT / APPROVED



EVA SKARBØVIK

PROSJEKTLEDER / PROJECT LEADER



HELEN K. FRENCH

Forord

På oppdrag fra Oslo kommune og Bymiljøetaten ved Sykkelprosjektet har NIBIO gjennomført et pilotprosjekt for miljøvennlig salting av sykkelvegnettet. Formålet med prosjektet er *«oppnå økt kunnskap om hvorvidt formiater kan erstatte veisalt i drift av sykkelveinettet uten at det går på bekostning av fremkommelighet, trafiksikkerhet og miljø, med formål om å minimere de negative skadevirkningene knyttet til vanlig veisalt»*. Et av delmålene i prosjektet var å kartlegge miljøeffektene knyttet til bruk av formiater gjennom prøvetakinger av vann, jord og biologi i testområdet. Denne rapporten beskriver arbeidet med dette delmålet.

Helen K. French har vært prosjektleder ved NIBIO. Johanna Skrutvold har vært ansvarlig for vedlikehold av automatiske målestasjoner, biologiske undersøkelser samt prøvetaking av vann og snø i samarbeid med Jonas Reinemo ved NIBIO og Abdul Jabbar, masterstudent ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Jordprøver og resistivetsmålinger ble utført av Abdul Jabbar og Leif Jacobsen ved NMBU. Vann- og jordprøvene ble sendt til Eurofins Environment Testing for analyse. Vegetasjonsundersøkelser og rapportering av resultatene ble utført av Per Anker Pedersen ved NMBU. Rapporten er skrevet av Helen French, Johanna Skrutvold, Roger Roseth og Ståle Haaland. Rapporten er kvalitetssikret av Eva Skarbøvik.

Ås, 11.01.2019

Helen K. French

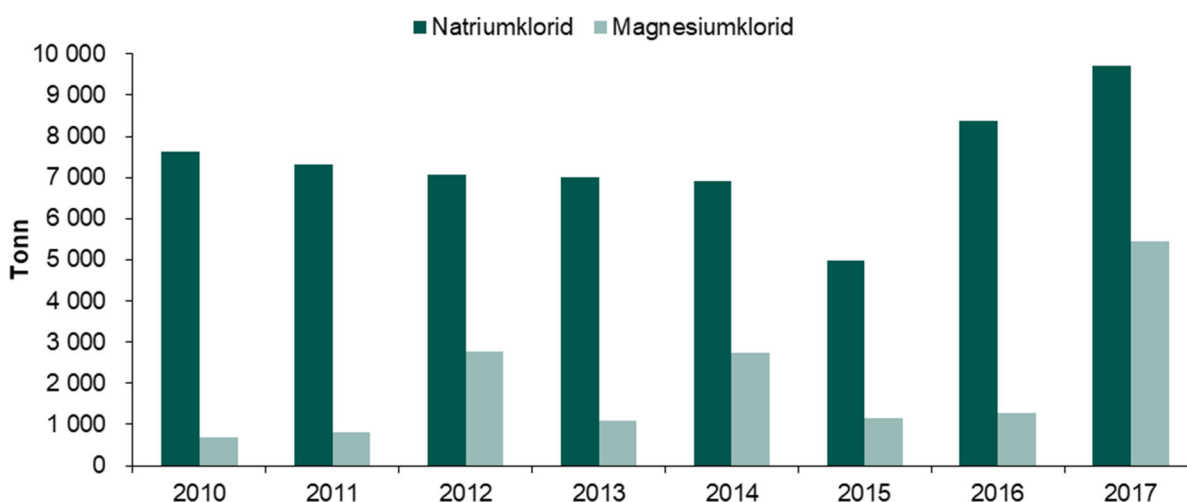
Innhold

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn og formål	6
1.1.1	Vann- og avløpsetatens overvåkingsprogram	6
1.2	Pilotprosjekt for miljøvennlig salting av sykkelveinettet	7
1.3	Østensjøvannets referansetilstand	8
2	Metoder	12
2.1	Prøvetakingspunkter	13
2.2	Befaring	15
2.3	Målinger i vann	16
2.3.1	Automatiske målinger	16
2.3.2	Vannkjemi	19
2.4	Spredning fra veg	21
2.4.1	Snøprøver	21
2.4.2	Jordprøver	22
2.4.3	Elektrisk resistivitetstomografi (ERT)	23
2.5	Biologiske undersøkelser	24
2.5.1	Bunndyrprøver	24
2.5.2	Vegetasjon	25
3	Resultater	26
3.1	Tilstand i innløpsbekker og Østensjøvannet	26
3.1.1	Automatiske målinger	27
3.1.2	Resultater fra prøvetakinger	28
3.1.3	Bunndyrprøver	31
3.2	Spredning fra veg	33
3.2.1	Snøprøver	33
3.2.2	Jordprøver	35
3.2.3	ERT-målinger	36
3.3	Undersøkelser av saltskader på vegetasjon	38
3.3.1	Symptomer på saltskader	38
3.3.2	Detaljert beskrivelse av strekningen	39
4	Diskusjon	44
4.1	Forslag til videreføring av prosjektet	45
5	Konklusjon	46
6	Litteratur	47
7	Vedlegg	48

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Store mengder vegsalt, natriumklorid (NaCl) eller magnesiumklorid (MgCl₂), brukes for å gi tryggere kjøreforhold vinterstid. Siden 2013 har det blitt brukt omtrent 7000 tonn natriumklorid (NaCl) hver vinter på det kommunale vegnettet i Oslo (Fig. 1.1). Et av hovedproblemene med vanlig vegsalt er at det ikke brytes ikke ned. Vegsalt kan ha uheldige miljøeffekter som inkluderer sprutskader på vegetasjon langs saltede veger (Pedersen, 2010), permanent sjiktning av innsjøer pga. høyere tetthet av saltholdig vann og forurensning av drikkevannsbrønner i nærheten av veg. I tillegg gir salt rustskader på kjøretøy som ferdes på veiene. På lengre sikt kan endringer i jordkjemi pga. salttilførsler påvirke planter og økosystem i saltpåvirkede områder.



Figur 1.1: Bruk av avisningsmidler i Oslo kommune 2010-2017 (kilde: Bymiljøetaten).

På grunnlag av disse negative effektene og bystyrevedtak fra 2012 om at Oslo kommune skal erstatte vegsalt med mer miljøvennlige alternativer, ønsker Bymiljøetaten å teste ut alternative avisningsmidler på veg- og sykkelvegnettet. Organiske formiat- eller acetatbaserte avisningsmidler har blitt benyttet på flyplasser i flere tiår fordi disse gir mindre korrosjonsskader enn vegsalt, i tillegg til at de brytes ned i naturen. Ulemper med disse stoffene er at de er dyrere og kan redusere oksygeninnholdet i vannresipientene fordi bakterier som bryter ned formiat bruker opp tilgjengelig oksygen. Formiat foretrekkes fremfor acetat fordi oksygenforbruket er mindre enn for acetatnedbrytning. Det vi kaller formiater i avisningssammenheng er salter bestående av en syre (maursyre) og et metall, vanligvis kalium eller natrium. Kalium (K⁺) vil i likhet med natrium og magnesium kunne bindes til jord (adsorberes).

1.1.1 Vann- og avløpsetatens overvåkingsprogram

Prøvetakingsprogrammet som Vann- og avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune har drevet frem til nå har hatt fokus på næringsstofftilførsler for å se etter lekkasjer på spillvannsnettet. Dette påvirker innsjøens eutrofieringsgrad og risiko for oppblomstring av blågrønnbakterier. I Østensjøvannet er det tatt enkeltvannprøver siden 1973, der man med ulik tidsoppløsning har målt oksygen, temperatur (på

forskjellige dyp), turbiditet, ledningsevne, ulike former for nitrogen og fosfor, ulike bakterieprøver (koliforme bakterier) samt metaller som jern, mangan, kalsium, magnesium, kalium, natrium, klorid, sulfat, og aluminium. Noen få prøver fra 1981 av: kadmium, krom, kobber, nikkel, bly, sink og fargetall samt nitrogen og fosfor. Det har blitt utført enkeltmålinger av vannføring og tatt vannkvalitetsprøver i bekkene der fokus har vært på tilførsler av næringsstoff (nitrogen- og fosforforbindelser, samt bakterietall). Dette gir ikke grunnlag for å vurdere hverken vannbalanse eller totale tilførsler eller tap fra Østensjøvannet.

Basert på tilsendte måleserier fra VAV, ser det ut til at det ikke har blitt utført analyser for å se på saltkonsentrasjoner eller andre forurensninger fra veg i disse bekkene. Etter det NIBIO kjenner til har ikke nedbørfeltet til Østensjøvannet blitt kartlagt med tanke på potensielle skader fra tidligere saltforbruk. Selv om det finnes enkeltmålinger av natrium og klorid i vannprøver fra Østensjøvannet ser det ikke ut til at hverken saltkonsentrasjon eller ledningsevne har blitt undersøkt i innløpsbekkene. Ideelt sett skulle det vært gjennomført før-målinger gjennom en hel sesong, men da det var ønskelig fra kommunens side å komme i gang med prosjektet ble det i stedet valgt ut en del kontrollpunkter hvis plassering innebærer at de normalt ikke skal bli påvirket av drift med formiater. Det ble gjennomført enkeltmålinger av vannføring og vannkvalitet på teststedene før overgangen til drift med formiater i begynnelsen av februar. En svakhet med enkeltprøvetaking er at den reelle tilførselen i innløpsbekker og tapet gjennom utløpsbekken ofte underestimeres fordi det ikke nødvendigvis ble prøvetatt når konsentrasjonene var på sitt høyeste.

1.2 Pilotprosjekt for miljøvennlig salting av sykkelveinettet

Byrådsavdelingen for Miljø og Samferdsel har bedt Sykkelprosjektet i Bymiljøetaten om å gjennomføre et pilotprosjekt for miljøvennlig salting av sykkelvegnettet. Middelet som skal testes i prosjektet er et formiat. Formiat brukes blant annet til drift av flyplasser, og skal være mer miljøvennlig og mindre korroderende enn vanlig veisalt. Fordi det er begrenset med erfaring knyttet til bruk av formiater til veidrift, ble det satt i gang et forsknings- og utviklingsprosjekt. Testperiodene er vinteren 2017/2018 (oppstart januar 2018) og vinteren 2018/2019.

I henhold til byrådets bestilling skal FoU-prosjekt ha følgende mål:

Oppnå økt kunnskap om hvorvidt formiater kan erstatte veisalt i drift av sykkelveinettet uten at det går på bekostning av fremkommelighet, trafikksikkerhet og miljø, med formål om å minimere de negative skadevirkningene knyttet til vanlig veisalt.

Delmål 1: Oppnå erfaring med å bruke formiater i drift, herunder hvilke mengder, utleggingsmetoder og frekvens for utlegging som er optimalt for å holde en god driftsstandard under ulike typer værforhold.

Delmål 2: Kartlegge miljøeffektene knyttet til bruk av formiater gjennom litteraturstudier og prøvetakinger av vann, jord og biologi i testområdet.

Delmål 3: Sammenstille fordeler og ulemper ved bruk av formiater med formål om å kunne komme med en anbefaling om hvilken rolle formiater bør ha i driften av sykkelveinettet i Oslo.

Denne rapporten beskriver arbeidet med delmål 2 og er avgrenset til overvåking av tilstand og endringer i tilførselsbekker til Østensjøvannet, både i test- og referanseområder. Effektene på vegetasjon og jord langs utvalgt vegstrekning ble også undersøkt.

Følgende arbeidsoppgaver har blitt utført i prosjektet:

1. Et litteraturstudie som dekker:

Egenskaper ved formiater og mulige miljøeffekter på vann, økosystemer, dyr, planteliv, potensielle helseeffekter samt fordeler og ulemper opp mot vanlig veisalt for Oslo generelt og Østensjøvannet

spesielt. Dette ble utført med basis i vitenskapelige tidsskrift og resultat av prosjekter som for eksempel Vegvesenets Saltsmart, erfaringer fra Oslo lufthavn Gardermoen og kaliumformiat-prosjektet i København. Litteraturstudie er utgitt som en egen rapport.

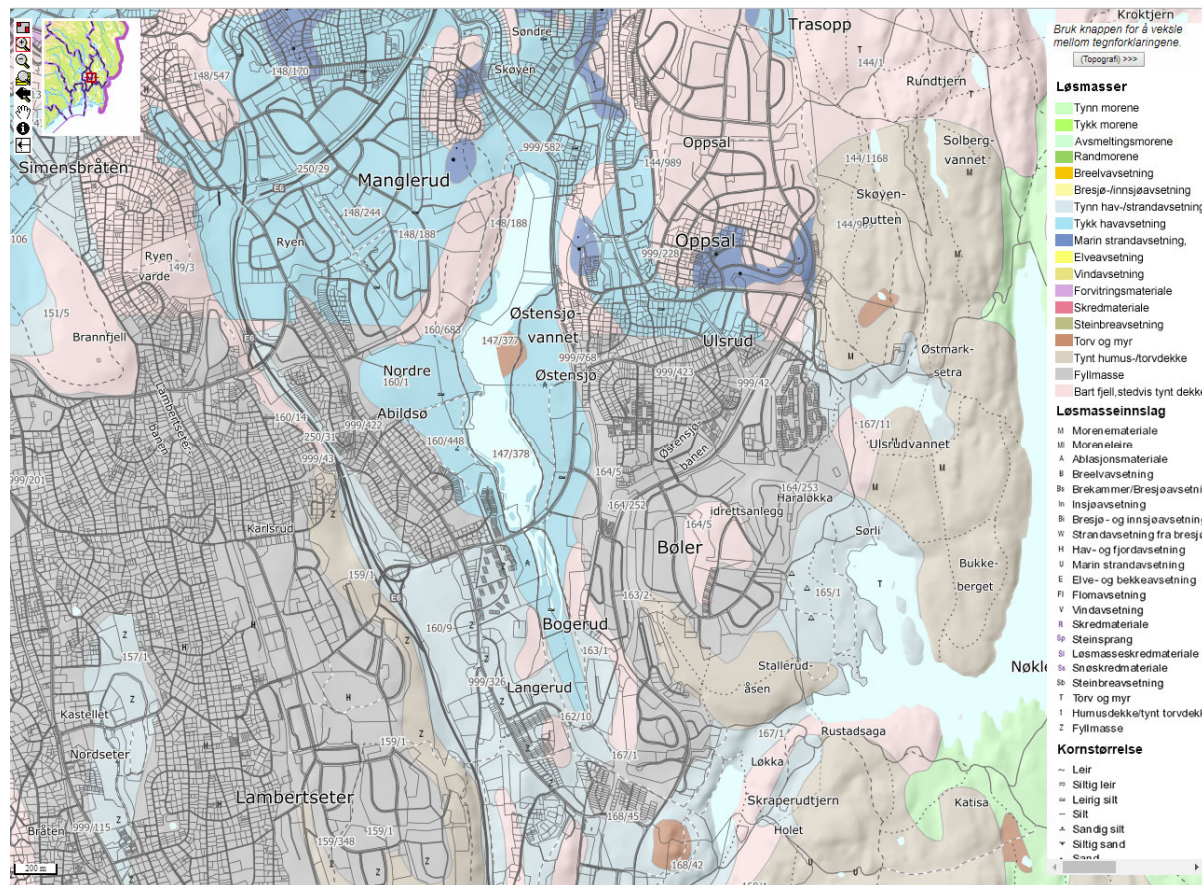
2. Undersøkelser av kjemisk og økologisk tilstand i pilotområdet.

Arbeidet har omfattet feltstudier inkludert overvåkning av vannføring og kjemiske parametere i utvalgte bekker som har utløp i Østensjøvannet, vurdering av utviklingen i bekker og innsjøtilstand basert på historiske målinger utført av Vann og avløpsetaten i Oslo kommune, kartlegging av kjemikaliespredning i snø og jordsmonn, samt effekter på vegetasjon langs Østensjøveien.

Det er lagt opp til muligheten for to faser i dette prosjektet: fase 1 er frem til rapportering høsten 2018, og fase 2 er 2018/2019 basert på resultater av fase 1. Denne rapporten konkluderer derfor med resultater så langt og anbefalinger for aktiviteter i fase II.

1.3 Østensjøvannets referansetilstand

Østensjøveien ble valgt ut som teststrekning for drift med formiat. Veien går langs østsiden av Østensjøvannet, en liten (0,33 km²) og grunn (<3m) innsjø lokalisert i bydel Østensjø i Oslo. Østensjøvannet er lokalisert under marin grense og løsmassene i området består stort sett av tykk havavsetning (lys-mellomblå) og marin strandavsetning (mørk blå) (Figur 1.2).

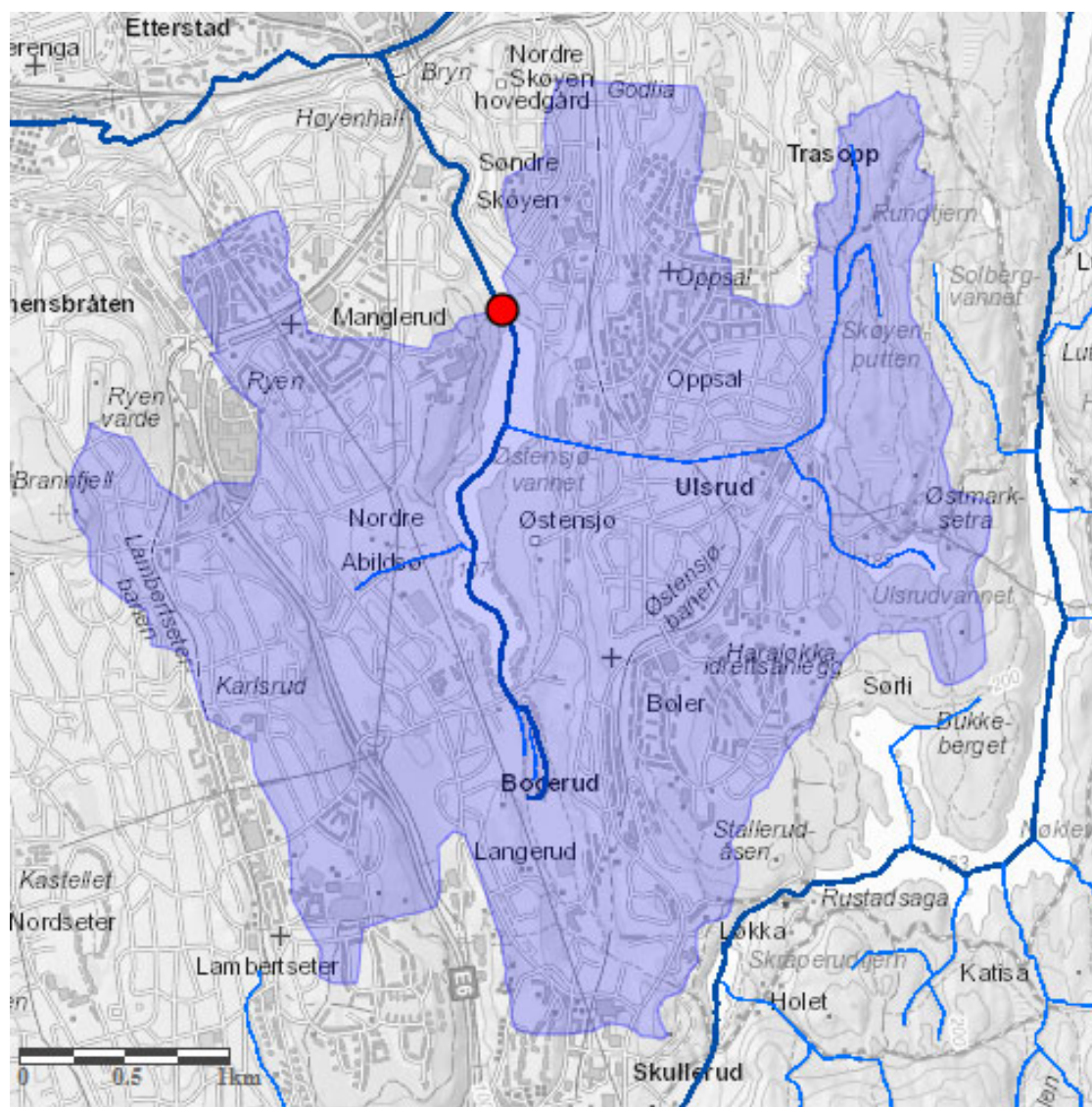


Figur 1.2: Østensjøvannet i Oslo er lokalisert i et område med havavsetninger (lys blå) og strandavsetninger (mørk blå) (ngu.no).

Med et kalkinnhold på > 4-20 mg/l og et humusinnhold på <30 mg Pt/l er Østensjøvannet kategorisert som moderat kalkrik og klar. I følge Vann-nett er den økologiske tilstanden i Østensjøvannet *moderat* (Vann-Nett 2018).

Østensjøvannet og områdene rundt er frodige og artsrike. Østensjøvannet er blant annet et av Norges mest artsrike fuglevann med observasjoner av over 215 ulike fuglearter. Området er også et viktig rekreasjonsområde for gående og syklister. Østensjøvannet ble vernet som naturreservat i 1992 og Oslo kommune opprettet Østensjøområdet miljøpark i 2002.

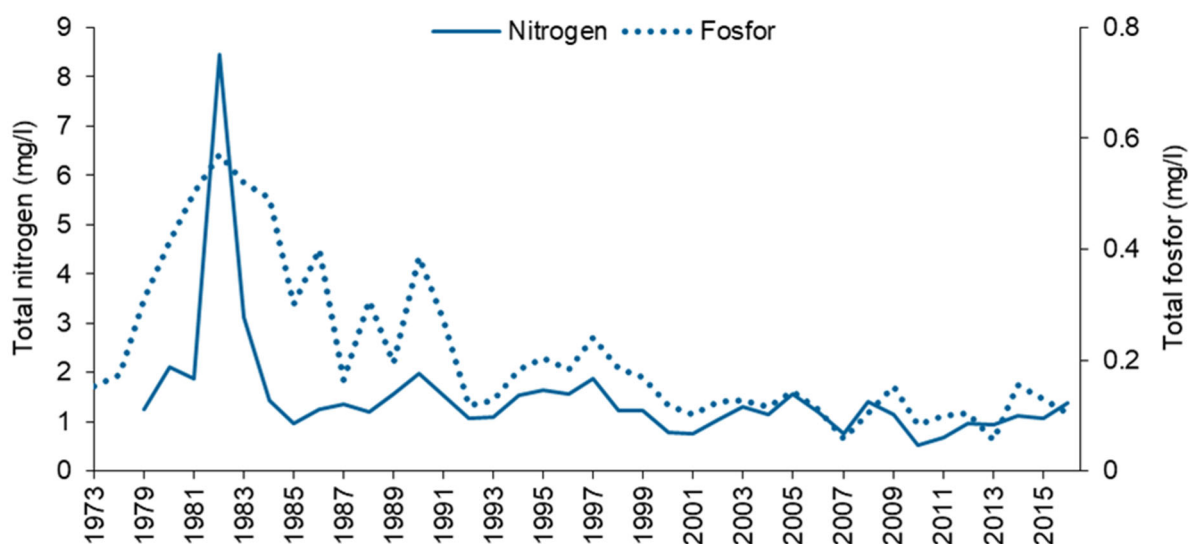
Østensjøvannet blir i stor grad påvirket av avrenning fra transport. Innsjøen mottar blant annet avrenning fra E6 via Smedbergbekken på vestsiden og fra Østensjøveien på østsiden av vannet (Fig. 1.3). I tillegg blir innsjøen i stor grad påvirket av avrenning fra boliger og spillvann. I tillegg til å motta avrenning med salt fra veier mottar også innsjøen og bekkene avrenning fra tettbebygde områder hvor det saltes på innkjørsler, parkeringsplasser osv. Bekkene på østsiden av innsjøen mottar også vann fra Østmarka, f.eks. Ulsrubekken. Gjennom tilførsel av rent vann til bekkene blir konsentrasjonen av salt i vannet redusert, selv om mengden salt som tilføres er den samme.



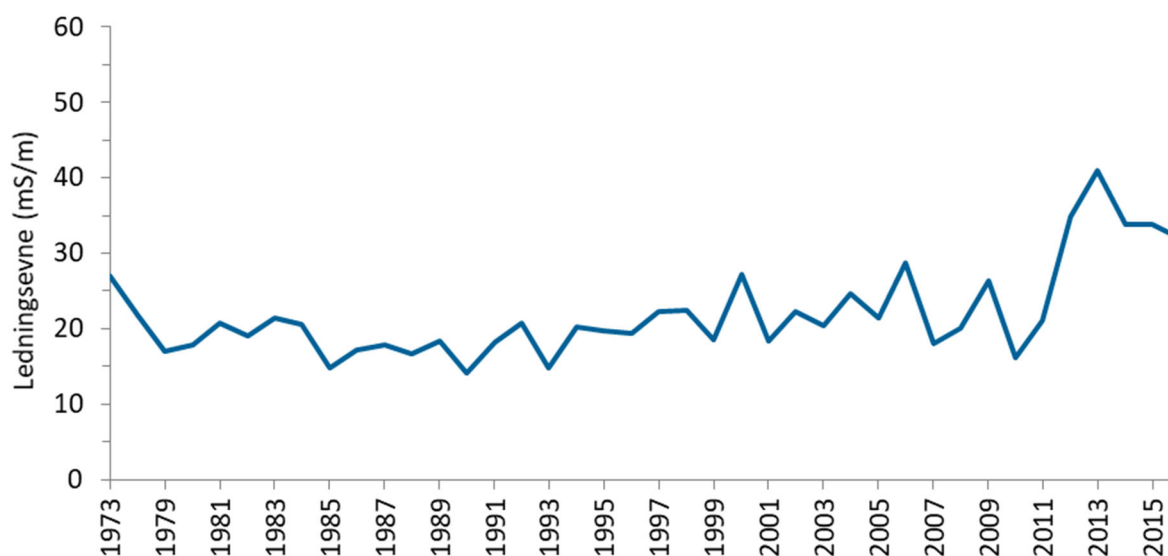
Figur 1.3: Østensjøvannet nedbørfelt generert i NVEs kartverktøy Nevina. Dersom vi ser bort fra drencsystemer som kan fjerne overvann ut av nedbørfeltet via avløpsnett, vil nedbør fra nedbørfeltet vist i blått drenerer mot Østensjøvannet.

Utvikling av næringsinnhold, ledningsevne og oksygeninnhold har vært målt i Østensjøvannet fra 1973 og frem til i dag. Antall målinger og prøvetakingstidspunkt har vært svært varierende derfor har resultatene blitt presentert i ulike figurer (Fig. 1.4-1.7) der prøvetakingsrutiner har vært noenlunde like i hver figur. Fordi det kan være store sesongmessige variasjoner betyr ulike prøvetakingstidspunkt gjennom året at eventuelle trender over tid ikke nødvendigvis er reelle endringer.

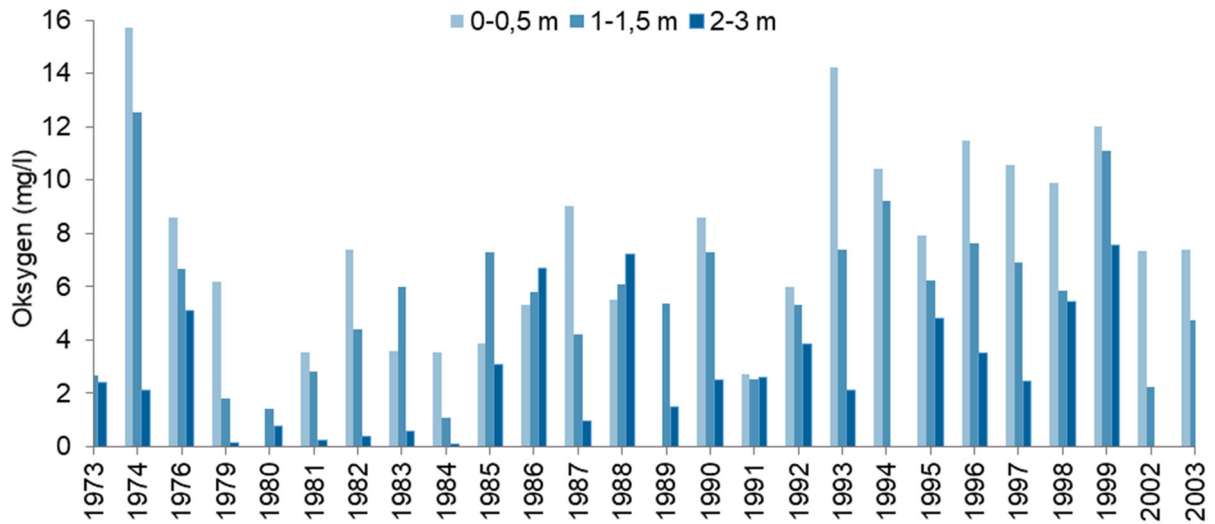
I perioden 1973-2016 har det totale innholdet av næringsstoffer variert mellom 430–13 300 µg/l nitrogen og 25–860 µg/l fosfor (Fig.1.4). Ledningsevnen i vannet har vist tendenser til en svak økning siden 2011, noe som kan tenkes å skyldes salting av veier (Fig. 1.5). Fordi prøvetakingsfrekvensen og tidspunktene har variert kan vi ikke si noe om det har vært en økning eller reduksjon i oksygennivåene, men man ser tydelig at de laveste verdiene har blitt observert i det dypeste laget 2-3 m dyp og kanskje at oksygennivåene jevnt over var bedre i dette laget i 2013 og 2018 (Fig.1.6 og 1.7). Det er forventet at de laveste oksygenkonsentrasjonene er i det dypeste laget da det er her organisk materiale brytes ned og isdekket vann hindrer sirkulasjon drevet av vind.



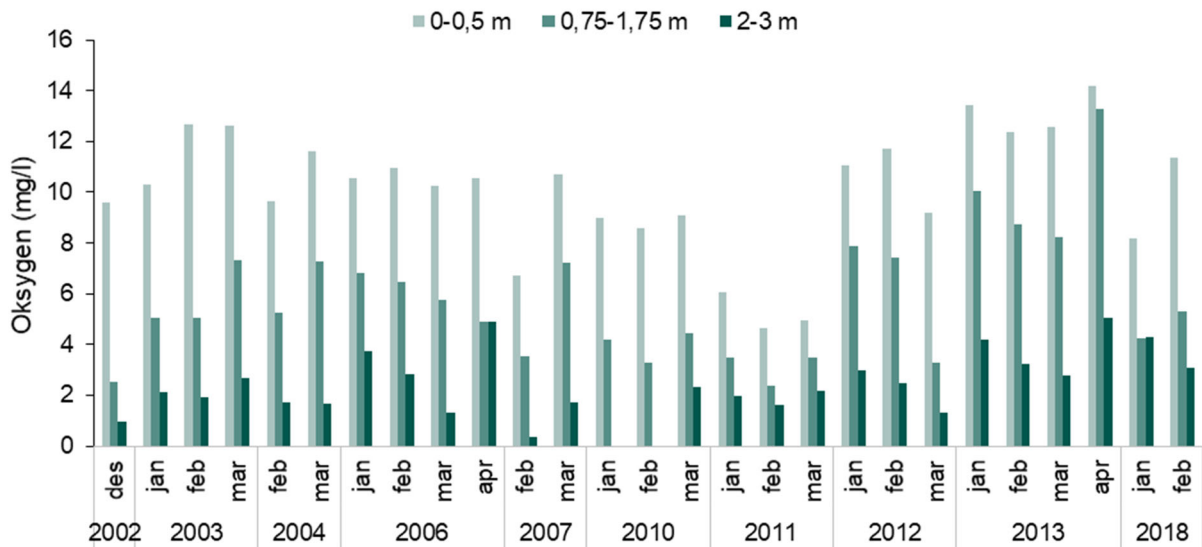
Figur 1.4: Utvikling i gjennomsnittlig innhold av nitrogen og fosfor i Østensjøvannet i Oslo 1979-2016.



Figur 1.5: Utvikling i ledningsevne i Østensjøvannet, målt ved ujevne tidspunkt i perioden 1979-2016.



Figur 1.6: Gjennomsnittlig oksygeninnhold ved ulike dyp (m) i Østensjøvannet 1973-2003. Antall målinger per år har variert mellom 1 og 11 målinger per år.

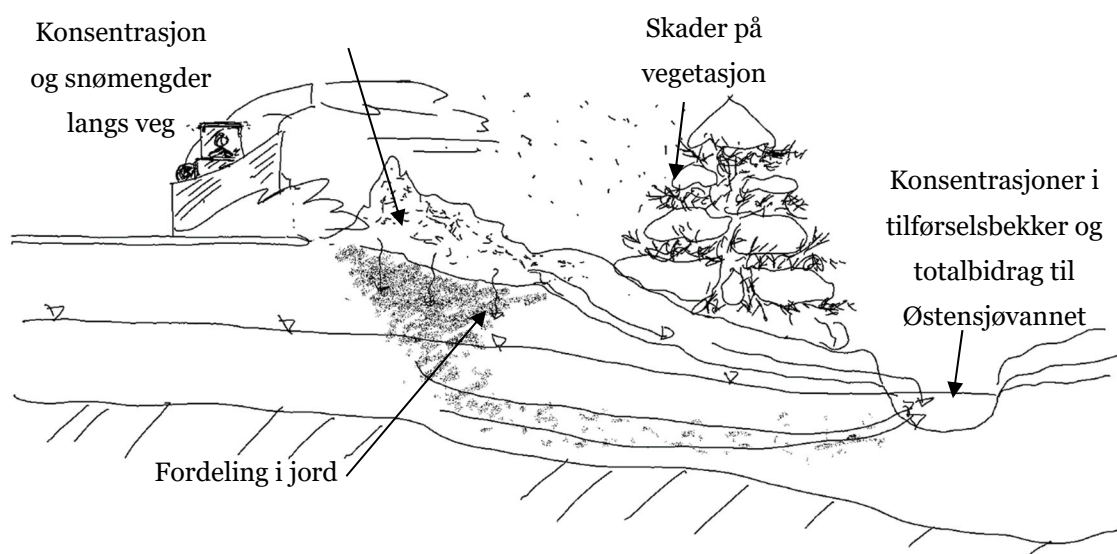


Figur 1.7: Oksygeninnhold målt i vintermånedene (januar-april) ved ulike dyp i Østensjøvannet i perioden 2002-2018.

2 Metoder

Effekter av salting av veger med NaCl /MgCl₂ er ikke studert spesielt i nedbørfeltet til Østensjøvannet tidligere. Før formiat ble tatt i bruk som avisningsmiddel ble multiparametersensorer og automatiske loggere installert i innløpsbekkene til Østensjøvannet. Ettersom det var forventet at mye av saltet raskt ville vaskes ut i bekkeløpene ble disse systemene prioritert i undersøkelsene. Det ble bestemt at salting med NaCl og MgCl₂ skulle fortsette inntil ca. 1 måned etter at den kontinuerlige overvåkingen hadde startet opp slik at førtilstanden kunne kartlegges. I tillegg til kontinuerlig overvåking ble det tatt vannprøver både før og etter formiat hadde blitt tatt i bruk som avisningsmiddel. For å dokumentere eventuelle effekter på biologien ble det også utført bunndyrundersøkelser.

Fordi planter både kan påvirkes av sprutskader og endringer i den kjemiske og fysiske tilstanden i jorda, ble det lagt opp til prøvetaking på egnede lokaliteter der vi undersøkte spredning av NaCl/MgCl₂ og formiat i jord og snø med økende avstand fra veg og ved ulike dyp (Fig 2.1). Fordi vannhastigheten i bekker er mye høyere enn vannhastigheten i jord, vil salter som infiltrerer i grunnen ha lengre oppholdstid i leirjorda enn i bekkene (Fig. 1.2). Det er dette saltet som eventuelt kan påvirke plantene gjennom røttene i vekstsesongen. En oversikt over hva som ble overvåket, med hvilken metode og begrunnelse er beskrevet nærmere i dette kapittelet.



Figur 2.1: Et av målene med prosjektet er å kartlegge hvordan avisingskjemikaliene spres i veiens nærrområder, og om konsentrasjonene er kritiske for planter langs veg og dyreliv i bekkene.

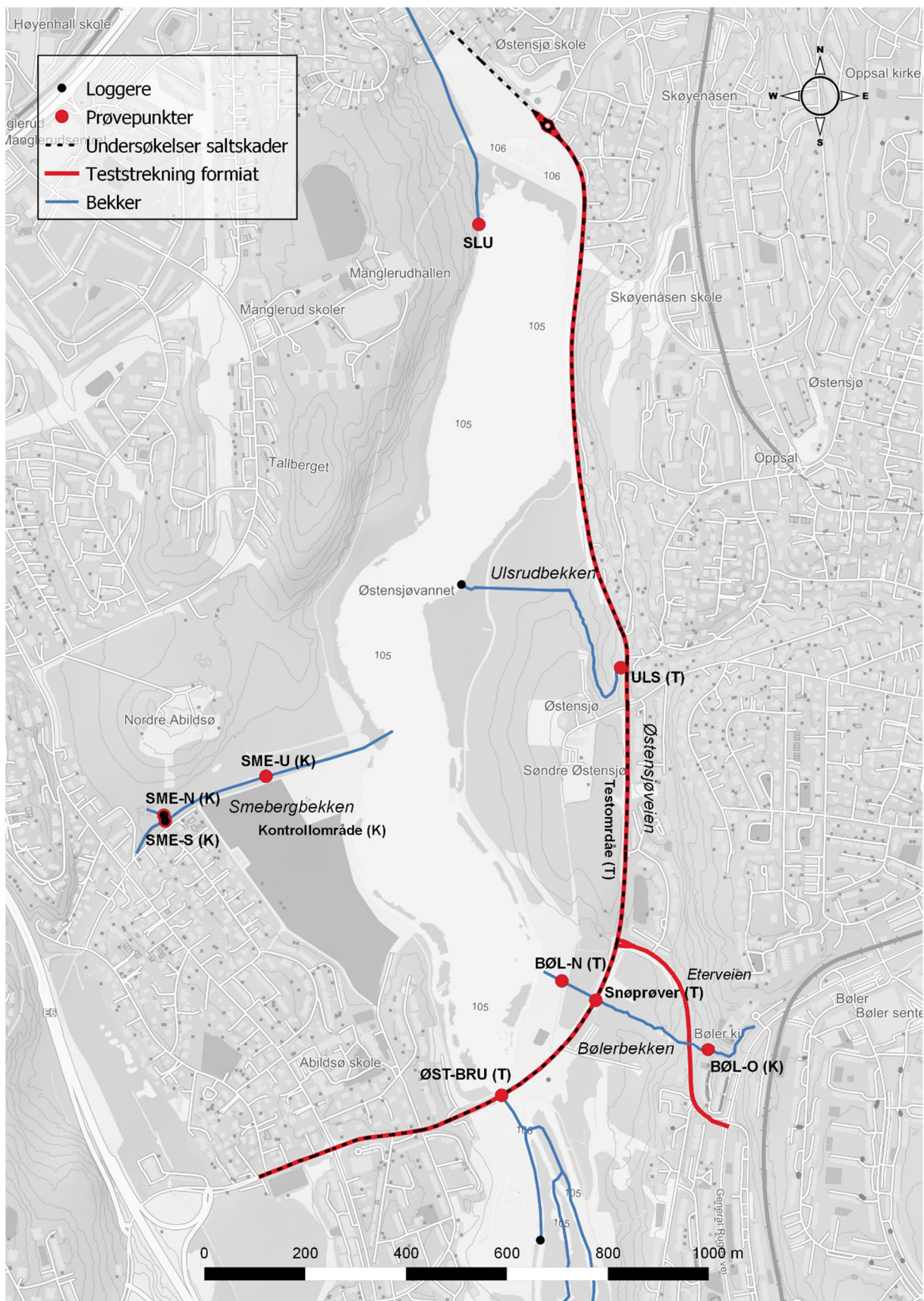
I samarbeid med Bymiljøetaten og entreprenørene som utførte snøbrøyting og påføring av avisingskjemikalier, ble totalforbruket av vegsalt eller formiatbaserte salter brukt i nedbørfeltet per dag registrert. Det ble også gjort notater av snø- og klimaforholdene på dager da kjemikalier ble påført. Dette ble for øvrig rapportert til Bymiljøetaten som en del av pilotprosjektet.

2.1 Prøvetakingspunkter

Tabell 2.1 viser stasjoner brukt til prøvetaking og plassering av utstyr. Smedbergbekken og stasjonen oppstrøms i Bølerbekken ble brukt som referansepunkt da det i utgangspunktet ikke skulle brukes formiat på vegstrekningen på vestsiden av Østensjøvannet og øst (oppstrøms) for Eterveien. Figur 2.2 viser alle prøvetakingslokalitetene beskrevet i Tabell 2.1.

Tabell 2.1: Beskrivelse av prøvetakingslokaliteter og metoder.

Lokalitet	Punkt	Beskrivelse	Formiat	Metode
Smedbergbekken	SME-U	Etter samløpet	Nei	Vannprøver
				Multiparametersensor
				HOBO U24-001 Ledningsevnelogger
	SME-N	Nordre bekkeløp	Nei	Vannprøve
	SME-S	Søndre bekkeløp	Nei	Vannprøve
Østensjøvannet	SLU	Utløpet av Østensjøvannet	Ja	Vannprøver
Bølerbekken	BØL-O	Oppstrøms Eterveien	Nei	Vannprøver
				Multiparametersensor
				Bunndyrundersøkelser
	BØL-N	Nedstrøms Eterveien	Ja	Vannprøver
				Multiparametersensor
				Bunndyrundersøkelser
Ulsrubekken	ULS	Nedstrøms Østensjøveien	Ja	Vannprøver
				HOBO U24-001 Ledningsevnelogger
Bogerubekken			Nei	HOBO U24-001 Ledningsevnelogger
Østensjøveien	ØST-BRU	Under brua i Østensjøveien i sørenden av Østensjøvannet	Ja	Vannprøver
				Snøprøver
				Jordprøver
				Undersøkelser av saltskader på vegetasjon



Figur 2.2: Kartet viser Østensjøvannet i Oslo kommune og teststrekningen for bruk av formiat, vegstrekningen som ble undersøkt for saltskader på vegetasjon samt punkter for prøvetaking og plassering av loggere. Kontroll- og testområder er merket med K og T henholdsvis. Multiparametersensorer er plassert ved SME-U, BØL-N og BØL-O.

2.2 Befaring

Det ble utført en feltbefaring 5. januar 2018 med deltagere fra NIBIO, NMBU, Oslo kommune Bymiljøetaten og Vann og avløpsetaten samt leder for Østensjøvannets venner (Fig. 2.3, 2.4, 2.5). Dette ble gjort for å lage en god og detaljert plan for utsetting av loggere og feltarbeidet utover vinteren og våren. Formålet med feltbefaring var å kartlegge generelle forhold i feltet, topografi, avrenningsforhold, hvilke vegger som skulle saltes med vanlig vegsalt, og hvilke som skulle saltes med formiatbaserte kjemikalier, tilgjengelighet for utstyr (tilgang på strøm, synlighet av utstyr), samt klarlegge hvilke punkter som var best egnet for installasjon av automatiske multiparametersensorer, vannprøvetaking mm.



Figur 2.3: Feltbefaring oppstrøms (venstre) og nedstrøms (høyre) i Bølerbekken.



Figur 2.4: Feltbefaring under brua i sørenden av Østensjø-vannet (venstre) og ved prøvetakingspunkt for avrenning direkte fra veg (høyre).



Figur 2.5: Utløpet av Østensjøvannet (Slurpen).

2.3 Målinger i vann

2.3.1 Automatiske målinger

Det ble satt opp tre multiparametersensorer for kontinuerlig overvåking av ledningsevne, oksygen, redoksforhold, pH og turbiditet, vannhøyde og vanntemperatur i Bølerbekken og Smedbergbekken (Tabell 2.2, Fig. 2.6 og 2.7). Med automatiske målinger med høy tidsopløsning blir det enklere å se sammenhenger mellom aktivitet på vei (veisalting og trafikk) og effekter på vannet. Dette må også sees i sammenheng med vannføringen.

Tabell 2.2: Metoder for kontinuerlig overvåking i innløpsbekkene til Østensjøvannet.

Metode	Lokalitet	Parameter	Beskrivelse
Muliparametersensor	SME-U BØL-O BØL-N	Turbiditet	Forekomst av partikler i vann. Mye partikler = Høy turbiditet. Det er ikke forventet at formiat påvirker turbiditet.
		pH	Mål på surhet i vann. Nedbrytning av formiat i jord kan føre til endringer i pH.
		Ledningsevne	Totalkonsentrasjon av ioner. Mye salt eller formiat = høy ledningsevne.
		Oksygen	Målt som oksygenmetning og total konsentrasjon. Nedbrytning av formiat forbruger oksygen.
		Redoksforhold	Indikator for nedbrytning av formiat og endrede oksygenforhold i vannet.
		Vanntemperatur	Det er ikke forventet at formiat påvirker vanntemperaturen.
		Vannhøyde	Perioder med nedbør medfører at veiene blir saltet og avisningsmidlene vaskes ut til bekkene. Samsvarer ofte med målt ledningsevne og turbiditet.
Manuell logger	SME-S SME-N Ulsrubbekken SME-U Bogerudmyra	Vannhøyde	
		Ledningsevne	
		Vanntemperatur	

Turbiditet er et mål på mengden av reflektert lys fra partikler som ikke er oppløst i vannfasen, og turbiditeten øker i takt med mengden lys som reflekteres tilbake. Turbiditet sier noe om partikkeltransport som kan skyldes både partikkelforensning fra veg, men også erosjon i og langs bekkenes sideskråninger.

Oksygen er en viktig indikator for nedbrytningen av formiat. Oksygen er viktig for å klarlegge om nedbrytning av formiat gir mindre oksygen i bekevannet eller i bunnvannet i Østensjøvannet. Både konsentrasjon og metningsgrad ble målt. **Redoksforhold** gir mye av det samme som oksygen, men har en annen skala for følsomhet.

Ledningsevne (EC) er en god indikator for total mengde salt. Fordi **pH** kan variere både med formiat og saltbruk, og også reflektere oksygentilstand, er den en indikator for påvirkning av ulike kilder og ble derfor også målt kontinuerlig. Luft og **vanntemperatur** er viktige tilstandsmarkører med hensyn til salt og hvilke organismer det er sannsynlig å finne i vannet. **Vannhøyde** gir indirekte informasjon om vannføring og gir vannføringen direkte om det måles overløp over V-spor.

For on-line målinger på stasjonene ble det benyttet logger av typen SEBA LogCom-2 logger og multiparametersensor av typen SEBA MPS-D8 sonde (Fig. 2.6). LogCom-2 er tilpasset frittstående plassering med strømforsyning fra en enkel batteripakke. MPS har sensorer for måling av vannhøyde, vanntemperatur, ledningsevne, pH og turbiditet. For turbiditet brukes det sensorer med måleområde 0-1000 NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Målinger i intervallet 0-3 NTU vil ikke være helt nøyaktige. I det laveste måleområdet vil resultatene derfor kunne vise mindre forskjeller mellom oppstrøms og nedstrøms sensor, uten at dette er reelle forskjeller. Sensorer som måler redoksforhold og oksygeninnhold ble installert i april 2018.



Figur 2.6: Multiparametersensor for automatisk overvåking av vannkvalitet.

Loggerne programmeres for ønsket måleintervall og, tidspunkter for overføring og navn på stasjon. På stasjonene utføres det automatiske målinger med MPS hvert 30. minutt og data sendes til server for presentasjon på egen nettbasert portal for overvåkingsdata 2 ganger i døgnet. Oversikt over innsamlede data oppbevares hos NIBIO og rådata er tilgjengelig på overvåkingsiden: <http://bioweb08.bioforsk.no/seba/projects/login.php> (krever innlogging).



Figur 2.7: Automatisk multiparametersensorer installert i felt i Bølerbekken oppstrøms (BØKL-O) til venstre, og Bølerbekken nedstrøms (BØL-N) til høyre

Det ble valgt å sette ut en kombinasjon av automatiske sensorer med manuell og elektronisk dataoverføring med høy tidsoppløsning. Med kontinuerlige målinger er det enklere å se sammenhenger mellom aktivitet på vei (veisaltning og trafikk), vannføring og effekter på vannkvaliteten. Fire HOBO-loggere ble plassert ut for å logge vannhøyde, ledningsevne og vanntemperatur over tid (Fig. 2.8). Sensorene med loggerne ble festet til en betongstein, slik at de ble liggende på samme sted og ikke nede i sedimenter. Loggerne ble også festet til trær eller til installasjoner på land med nylonrep.



Figur 2.8: Logger med betongstein (venstre) som er festet godt med hyssing til en bro i sørenden av Østensjøvannet (høyre).

2.3.2 Vannkjemi

For å få en oversikt over den kjemiske tilstanden i tilløpsbekkene og mengden avisningsmidler som transporteres til Østensjøvannet ble det tatt vannprøver omtrent månedlig fra februar til mai. Det ble tatt vannprøver i Bølerbekken, Smedbergbekken, Ulsrubekken, ved Slurpen og under brua i Østensjøveien i sørenden av Østensjøvannet. Datoer for prøvetaking ved de ulike lokalitetene er satt opp i tabell 2.3. Vannprøvene ble sendt inn til Eurofins Environment Testing for analyse. I tillegg til flere fysisk-kjemiske parametere (Tabell 2.2) ble vannprøvene analysert for de viktigste komponentene i avisningsmidlene som ble brukt på vegene ved Østensjøvannet gjennom vinteren; formiat, klorid, natrium, og magnesium. Kjemisk oksygenforbruk gir et mål på hvor mye kjemisk nedbrytbart organisk stoff det er i vannet, der formiat er en del av dette. Tilførsel av næringsstoffer (nitrogen og fosfor) og organiske komponenter fra boliger og spillvann (kloakk) påvirker også oksygenforbruket og den økologiske tilstanden i vannet. For å få en oversikt over belastningen fra avrenning fra veg ble det også analysert for en rekke metaller forbundet med vegforurensning (Tabell 2.4).

Tabell 2.3: Datoer for prøvetaking ved lokalitetene i innløpsbekkene (BØL-O, BØL-N, SME-U, SME-S, SME-N), utløpet av Østensjøvannet (SLU) og under brua i Østensjøveien i sørenden av Østensjøvannet (ØST-BRU).

Dato	BØL-O	BØL-N	SME-U	ULS	SLU	SME-S	SME-N	ØST-BRU
23.01.2018	x	x	x	x		x	x	
31.01.2018	x	x	x	x				x
18.02.2018								x
12.03.2018	x	x	x	x				x
26.03.2018								x
12.04.2018	x	x	x	x	x			
15.05.2018	x	x	x	x	x			

Tabell 2.4: Parameterliste for analyser av vannprøver tatt januar-mai 2018.

	Parameter	Beskrivelse
Fysisk og kjemiske parametere	Formiat	Hovedkomponent i formiatbaserte avisningsmidler
	Natrium (Na)	Hovedkomponent i vegsalt (NaCl) og brukes i natriumformiat
	Magnesium (Mg)	Hovedkomponent i vegsalt (MgCl ₂)
	Klorid (Cl)	Hovedkomponent i vegsalt (NaCl/MgCl ₂)
	Kjemisk oksygenforbruk (KOF)	Mål på mengde kjemisk nedbrytbart stoff i vann. Nedbrytning av formiat forbruker oksygen.
	Ledningsevne	Innhold av ioner i vannet. Høyt innhold av formiat/vegsalt øker ledningsevnen.
	pH	Nedbrytning av formiat kan føre til endringer i pH.
	Fargetall	Innhold av humus og metaller som jern kan gi økt fargetall
	Alkalinitet	Vannets evne til å nøytralisere syre
	Turbiditet	Mål på innhold av partikler i vannet.
	Suspendert stoff	Innhold av partikulært materiale
	Total organisk karbon (TOC)	Innhold av organiske (karbonbaserte) stoffer i vannet.
Næringsstoffer	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	Tilførsel av næringsstoffer (nitrogen og fosfor) og organiske komponenter fra boliger og spillvann påvirker også oksygenforbruket og den økologiske tilstanden i vannet.
	Total Fosfor (P)	
	Total Nitrogen (N)	
	Nitrat (NH ₃)	
	Nitrat + Nitritt (NH ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻)	
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	
Metaller	Aluminium (Al)	Metaller forbundet med vegforurensning
	Arsen (As)	
	Barium (Ba)	
	Bly (Pb)	
	Jern (Fe)	
	Kadmium (Cd)	
	Kalium (K)	
	Kalsium (Ca)	
	Kobber (Cu)	
	Kobolt (Co)	
	Krom (Cr)	
	Kvikksølv (Hg)	
	Mangan (Mn)	
	Molybden (Mo)	
	Nikkel (Ni)	
Sink (Zn)		

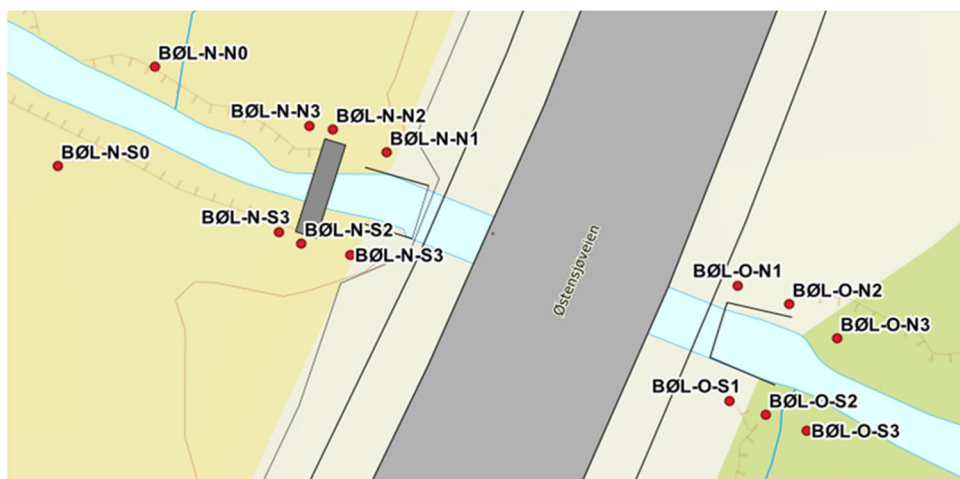
2.4 Spredning fra veg

2.4.1 Snøprøver

For å kunne si noe om spredning og konsentrasjoner av formiat og snø ut i vegkanten ved salting (Fig. 2.1) ble snøprøver tatt 12.03.2018 (Fig. 2.9). Konsentrasjonene målt i snø sier noe om maksimalkonsentrasjon som kan forventes i nærheten av vei pga salting. Det ble brukt en snøsylander med målene 10 cm i diameter og 100 cm i lengde. Prøvene ble tatt i ulik avstand til veikanten på hver side av Østensjøveien (oppstrøms og nedstrøms Bølerbekken), og hver side av Bølerbekken (nord og sør) (Fig. 2.10). Prøvene ble veid og smeltet i poser på laboratoriet på NIBIO. Ledningsevne i smeltevannet ble målt dagen etter. Prøvene nærmest veien ble i tillegg analysert for ulike kjemiske parametere vist i vedlegg 7.4. Avstanden til vei ble målt fra fortauskanten mot veien.



Figur 2.9: Snøsylander (venstre) og snøprofil (høyre) i brøytekanten langs Østensjøveien 12.03.2018.



Figur 2.10. Punkter for prøvetaking av snø.

2.4.2 Jordprøver

Fordi høyere saltkonsentrasjon i jord kan ha negative effekter på planter etter smeltesesongen er det viktig å kartlegge dette. Saltet som lagres i jorda vil også før eller senere nå bekk eller innsjø (Fig. 2.1) og kunne bidra til konsentrasjonene her, selv om dette som regel vil være svært forfynnet. Som beskrevet tidligere vil kjemikalier som har infiltrert i grunnen forbli der i svært lang tid, spesielt der det er mye leire i grunnen slik det er ved Østensjøvannet. Det er derfor interessant å analysere jorda for ulike kjemiske og fysiske egenskaper samt innhold av både vanlig vegsalt (NaCl/MgCl₂) og formiatbasert vegsalt (NaFo). Jordprøver ble tatt ved ulike dyp i februar og mai 2018 (Tabell 2.5). Prøvene ble tatt med spade og dybden for hver prøve ble registrert. Prøvene ble sendt til Eurofins Environment Testing for analyse. Prøvene ble analysert for formiat, natrium, klorid, basekationer, kationebyttekapasitet (CEC), kornfordeling og tørrstoff samt en rekke metaller/miljøgifter som er vanlig å finne i avrenning fra veg. Fordi formiat forventes å brytes ned, ble jordprøvene lagret kjølig og analysert så raskt som mulig. Full parameterliste er oppgitt i vedlegg 7.5.

Tabell 2.5: Dato for jordprøvetaking av jord

Lokalitet	Dybde	06.02.2018	15.05.2018	28.05.2018
A	6-10 cm	X	X	
A	15-18 cm	X	X	
B	0-4 cm	X	X	
B	8-10 cm	X	X	
C	0-4 cm			X
C	18-20 cm			X
D	0-4 cm			X
D	18-20 cm			X

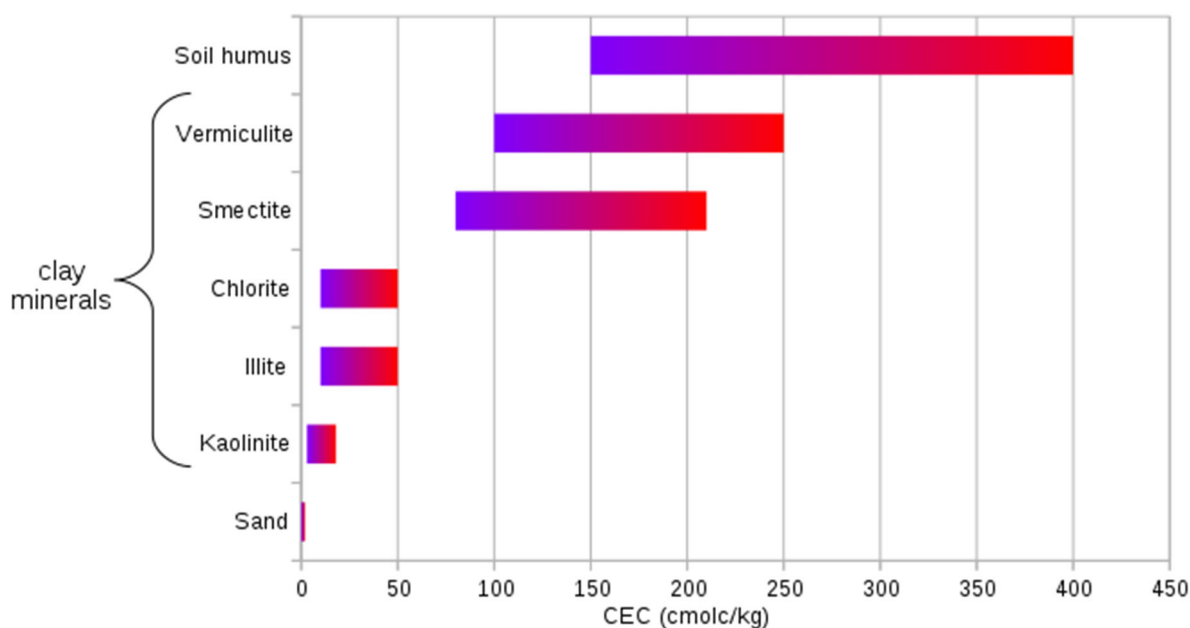
Vannledningsevnen sier noe om hvor raskt vann kan transporteres gjennom jorda. Generelt vil jord med høy vannledningsevne kunne infiltrere større mengder forurenset vegvann, men vegsaltet blir også lettere vasket ut med rent vann.

Jordpartiklenes diameter (kornfordeling) og organisk innhold sier noe om jordstruktur som er viktig for å vurdere vannets oppholdstid i jorda. Den mettede vannledningsevnen K_s (hydraulisk ledningsevne) ble beregnet ut fra kornstørrelsesfordelingen med Hazen's likning (se f.eks. Schwartz og Zhang, 2003).

$$K_s = C_H d_{10}^2 \quad (1)$$

Der K_s vannledningsevnen [m/s], C_H er en empirisk konstant, vi brukte 0,0116 [0.0001/ms], og d_{10} er partikkeldiameteren [mm] som angir ved hvilken størrelse 10% av materialet er finere.

Kationbyttekapasitet (CEC) måler jordas bindingskapasitet for kationer. De vanligste kationene i jord er kalium (K⁺), natrium (Na⁺), magnesium (Mg²⁺), og kalsium (Ca²⁺). Fordelingen mellom kationene vil bli undersøkt spesielt for å kunne si noe om jordas evne til å binde kationdelen fra avisningssaltene i jorda. Enkelte kationer bindes svakere til jordpartikler og har lettere for å bli byttet ut med andre sterkere bundet kationer. Denne fordelingen mellom kationene har betydning for for tilgjengelighet av plantenæringsemner som bindes til de samme plassene. Forholdet mellom ulike ioner kan også gi en indikasjon om historisk belastning av salt. Anionene klorid (Cl⁻) og formiat kan si noe direkte om eksponering av avisningskjemikalier. Generelt er det gunstig for jordas tilbakeholdelse av forurensninger fra veg at CEC er høy. Typiske CEC-verdier for sand, ulike leirmineraller og humus er gitt i figur 2.11.



Figur 2.11: Kationbyttekapasitet i ulike jordarter (hentet fra: https://en.wikipedia.org/wiki/Cation-exchange_capacity)

For å vurdere graden av forurensning ble resultatene fra jordprøvene med ble tilstanden i jorden vurdert etter veilederen (Tabell 2.6) utgitt av Statens Forurensningstilsyn i 2009 (SFT 2009).

Tabell 2.6: Tilstandsklasser for forurenset grunn og beskrivelse av tilstand (SFT 2009).

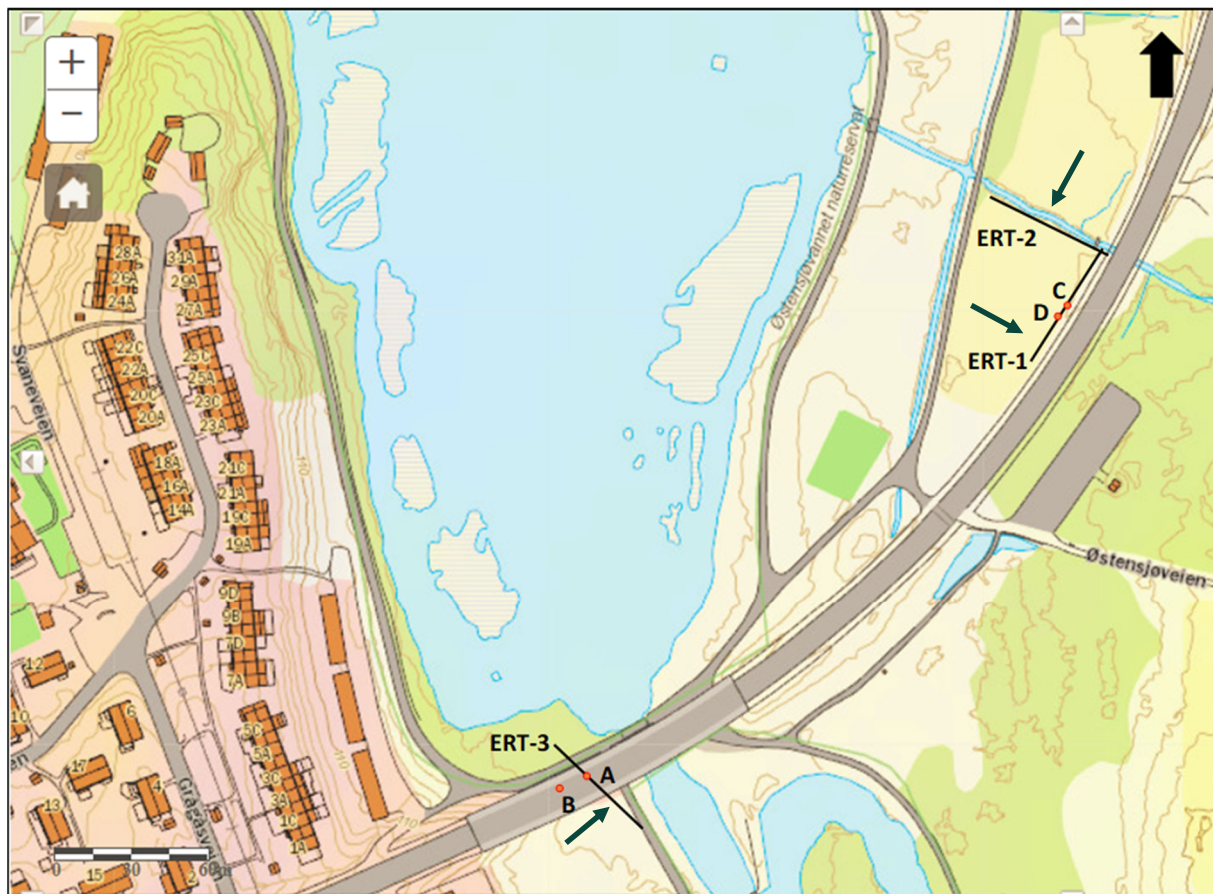
Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Nivå som anses å være farlig avfall

2.4.3 Elektrisk resistivitetstomografi (ERT)

Når det tas jordprøver får man bare en punktmåling av jordas egenskaper. Med elektriske resistivetsmålinger (ERT), kan man få et sammenhengende bilde av jordas elektriske ledningsevne – som igjen henger sammen med både leirinnhold, vanninnhold og innhold av vegsalt. Metoden kan brukes til å kartlegge hvordan avisningskjemikalier spres fra vegen og gjennom jorda. Med elektriske resistivetsmålinger måles jordas motstand/resistivitet. Lav resistivitet betyr høy elektrisk ledningsevne. Dersom vi kan anta at jordtypen og jordfuktigheten er relativt lik der vi utfører målingene kan vi bruke forskjellene i elektrisk resistivitet til å si noe om påvirkning av salt fordi salt øker ledningsevnen og gir lav resistivitet (se f.eks. Reynolds, 1997).

ERT-målinger ble utført langs tre 47 meter lange transekt som vist i figur 2.12. Det ble benyttet en Syscal Pro (Iris instruments) og Wenner-konfigurasjon for målingene (injeksjon av strøm mA, og måling av elektriske potensial forskjeller mV, 1m mellom elektrodene). ERT-linje nr. 1 ligger parallelt og ca. 2 m fra Østensjøveien (orientering S-N). ERT-linje nr. 2 er plassert vinkelrett på linje 1 og er

parallel med og ca. 1,5 m fra Bølerbekken, med orientering Ø-V. ERT-linje nr. 3 ligger under broen og er vinkelrett på broen. Linjen starter i det myrlendte området ved siden av Østensjøvannet og krysser en tursti og strekker seg under broen der det også er prøvetatt vann som drypper direkte fra veien. Målingene ble utført 08.05.2018 etter at all snøen hadde smeltet. Etter at dataene ble lastet ned, ble vertikale tverrsnitt som viser fordelingen av elektrisk resistivitet modellert med Res2D inv 3.54 (Løke, 2004).



Figur 2.12: Kart viser ERT-profil1-3, der piler indikerer hvilken retning man ser profilet fra, samt lokaliteter for jordprøvetakingen (A, B, C og D).

2.5 Biologiske undersøkelser

2.5.1 Bunndyrprøver

Det ble tatt bunndyrprøver i Smedbergbekken og Bølerbekken (oppstrøms og nedstrøms) 01.02.18 og 11.04.18. Bunndyrprøver ble tatt ved bruk av sparkemetoden (NS-ISO 10870). Det ble benyttet en 25 cm x 25 cm håv med maskevidde på 250 µm. Det ble tatt ut 2-3 delprøver i hver bekk. Det ble sparket i om lag 1 minutt per delprøve over en strekning på < 3 meter per prøve. Bunndyrprøvene ble analysert ved Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI).

Den økologiske tilstanden i bunndyrsamfunnet i bekkene ble vurdert etter ASPT-indeksen (Average Score Per Taxon) som baserer seg på en rangering av bunndyrfamilier etter deres toleranse overfor belastning av organiske stoffer og næringsalter. Toleranseverdiene varierer fra 1-10 der 1 er høyest

toleranse. ASPT-verdien er gjennomsnittlig toleranseverdi for familiene som er representert i prøven (Tabell 2.7).

Tabell 2.7: Klassegrenser for ASPT-verdier i elver (Kilde: Direktoratgruppen Vanndirektivet 2015).

Tabell 5.9 Klassegrenser for ASPT i elver.						
Vanntype	Naturtilstand	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Alle	6,9	>6,8	6,8 – 6,0	6,0 – 5,2	5,2 – 4,4	< 4,4

2.5.2 Vegetasjon

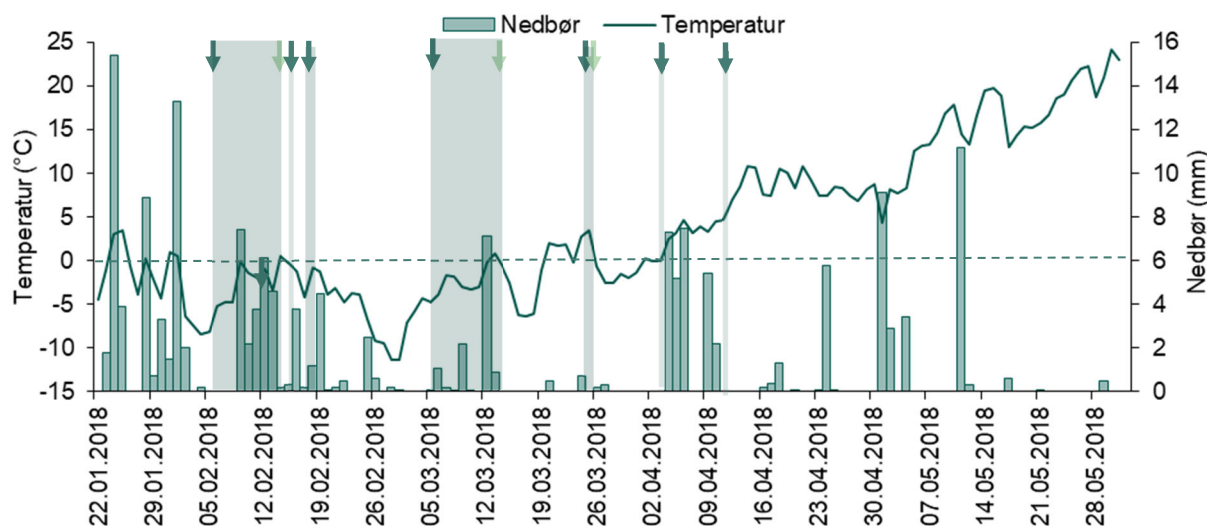
Det er kjent at sprut fra vanlig vegsalt kan gi «sviskader» på vegetasjon langs veg. For å se hvilken effekt formiat hadde hatt på vegetasjonen i vegkanten gjennom vinteren 2018 ble undersøkelser av skader på vegetasjon gjennomført på en streknings langs Østensjøveien (Fig. 2.2) etter snøsmeltingen. Befaringen ble utført av Johanna Skrutvold (NIBIO) og professor Per Anker Pedersen, Institutt for landskapsarkitektur NMBU. Undersøkelsene ble foretatt 29.05.2 da plantene var i vekstfase. Skadeomfang ble vurdert visuelt og utstrekning av skadene ble angitt i avstand fra vegoppmerkingen og høyde over bakken. Avstander ble delvis målt med tommestokk, delvis anslått.

3 Resultater

3.1 Tilstand i innløpsbekker og Østensjøvannet

De automatiske målingene i tilløpsbekkene ga en god oversikt over perioder med snøsmelting og utsmelting av avisningskjemikalier, vist som topper i målt ledningsevne i bekkene. Disse toppene sammenfalt også med perioder med nedbør og påføring av avisningsmidler. Overgangen til formiat var merkbar i vannprøvene med betydelige lavere kloridverdier nedstrøms i Bølerbekken. Formiatkonsentrasjonene var lave i alle bekkene. Ut fra ledningsevnen kan vi si at høye konsentrasjoner trolig kun vil opptre med relativt kort varighet og dermed ha mindre skadepotensiale enn om konsentrasjonene var vedvarende høye. Bunndyrprøvene viste at den økologiske tilstanden i bekkene er uendret etter overgang til formiat.

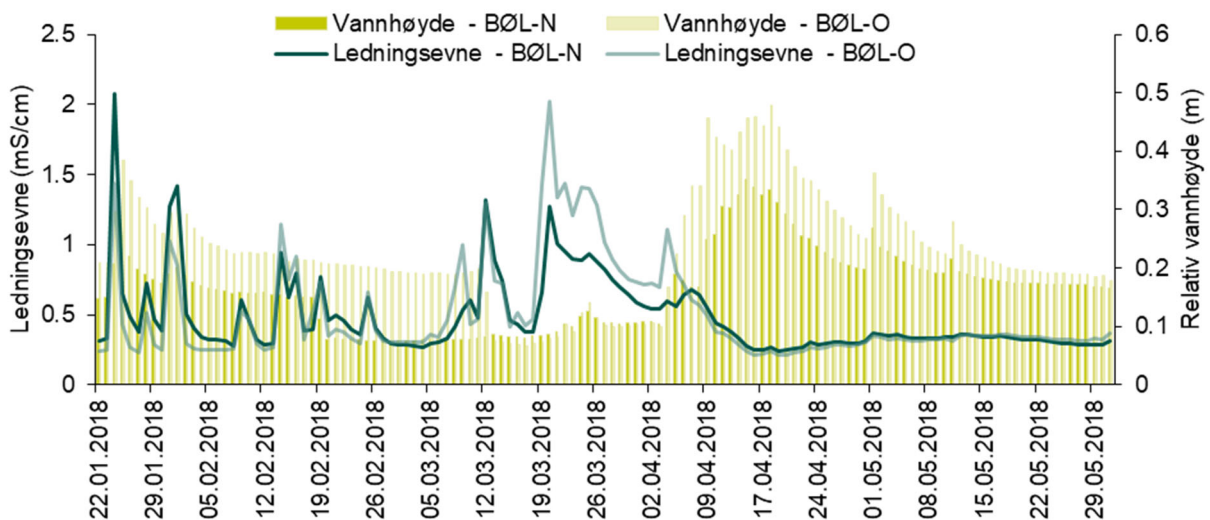
Værforhold er en sterk driver for bruk av avisningskjemikalier. Prosjektet startet opp i januar 2018, og automatiske loggere ble satt ut 22.01. I figur 3.1 er nedbør per døgn samt gjennomsnittlig lufttemperatur målt på Blindern i Oslo vist sammen med når det ble brukt natriumformiat på Østensjøveien. Siste dag for påføring av formiat på veggen var 12.april. Vi har ikke data for når vegnettet ble påført vanlig vegsalt (perioden før 06.02). Pilene som indikerer tidspunkt for avisningskjemikalier viser at det er knyttet til perioder med nedbør og lufttemperatur i nærheten av 0 °C. Totalforbruket av vegsalt på teststrekningen fra oktober 2017 - januar 2018 var 168 tonn, mens totalforbruket av natriumformiat var 21 tonn (tall fra entreprenøren som utførte saltingen).



Figur 3.1: Middeltemperatur og nedbør per døgn ved målestasjonen på Blindern i Oslo i perioden januar til mai 2018. Basert på data fra eklima.met.no. Figuren viser også datoer for påføring av formiat på vegnettet (mørk grønn pil). Mørk grønn pil etterfulgt av lys grønn pil indikerer en lengre periode hvor avisningsmidler har blitt brukt hver dag.

3.1.1 Automatiske målinger

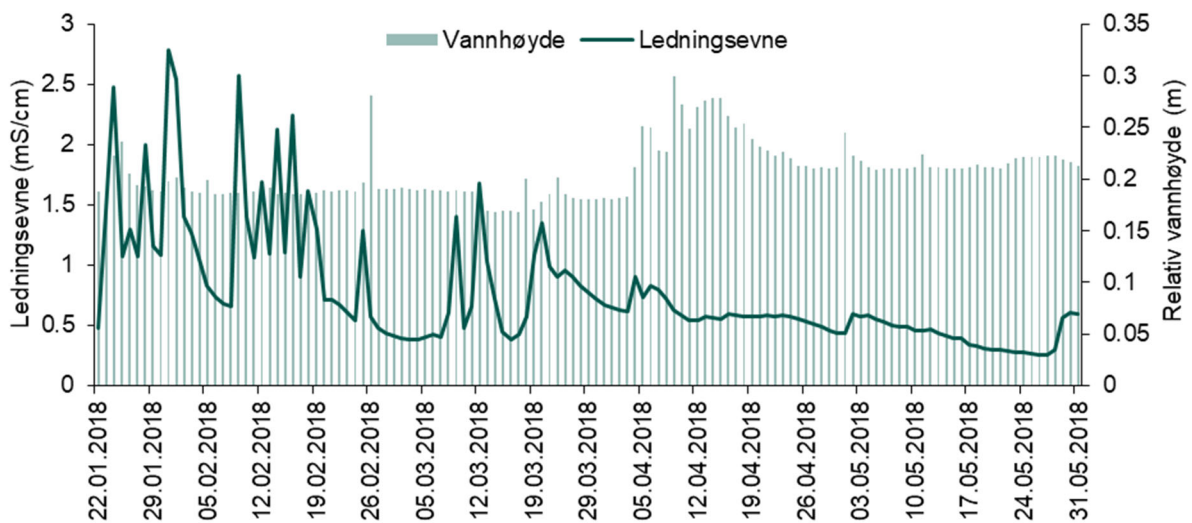
Figur 3.2 viser ledningsevne og relativ endring i vannhøyde oppstrøms og nedstrøms i Bølerbekken fra januar til og med mai 2018. Forskjellen i vannhøyde mellom de to stasjonene skyldes plassering av trykksensoren. Sensoren oppstrøms i Bølerbekken er plassert i en kulvert foran et overløp der det samles mye vann. Målt vannhøyde viser samme mønster oppstrøms og nedstrøms, og viser relative endringer i vannføring gjennom overvåkingsperioden. Det var godt samsvar mellom ledningsevnen målt av de automatiske loggerne og ledningsevnen målt i vannprøvene. Vi kan anta at «bakgrunnstilførsler» av ioner fra nedbørfeltene ligger noenlunde stabilt (for eksempel i Bølerbekken rundt 0,3 mS/cm; jf figur 3.2). De store variasjonen vi ser i ledningsevne gjennom vinter/vår, antas å komme fra vegsalt. Topper i ledningsevnen i bekkene sammenfaller ofte med både nedbør og avisning på vegnettet (Fig. 3.1). Uttak av vannprøver viser at høy ledningsevne sammenfaller med høye konsentrasjoner av klorid (> 1000 mg/l; jf. Vedlegg 7.2). Værdata viser ofte også at mildværsdager kan gi en selektiv utsmelting av avisingskjemikalier fra snø langs veger i nedbørfeltet og dermed en økning i ledningsevnen («first flush»), uten at vi ser en markant økning i vannhøyden (vannføringen) og ingen tilførte kjemikalier den aktuelle perioden.



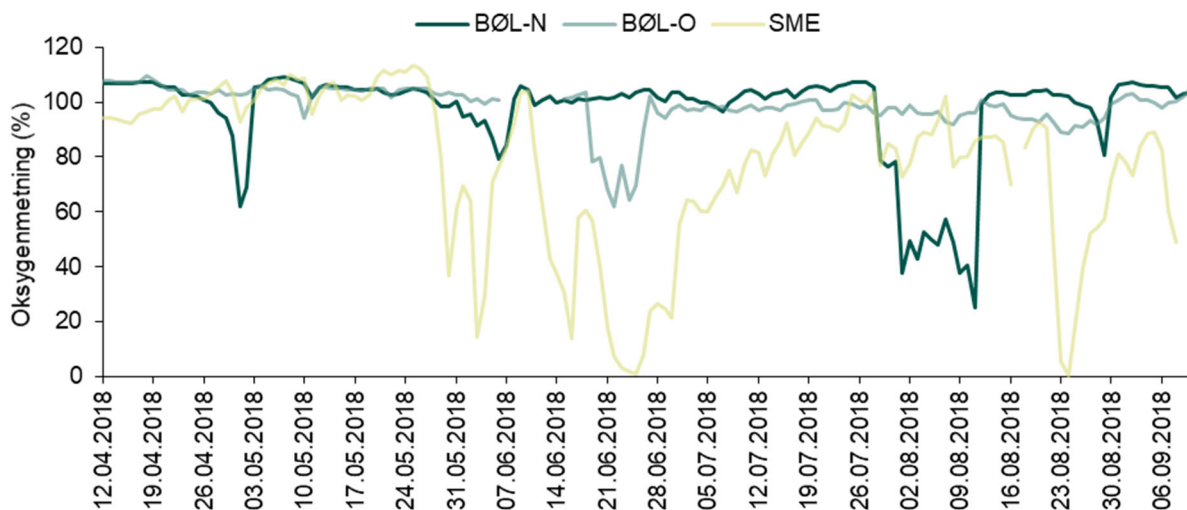
Figur 3.2: Gjenomsnittlig døgnvariasjon i ledningsevne og relativ endring i vannhøyde oppstrøms og nedstrøms i Bølerbekken januar-mai 2018.

Generelt ser det ut til at ledningsevnen har vært noe høyere oppstrøms. Dette kan forklares av at det skjer en fortykning av vegsalt på veien til nedstrømsstasjonen. Denne fortykningseffekten er også tydelig ved høy vannføring. Figur 3.3 viser ledningsevne og relativ endring i vannhøyde i Smedbergbekken.

Høy tilførsel av partikler og lav vannføring i kombinasjon med manglende vedlikehold gjennom sommeren har påvirket målingene av oksygenmetning i bekkene (Fig. 3.4). De tilsynelatende lave oksygenkonsentrasjonene målt i Smedbergbekken i juni og august skyldes mest sannsynlig hovedsakelig tilslamming av sensorene. Den plutselig forhøyede oksygenmetningen i bekken målt rundt 23. august samsvarer godt med en forsinket vedlikeholdsrunder.



Figur 3.3: Gjennomsnittlig døgnvariasjon i ledningsevne og relativ endring i vannhøyde i Smedbergbekken jan-mai 2018



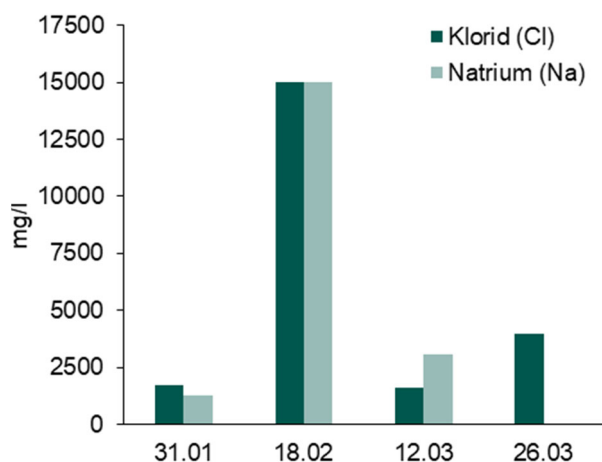
Figur 3.4: Gjennomsnittlig døgnvariasjon i oksygenmetning (%) oppstrøms og nedstrøms i Bølerbekken og Smedbergbekken april-sept. 2018.

3.1.2 Resultater fra prøvetakinger

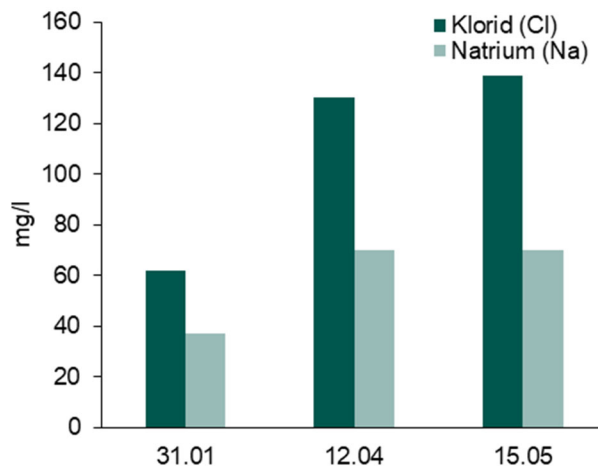
Detaljerte analyseresultater fra vannprøvene tatt i innløpsbekkene er vedlagt i vedlegg 7.2. Konsentrasjoner av natrium og klorid målt i enkeltvannprøver er vist i figurene 3.5-3.7. Figur 3.5 viser vannet målt direkte fra vegen (ØST-BRU). Fortynning med annet vann i nedbørfeltet og i Østensjøvannet gjør at kloridkonsentrasjonene reduseres med en faktor på ca. 10 for hver lokalitet, dette kan sees på at konsentrasjonene gitt på y-aksen er svært ulike.

I prøvene tatt under broen i Østensjøveien (ØST-BRU) var målte natrium- og kloridverdier høyest 18.februar (Fig. 3.9). Dette var uventet da dette var i perioden etter at formiat ble tatt i bruk. Det var mye vann på vegen den dagen, så en forklaring kan være at avrenning fra vegen ovenfor hvor det har blitt brukt natriumklorid eller vegsalt lagret i snø fra tidligere avisningsepisoder har rent ned mot brua. Derimot ble det ikke påvist formiat i samme prøve (Fig.3.8), så det kan tyde på at bruken av

formiat ikke har vært konsekvent. Prøvene fra broen gir et godt bilde av den direkte avrenningen fra vegen, da smeltevannet stort sett kommer fra snø som avsettes på vegen.

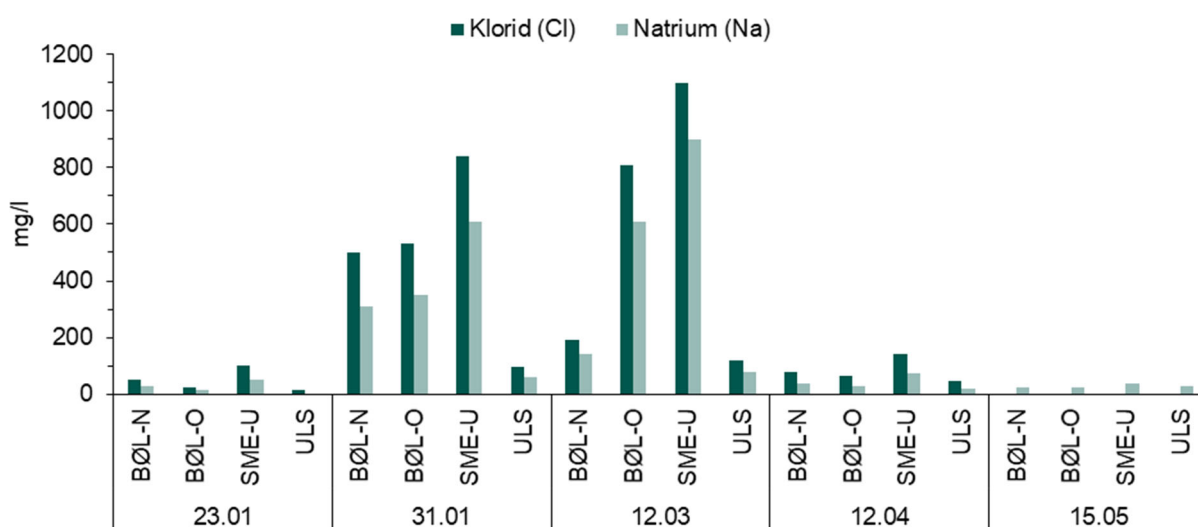


Figur 3.5: Natrium- og kloridkonsentrasjoner målt under broa i Østensjøveien (ØST-BRU) januar-mars 2018.



Figur 3.6: Natrium- og kloridkonsentrasjoner målt ved utløpet av Østensjøvannet (SLU) januar-mai 2018.

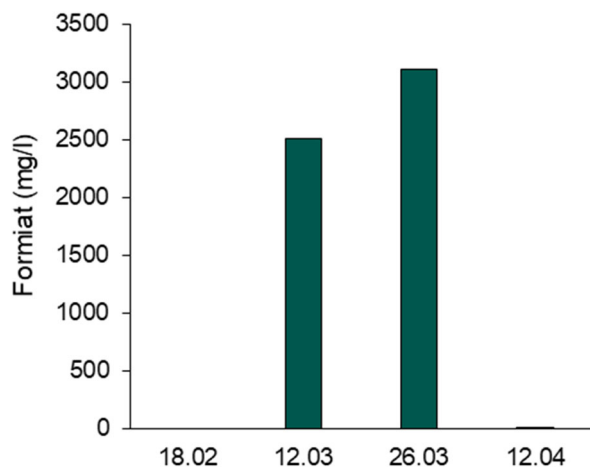
Før formiat ble tatt i bruk var natrium- og kloridverdiene målt oppstrøms (BØL-O) og nedstrøms (BØL-N) i Bølerbekken nokså like (Fig. 3.7). Analyser av vannprøvene tatt 12.03 viste at det var betydelig høyere konsentrasjon av både natrium og klorid i prøven tatt oppstrøms, det betyr at overgangen til formiatbaserte avsningsmidler på Eterveien er merkbar i bekkevannet. I Ulsrubekken (ULS) har verdiene holdt seg nokså stabile gjennom hele perioden. I forhold til arealet som drenerer til denne bekken, er dette forventet fordi det kun er et lite strekke av Østensjøveien som drenerer til Ulsrubekken.



Figur 3.7: Natrium- og kloridverdier i vannprøver tatt i innløpsbakkene til Østensjøvannet 2018.

Ved utløpet av Østensjøvannet (SLU) økte kloridverdiene fra januar (Fig. 3.6). Dette skyldes at det er en forsinkelseeffekt gjennom vannet (oppholdstid), samtidig som det fortsatt var mye vanlig vegsalt

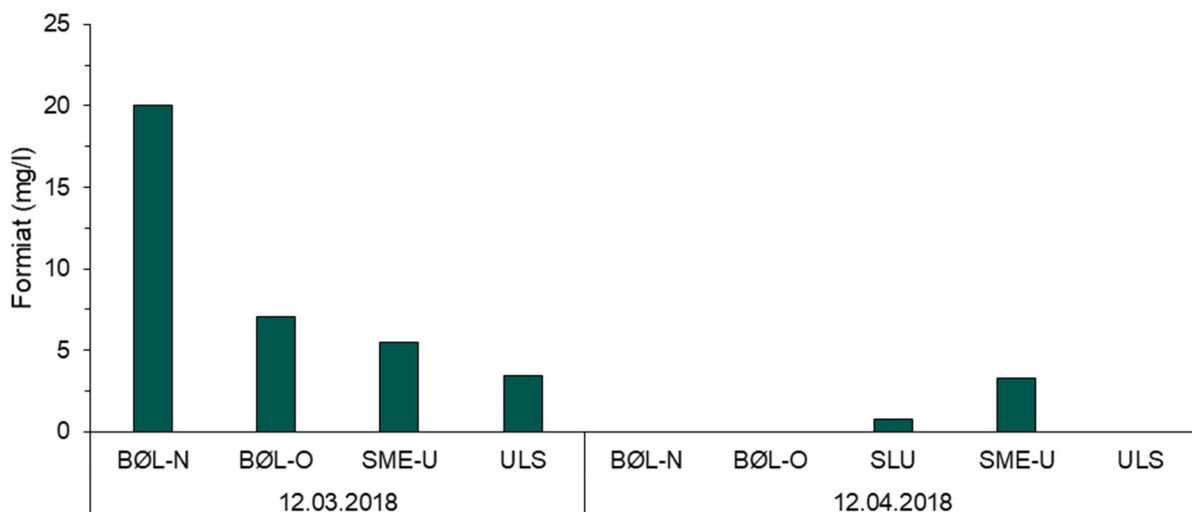
som ble transportert med bekkene til Østensjøvannet også etter overgangen til avising med natriumformiat.



Figur 3.8: Formiatkonsentrasjon målt under brua i Østensjøveien (ØST-BRU) februar til april 2018.

Etter overgang til formiatbaserte avisingmidler, ble formiat målt under broen i Østensjøveien (Fig. 3.8) og i Bølerbekken, Smedbergbekken og i Ulsrudbekken (Fig. 3.9). 12.april ble det også påvist formiat ved utløpet av Østensjøvannet (Fig. 3.9, Vedlegg 7.2). Fordi vi ikke har kontinuerlige målinger i utløpsbekken kan vi ikke si noe om dette er første gang formiat når utløpsbekken, eller noe om oppholdstiden generelt i vannet. Resultatene viser likevel at noe av vannet som tilføres Østensjøvannet kan ha en oppholdstid på ca. to måneder (ut fra at det først ble brukt formiat 06.02). Vannet som renner ut fra bekkene er kaldere enn vannmassene på bunnen i innsjøen. Dette gjør at vannet fra bekkene fordeles i overflatelaget i innsjøen og transporteres raskere mot utløpet enn bunnvannet. Det ble ikke påvist formiat i

Bølerbekken eller Ulsrudbekken samme dagen. Det ble derimot påvist formiat i Smedbergbekken (3,8 mg/l), noe som var nokså overraskende da bekken i utgangspunktet skulle fungere som referanse. Denne dagen ble det funnet en pose med formiat i bekkekanten som var en tydelig indikasjon på at formiat hadde blitt brukt i nærområdet. Dette forholdet ble ryddet opp i like etter det ble oppdaget.

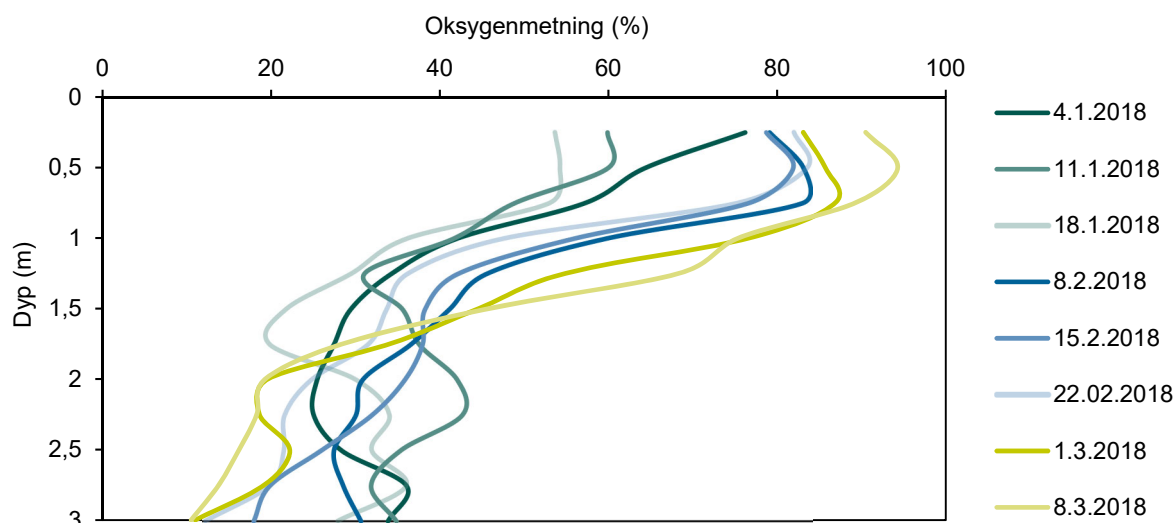


Figur 3.9: Formiat i innløpsbekkene og ved utløpet (SLU) av Østensjøvannet i mars og april 2018.

Fordi det er mange ulike forurensningskilder i Østensjøvannets nedbørfelt er det vanskelig å bruke ledningsevnen til å finne en eksakt verdi for vegsalt (NaCl og MgCl₂) og etter hvert natriumformiat i tillegg. Foreløpige estimat av maksimalkonsentrasjoner basert på elektriske ledningsevne (EC) målt i Bølerbekken (multiparametersensor) gir 2700 mg Cl/L og 1700 mg Fo/L.

Med hensyn til miljøgifter og prioriterte stoffer i ferskvann er tilstanden i innløpsbakkene god. Det ble ikke påvist typiske vegforurensninger som olje eller PAH i vannprøvene, se vedlegg 7.2. Under broen ble det derimot målt høye verdier av nikkel, kobber og bly (Vedlegg 7.2; Tabell 6.6). Kobberverdiene målt 18.02 og 12.03 havner innenfor tilstandsklasse V «Svært dårlig». Dette kan potensielt kan ha omfattende toksiske effekter på dyr som oppholder seg under broen.

Oksygenmetningen i Østensjøvannet har variert mellom 10 % og 34 % i de nedre bunnlagene (Fig. 3.10, vedlegg 7.3). I mars var oksygenmetningen på sitt laveste mellom to og tre meters dyp, men var på sitt høyeste i de øvre vannmassene. Disse nivåene er i samme størrelsesorden som det som er målt tidligere (Fig. 1.5-1.6), og det ser derfor ikke ut til at tilførsel av formiat har ført til oksygenmangel i Østensjøvannet.



Figur 3.10: Oksygenmetning ved ulike dyp i Østensjøvannet i perioden januar til mars 2018.

3.1.3 Bunndyrprøver

Resultatene fra bunndyrprøvene og indeksverdien (ASPT) tilsier at den økologiske tilstanden oppstrøms i Bølerbekken kan klassifiseres som *moderat* (Tabell 3.3). Til sammenligning var tilstanden nedstrøms *svært dårlig*. Forskjellen mellom stasjonene skyldes trolig hovedsakelig forskjeller i substrat. Substratet er nokså fint og vannet er mer sakteflytende nedstrøms i Bølerbekken, noe om ikke er optimalt for oksygenkrevende bunndyr. Den økologiske tilstanden i Smedbergbekken er også *svært dårlig*. I Smedbergbekken er vannet sakteflytende, grumsete og til tider illeluktende som indikerer dårlige oksygenforhold.

ASPT-verdien var noe høyere etter at formiat ble tatt i bruk i Bølerbekken, men uten endring i økologisk tilstand. Figur 3.11 viser noen av artene som ble funnet i bunndyrprøvene i Bølerbekken. De fleste artene er generelt tolerante for organisk belastning og er nokså vanlige. Fåbørstemarken *Stylodrilus heringianus* (Fig. 3.11 a) er regnet som en rentvannsart, men kan tolerere en del forurensning dersom oksygenforholdene er gode. Det er ingenting som tyder på at tilførsel av formiat har hatt noen akutt påvirkning på oksygenforholdene i bekkene.

Tabell 3.3: Resultater fra bunndyrprøver vist som indeksverdien ASPT (Average Score per Taxon) og økologisk tilstand i Bølerbekken og Smedbergbekken før (01.02.18) og etter (11.04.18) formiat ble tatt i bruk.

Dato	Før/Etter formiat	Lokalitet	ASPT-verdi	Økologisk tilstand
01.02.18	Før	BØL-O	5,25	Moderat
11.04.18	Etter	BØL-O	5,87	Moderat
01.02.18	Før	BØL-N	3,86	Svært dårlig
11.04.18	Etter	BØL-N	4,14	Svært dårlig
01.02.18	Før	SME-U	4,33	Svært dårlig
11.04.18	Etter	SME-U	4	Svært dårlig



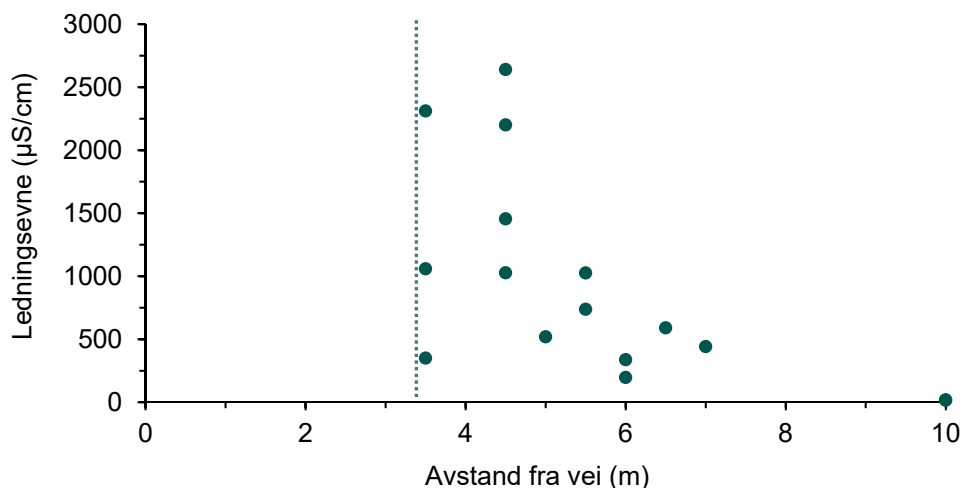
Figur 3.11: Bunndyr i Bølerbekken. a) Fåbørstemark (*Stylodrilus heringianus*) b) Døgnflue (*Baëtis rhodani*) c) Husbyggende vårflue (*Micropterna lateralis*) d) Steinflue (*Nemoura cinerea*). Foto: Henning Pavels, LFI. Spredning fra veg

3.2 Spredning fra veg

Kartlegging av ledningsevne og konsentrasjoner av vegsalt og natriumformiat i snø viser at de nærmeste 5 meterne fra brøytekanten har størst belastning med avsningskjemikalier. Elektriske resistivitetmålinger og jordprøver viser at det samme gjelder for spredning i jord. Mye tyder på at en del salter er transportert til dypere jordlag. Jorda langs vegen ved Bølerbekken har andre egenskaper enn jorda under broen i sørenden av Østensjøvannet, bl.a. større andel leire som gjør at den har større evne til å binde kationer fra avsningskjemikalier og miljøforurensinger enn jorda under broen som har mer grove masser. Sink er observert i konsentrasjoner klassifisert som moderat forurensede (III) på begge lokaliteter der det er tatt jordprøver. Kobber finnes i to av jordprøvene under broen i klasse svært forurensede (V). Her bør man fjerne direkte tilførsel av vann fra veg pga. nærhet til fugl.

3.2.1 Snøprøver

Som forventet viste snøprøvene at ledningsevnen var høyest nærmest vegen. Det var lite ioner i prøvene som ble tatt over 10 m fra veien (Fig.3.12). Topplagene (0-100 cm) i prøvene tatt nærmest vegen hadde klart høyest ledningsevne, samt det høyeste innholdet av formiat, natrium og klorid (Tabell 3.4). At det ble funnet klorid i de øverste 100 cm i brøytekanten var noe overraskende da det var over en måned siden overgangen fra natriumklorid til formiat. En forklaring kan være at bruken av formiat ikke har vært konsekvent gjennom testperioden, eller at det kom lite nedbør etter at formiat ble tatt i bruk og at mesteparten av snøen i brøytekanten var gammel (Fig. 3.1). Det snødde dagen prøvene ble tatt og trolig hadde det nylig blitt påført avsningsmidler på vegen. Detaljerte analyseresultater er vedlagt (Vedlegg 7.5).



Figur 3.12: Ledningsevne (µS/cm) i snø i ulik avstand til Østensjøveien 12.03.2018. Stiplet linje representerer brøytekant.

Tabell 3.4: Ledningsevne, snødybde og vekt av snøprøver tatt langs Bølerbekken i ulik avstand til Østensjøveien 12.03.2018.

Lokalitet	Avstand (m)	Vekt (g)	Snødybde (cm)	Ledningsevne (µS/cm)
BØL-N-N1 Topp	4.5	490	45	2200
BØL-N-N1 Bunn	4.5	2672	45	1455
BØL-N-N2	6	1200	72	338
BØL-N-N3	7	1281	64	441
BØL-N-N0	>10	1039	57	16.9
BØL-N-S1 Topp	3.5	795	100	2310
BØL-N-S1 Bunn	3.5	2431	100	1058
BØL-N-S2	5	1321	68	519
BØL-N-S3	6	1345	63	197
BØL-N-S0	>10	1085	54	17.3
BØL-O-N1	3.5	2118	70	350
BØL-O-N2	4.5	1525	68	1027
BØL-O-N3	5.5	1237	70	737
BØL-O-S1	4.5	1451	45	2640
BØL-O-S2	6.5	993	50	590
BØL-O-S3	5.5	1345	88	1026

Tabell 3.5: Analyseresultater for smeltevann fra snøprøver tatt langs Bølerbekken inntil 4,5 m fra Østensjøveien 12.03.2018.

Analyse	Enhet	BØL-N-N1-BUNN	BØL-N-N1-TOPP	BØL-N-S1-BUNN	BØL-N-S1-TOPP	BØL-O-N1	BØL-O-S1
Formiat	mg/l	119	289	56,2	202	35,00	581,00
Natrium, filtrert	mg/l	340	560	280	640	84,00	690,00
Natrium, oppløst	mg/l	320	500	280	570	83,00	630,00
Klorid (Cl) - MM509	mg/l	380	540	360	700	89,00	530,00
Alkalinitet	mmol/l	0,34	0,53	0,23	0,5	0,29	0,96
Fargetall	mg Pt/l	<2	4	<2	3	2,00	5,00
Kjemisk oksygenforbruk	mg/l	690	560	280	570	590,00	530,00
Konduktivitet ved 25°C	mS/m	145	221	122	250	36,30	256,00
Ammonium	µg/l	130	200	150	210	83,00	270,00
Nitrat + Nitritt	µg/l	260	500	280	490	100,00	500,00
Total Nitrogen	µg/l	540	790	400	770	480,00	910,00
pH		7,5	7,3	7,2	7,4	7,50	8,00
Sulfat	mg/l	3,83	7,31	2,95	9,41	0,83	5,80
Suspendert stoff	mg/l	1700	1000	440	980	1600,00	620,00
Total Fosfor	µg/l	1000	870	440	900	1300,00	620,00
Total organisk karbon	mg/l	120	140	56	120	110,00	180,00
Turbiditet	FNU	820	590	370	680	730,00	560,00

3.2.2 Jordprøver

Et utvalg av kjemiske parametere analysert i jordprøver, tatt før og etter formiat ble tatt i bruk, er vist i tabell 3.6. Den komplette listen over analyseresultatene er vist i vedlegg 7.5. Fordi det var det eneste stedet som ikke var dekket av snø var det kun under brua i Østensjøveien (ØST-BRU), ved sørenden av Østensjøvannet, at det var mulig å ta prøver både før og etter at formiatbaserte kjemikalier ble tatt i bruk. Det er likevel interessant å sammenlikne de to lokalitetene kun etter belastning med formiater fordi de to stedene har ulike jordegenskaper.

Tabell 3.6: Konsentrasjon av avisningskjemikalier og miljøgifter i jordprøver under brua i Østensjøveien ved sørenden av Østensjøvannet (A og B), og langs vegen ved Bølerbekken (C,D), (Fig. 2.13) før (06.02) og etter (15.05 og 28.05) bruk av formiat. Alle verdier er oppgitt i mg/kgTS. (Figur 2.13).

Sted	Dyp (cm)	Dato	Natrium	Magnesium	Klorid	Formiat	Kadmium	Kobber	Sink	Bly
A1	0-10	06.02	2200	5700	1750	<5	< 0,20	68	250	86
A2	15-20	06.02	1800	7000	1920	<5	1,4	550	360	820
B1	0-5	06.02	3600	6200	3580	<5	< 0,20	63	230	16
B2	15-20	06.02	3200	7600	3290	<5	< 0,20	43	260	35
A1	3-5	15.05	860	6900	115	<5	0,65	2300	370	200
A2	15-20	15.05	620	8400	106	<5	< 0,20	64	160	65
B1	0-5	15.05	650	4200	93,0	<5	< 0,20	28	180	12
B2	15-20	15.05	590	5600	45,1	<5	< 0,20	42	150	48
C1	3-5	28.05	480	6500	2,49	<5	0,29	29	110	66
C2	13-20	28.05	230	5300	2,48	<5	0,30	31	100	47
D1	3-5	28.05	390	7300	2,51	<5	0,39	110	230	82
D2	18-20	28.05	190	8700	3,10	<5	< 0,20	29	90	31

Det kunne ikke påvises formiat over deteksjonsgrensen på 5 mg/kg TS i noen av prøvene. Prøvene viser en tydelig nedgang i både natrium (gjennomsnitt fra 2700 mg/kg, til 680 mg/kg) og kloridkonsentrasjoner (gjennomsnitt fra 2635 mg/kg før til 90 mg/kg).

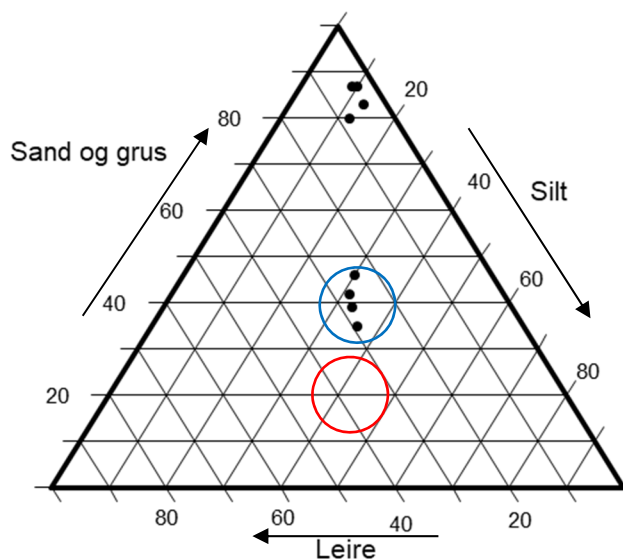
Etter snøsmelting ble det i tillegg tatt jordprøver langs Østensjøveien ved Bølerbekken. Fordi vi kun har begrenset antall jordprøver og det naturlig er stor variabilitet i jord er det vanskelig å tolke for mye ut av observasjonene. Siste tidspunkt for spredning av avisningskjemikalier på Østensjøveien var 12.04.18. Jordprøvene ble ikke tatt før en måned etter dette. Fordi formiat ikke kan påvises på noen av lokalitetene etter 5 – 7 uker, tyder dette på tilnærmet fullstendig nedbrytning. Generelt kan vi se at natrium konsentrasjonen holder seg høyere enn klorid over tid (jord under brua), hvilket er som forventet fordi klorid erstattes med formiat.

Regner vi om mengder av hovedionene i avisningskjemikaliene Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- og F^- til ionestyrke (meq/kg TS), er det for prøvene tatt i februar nærmere balanse mellom Na^+ og Cl^- . For prøvene tatt i mai dominerer kationene og er ca. 10 ganger mer enn aniondelen fra klorid. Fordi det er så høye magnesiumverdier i jord fra før, er det ikke meningsfullt å gjøre samme beregning for ionebalansen der magnesiumionene regnes med. Det er ingen forskjell i magnesium i jord før og etter overgang til natriumformiat, noe som indikerer at tilført mengde gjennom avisningskjemikaliene MgCl_2 er ubetydelig sammenliknet med bakgrunnsverdiene.

Det er store forskjeller mellom jordprøver tatt fra jorda under brua (A og B) og prøvene tatt langs Østensjøveien ved Bølerbekken (C og D) for en del parametere. Tabell 3.6 viser konsentrasjon av stoffer benyttet i avisningskjemikalier, i tillegg til de mest vanlige miljøgiftene forbundet med vegforurensning. Konsentrasjonen av kadmium, kobber, sink og bly i jordprøvene er angitt med fargekoder etter 1-5, se tabell 2.4 (SFT 2009). De fleste prøvene viser konsentrasjoner innenfor normverdi (blå) farge. Prøvene ved A2 og A1 under brua viste forhøyede konsentrasjoner av kobber henholdsvis før og etter formiat ble tatt i bruk (gul og oransje farge). Blyverdiene (820 mg Pb/kg TS) i

prøven ved A2 før formiat ble tatt i bruk tilsier at konsentrasjonene i jorda er innenfor et nivå som anses å være farlig avfall (rød farge). Konsentrasjonen av bly var betydelig lavere i prøven tatt i mai. Høye blyverdier i de dypere lagene stammer antagelig fra tidligere bruk av blybensin. De fleste prøvene hadde sinkverdier over normverdien (grønn farge). Sink brukes som mykgjørere i dekk, og innholdet av sink kommer trolig i hovedsak fra bildekk, særlig piggfri. Kobber kan stamme fra bremses.

Kornfordelingsanalysen viser at jorda under broen har en større andel av sand og grus enn jorda langs Østensjøveien ved Bølerbekken (Fig. 3.13 og vedlegg 7.5). Leirfraksjonen avgjør i stor grad vannledningsevnen K_s . Beregning av K_s fra kornfordelingskurven gir kun en indikasjon på vannledningsevnen. Grunnlagsdata og forutsetninger er beskrevet i Vedlegg 7.5.



Figur 3.13: Prosentvis sammensetning av jordprøvene (les hver kornfraksjon i henhold til pilenes retning), under brua (rød sirkel) og langs Østensjøveien (blå sirkel).

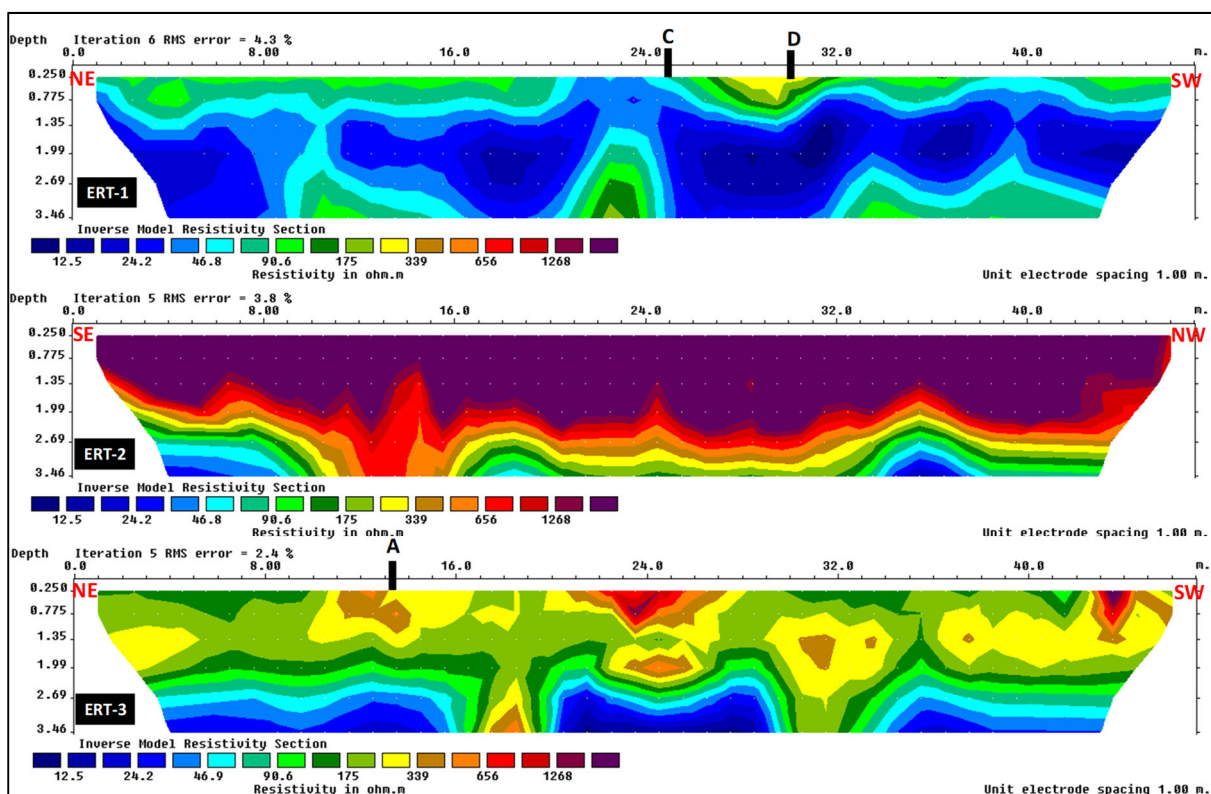
I jorda langs vegen ved Bølerbekken er vannledningsevnen beregnet til å være 1.2×10^{-9} m/s, mens den under brua er noe høyere med en K_s beregnet til 1×10^{-7} m/s. Fordi det er målt høye konsentrasjoner av miljøgifter fra veg i jord, særlig under brua, og det samtidig er jordmasser med dårligere bindingsevne enn naturlige jordsmonn, kan dette gi økt fare for eksponering av miljøgifter. Utlekking av miljøgifter fra masser med høy konsentrasjon av disse kan øke ved belastning med salter. Dette er kjent for vanlig salt (NaCl) (Bäckström m.fl., 2004, Amrhein m.fl., 1992), men trolig mindre problem med formiat (Rasa m.fl., 2006). Med hensyn til fugl som oppholder seg under brua i sørenden av Østensjøvannet er det ugunstig at det tilføres avrenning fra vegen direkte til jord og sedimenter her. Her er det trolig tilførte masser i forbindelse med bro og vegkonstruksjon og jorda har dårligere evne til å binde miljøforurensningene som har havnet her. Disse vil derfor lettere vaskes ut i Østensjøvannet.

3.2.3 ERT-målinger

De elektriske resistivitetsprofilene er vist i Figur 3.14. Som fargeskalaen viser er det målt verdier mellom 39 og 203 Ω m. Generelt er dette relativt lave resistivitetsverdier, dvs. høy elektrisk ledningsevne. Dette passer godt med at det er leirholdig jord i områdene langs Østensjøveien (Fig. 2.1). De elektriske resistivitetsverdiene er mye lavere i profil ERT1, enn i ERT2, som sannsynligvis har nokså lik jordtype. Selv om noe mer snø kan ha infiltrert langs vegen (ERT1) enn langs Bølerbekken (ERT2) forventer vi at vanninnholdet i jorda er nokså likt i begge profilene fordi ERT2 ligger tett ved

en bekk som gir mettede forhold i flukt med vannivået i Bølerbekken. Dersom denne forutsetningen er riktig, betyr det at saltinnholdet i jorda langs veien er den viktigste forklaringen på de lave resistivitetsverdiene (89 til 339 Ωm). Vi kan ikke skille mellom natriumklorid og natriumformiat så lenge ledningsevnen er lik, men vi får en ide om spredning i jord med avstand fra veg og med dyp. Fordi vanntransporten i jorda trolig er svært langsom, forventer vi ikke at ledningsevnen i jorda her vil bli lavere på grunn av overgangen til formiat før om mange år. Høyere elektriske resistivitetsverdier nær overflaten langs veien (<20 cm), vist som gul og grønn farge øverst i profilet, kan skyldes infiltrasjon av smeltevann med lavere ledningsevne (formiatbaserte kjemikalier) og at jorda er tørrere nær overflaten. Siste bruk av formiat på Østensjøveien var 12. april og ERT undersøkelse ble gjennomført 8. mai. I løpet av denne tiden kan kjemikaliene kan ha blitt vasket ut. Samtidig kan den øverste delen av jorda ha tørket opp som gjør at resistiviteten er høyere her sammenliknet med dypere lag.

Under brua ved sørenden av Østensjøvannet (ERT3), er den elektriske resistiviteten høyere enn langs Østensjøveien, samtidig vet vi at det sannsynligvis er høyere vanninnhold her pga. nærhet til Østensjøvannets innløp. Mest sannsynlig er det lavere leirinnhold i de øverste lagene som forklarer høyere resistivitet sammenliknet med ERT1, til tross for at det er høye konsentrasjoner av avvisningskjemikalier og andre forurensinger fra veg her (Tabell 3.6). Oppfølging av de innledende undersøkelsene av forurensning av jord langs Østensjøveien vil være å ta dypere jordprøver langs profil ERT1 for å undersøke hvilke konsentrasjoner av salt og eventuelt miljøgifter man finner ved ca. 2 m dyp der de laveste elektriske resistivitetsverdiene er målt. Flere målinger av jorda under broen vil være nyttig for å kartlegge hvor mye og fordelingen av miljøgifter i sedimentene. Fordi ERT profilene viser en kombinasjon av flere faktorer, er det spesielt for ERT3 ikke mulig å tolke om variasjonen skyldes forskjeller i forurensningsbelastning eller den fysiske jordsammensetningen.



Figur 3.14: Elektriske resistivitet tomografi profiler ERT-1 (langs veien), ERT-2 (langs bekken) og ERT-3 (under broen), samt lokaliteter til jord prøvetaking (A, C og D).

3.3 Undersøkelser av saltskader på vegetasjon

Saltskadene på vegetasjonen langs Østensjøveien var hovedsakelig forårsaket av saltsprut. Det ble ikke observert skader forårsaket av saltopptak fra jorda på noen planteslag. Skadene var ikke svært omfattende, men syntes å være noe mer omfattende enn tidligere år, noe som synes å gjelde generelt for Sør-Norge. Det var ikke mulig å trekke noen konklusjon om hvorvidt vegsalt eller formiat er verst med hensyn til sprutskader på vegetasjon fordi begge typer avisningsmidler ble brukt på teststrekningen i løpet av samme sesong. Det ble ikke observert noen betydelige forskjeller på vegetasjonen på teststrekningen og kontrollstrekningen.

De skader som ble observert nær veien var hovedsakelig forårsaket av sprut av saltholdige vandrdåper direkte på vegetasjonen i saltingssesongen. Med sprut menes i denne sammenhengen all tilførsel av salt som spres via luft, både som synlig sprut og små dråper som virvles opp. Skader ble bare observert på busker og trær. Det var ikke synlige skader på gras eller urter. Skader på disse plantegruppene er ofte lite synlige såpass tidlig i vekstsesongen. Det ble følgelig ikke observert skader forårsaket av saltopptak fra jorda på noen planteslag. Skader som følge av saltopptak fra jord kan imidlertid ha blitt synlige senere i sesongen, særlig på grunn av tørken sommeren 2018 som kan ha forsterket effekten. Omfanget av skadene varierte noe med planteart og sted. Variasjonen langs strekningen vil også være påvirket av variasjoner i hastighet på kjøretøy og antall kjøretøy som vil være avgjørende for dannelsen og oppvirvlingen av saltholdige vandrdåper fra veibanen. Videre vil forskjeller i terreng og vegetasjon påvirke lokale vindforhold og dermed spredningen av vandrdåpene. Erfaringsmessig kan slike variasjoner være store, og i åpent terreng vil skader oppstå i større avstand fra veien enn der det er hindringer. Hindringer kan også føre til at skader oppstår i større høyde over bakken. Pedersen (2007, 2010) beskriver slik variasjon nærmere. Det ble observert ulikt skadeomfang på de to sidene av veien, men det var et svakt sammenligningsgrunnlag siden vegetasjonen langs den vestre/nordre siden var mer sporadisk enn på motsatt side og samme arter fantes sjelden på begge sider. Enkelte observasjoner kunne imidlertid tyde på at den østre siden var noe mer utsatt. På den søndre/ østre siden av veien ble skader observert ut til 4 – 6 m, unntaksvis ut til 10 m fra veien. I de fleste tilfeller var skadene begrenset til en høyde på 2 – 2,5 m over bakken, unntaksvis opp til 5 m.

På grunn av de varierende forholdene langs strekningen er det ikke mulig å fastslå hvilket avisningsmiddel som har stått for hoveddelen av skadeomfanget. Greiner på ei hengebjørk var riktignok uskadde ved strekningen hvor det var brukt formiat selv om de vokste ganske nær veien, 4 m fra hvit stripe (se detaljert beskrivelse), men retningen på veien og omgivelsene var såpass forskjellige fra resten av strekningen at det i seg selv kan ha like stor betydning som saltingsrutinene. Det ble dessuten funnet tydelige skader også på annen vegetasjon i samme område som den uskadde bjørka ble observert.

Skadene var ikke svært omfattende, men syntes å være noe mer omfattende enn tidligere år. Det gjelder imidlertid også skadeomfanget i Sør-Norge generelt, som var ganske stort (personlig observasjon). Trolig skyldes det de nokså lange og tørre kuldeperiodene i løpet av vinteren 2017/2018 som bidro til et høyt saltforbruk og saltsprut med høy konsentrasjon og minimal avvasking av avleiret salt på vegetasjonen.

3.3.1 Symptomer på saltskader

Saltsprutskader på løvfellende trær og busker var synlige som knoppdød, døde fjorårsskudd og døde greiner. Skader på nåletrær kunne observeres som brune nåler. Skadene var sterkest på den siden av treet eller busken som vendte mot veien og størst nederst på plantene. Plantene kunne da fremstå som glisne nederst eller med døde partier på de deler av planten som var nærmest veien.

3.3.2 Detaljert beskrivelse av strekningen

Figur 3.14 viser en oversikt over punktene hvor skadene ble registrert. Ved krysset med Langerudhaugen, på søndre side av Østensjøveien, var det betydelig skade på hasselhekk (*Corylus avellana*) 4- 5 m fra veien og opp til ca. 2m høyde over bakken (Fig. 3.15a). Snøbær (*Symphoricarpus albus*) i samme avstand på motsatt side var uskadd, det var også et større bjørketre ca. 6 m fra veien.

Ved sørsiden av veien ved nordre del av brua ble det observert skade på en stor vierbusk (*Salix* sp.) 3,5 – 4,5 m fra veien (Fig. 3.15b). Ved enden av brua på sørsiden av veien var en frittstående hengebjørk (*Betula pendula*) 6- 8 m fra veien som var skadet opp til ca. 2,5 m over bakken (Fig. 3.15c). Noe lenger nord på samme side av veien var det skader på en hengebjørk ca. 8 – 10 m fra veien opp til ca. 2,5 m over bakken. Ved nordre side av veien på omtrent samme sted, var det en buskfuru (*Pinus mugo* ssp. *mughus*) 4 – 5 m fra veien som var skadet opp til 1,5 m over bakken (Fig. 3.15d).

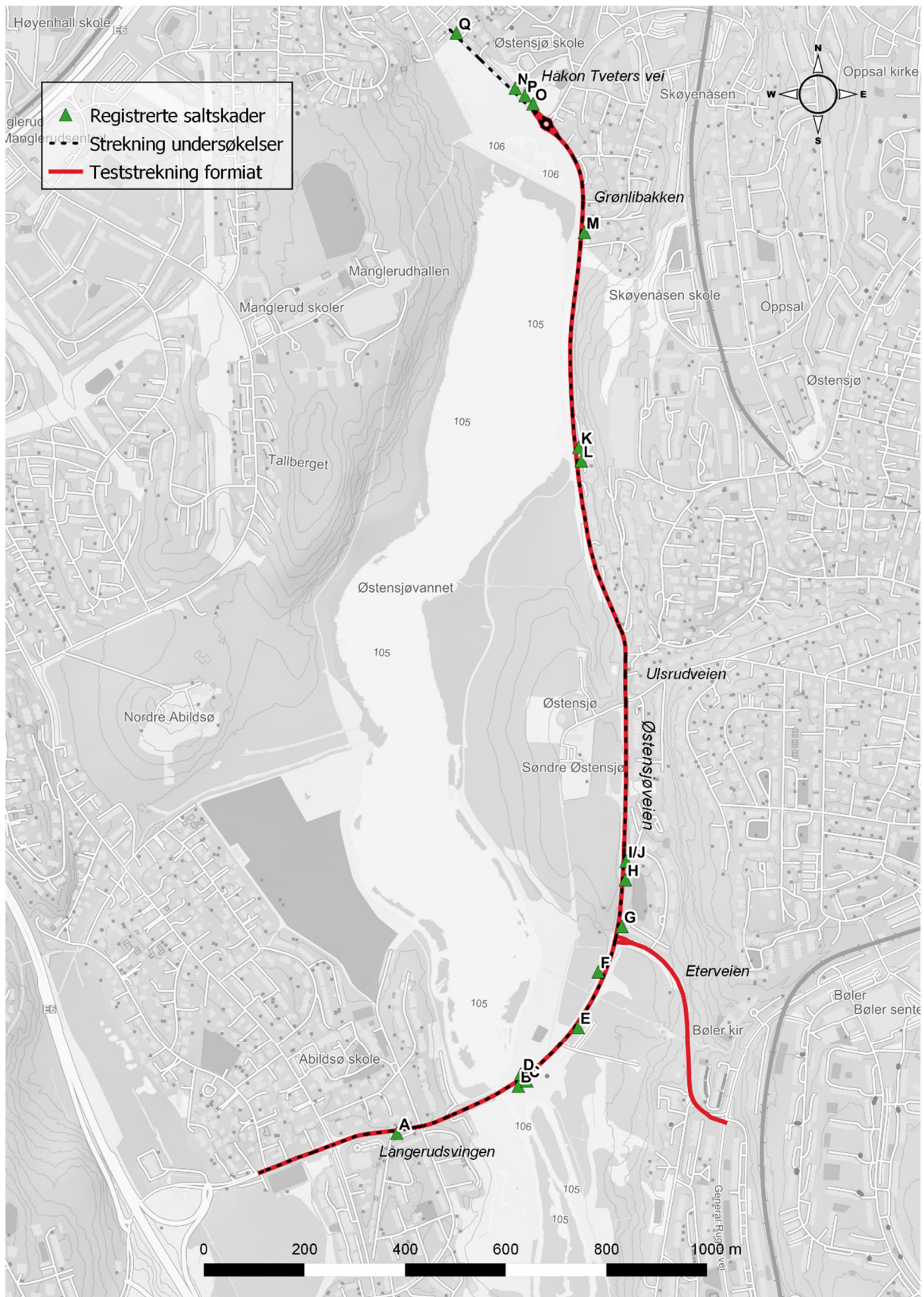
På kratt (vier og hengebjørk) langs sørøstre side litt lenger nord var skadene beskjedne og begrenset til 4-6 m fra veien og opp til 2,5 m over bakken (Fig. 3.15e). Det kan nevnes at det ble observert død hengebjørk i større avstand på et beite nordvest for veien (Fig. 3.15f), men dette har trolig ikke sammenheng med veisalting.

Skadeomfanget på østre side av veien, mellom kryssene med Eterveien og Ulsrudveien, kan kort beskrives slik: gullbusk (*Forsythia x intermedia*) og hassel var skadd 4-5,5 m fra veien og opp til 2, 8 m over bakken (Fig. 3.15g). Syrin hadde lignende, men litt mindre skader. Buskfuru hadde noe skade. Gran (*Picea abies*) var skadd 4-5 m fra veien og opp til 3 m over bakken (Fig. 3.15h). Grana hadde hatt minimale skader tidligere år (eldre skader ville medført nålefall på eldre greiner). Hengebjørk var skadd 4-6 m fra veien og opp til 3 m over bakken. Søtkirsebær (*Prunus avium*) var skadd ut til 4 – 5 m fra veien og ca. 3 m over veien (3,5 m nærmest veien ned til 2, 5 m). Alm (*Ulmus glabra*) var uskadd innenfor disse avstandene. Gråor (*Alnus incana*) var tydelig skadd 3,5-5.5 m fra veien og opp til 2,5 m over bakken (Fig. 3.15 i-j). Det var ingen skade på vegetasjon på motsatt side av veien på denne strekningen, heller ikke på hengebjørk med greiner 2,5 m fra veien.

Langs østre side av veien, mellom krysset med Ulsrudveien og krysset med Grønlibakken, var det beskjedne skader langs det meste av strekningen. En tujahekk (*Thuja occidentalis*) var imidlertid skadd ut til ca. 4 m fra veien og ca. 2 m over bakken. Foran høy fjellskjæring var spontan vegetasjon skadd. Furu var skadd 4-5 m fra veien og opp til 4 m over bakken (Fig. 3.15l). Hengebjørk samme sted var skadd opp til 5 m over bakken. Alm var nesten helt uskadd.

En hasselhekk litt lenger nord var tydelig skadd ut til 3,5 – 5,5 m fra veien og opp til 2 – 2,5 m over bakken (Fig. 3.15k). Vierbusker nær krysset med Grønlibakken var skadd ca. 3-6 m fra veien og opp til ca. 2 m over bakken, med bare små skader i større høyde. En tujahekk ca. 4 m fra veien var skadd opp til ca. 2 m over bakken (Fig. 3.15m). Langs strekningen fra krysset med Grønlibakken og frem til rundkjøringen mot Håkon Tveters vei, hadde flere hekker tilsvarende skader. Også disse hekkene står ca. 4 m fra veien og var skadd opp til ca. 2 m over bakken.

På kontrollstrekningen nord for rundkjøringen mot Håkon Tveters vei, var det skade på en rosebusk (*Rosa* sp) ut til ca. 4 m og ca. 2m over bakken (Fig. 3.15n). En hengebjørk med greiner 4 m fra veien var imidlertid uskadd (Fig. 3.15o). En tujahekk som står ca. 6,5 m fra veien var litt skadd opp til 1 m over bakken (Fig. 3.15p). Litt lenger nord var tujahekker på begge sider av veien, ca. 4 m fra veien, skadd opp til snaut 2 m over bakken (Fig. 3.15q). Langs siste del av strekningen frem til rundkjøringen ved Bryn Senter var skadene minimale.

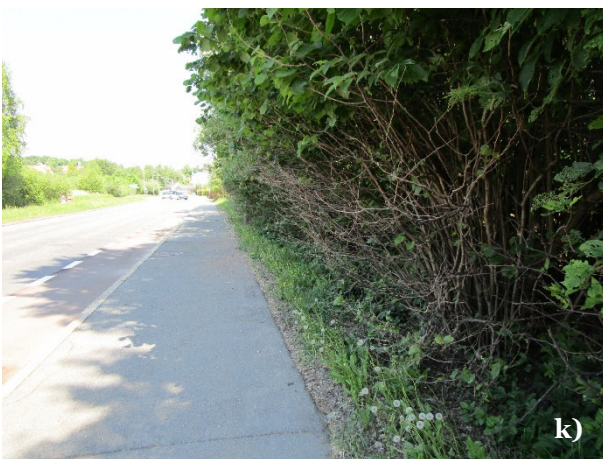


Figur 3.14: Registrerte saltskader på vegetasjon langs Østensjøveien.



Figur 3.15:

- a) Tydelige skader på hassel (*Corylus avellana*) som følge saltsprut. Ved krysset med Langerudbakken, søndre side av veien.
- b) Moderat skade på vier (*Salix* sp.) ved østre enden av brua ved Østensjøvannet.
- c) Utglisning av nedre del av krona på hengebjørk (*Betula pendula*) pga saltsprut, søndre side av veien øst for brua. På dette åpne stedet var utstrekningen av skadene størst – ca 10 fra hvit stripe.
- d) Figur 4. Tydelig skade på den delen av buskfuru (*Pinus mugo* ssp. *mughus*) som vender mot veibanen. Nordre side av veien på omtrent samme lokalitet som figur 3.
- e) Figur 5. Nokså beskjedne skader på kratt av vier og hengebjørk.
- f) Død og døende bjørk nedstrøms veien. Skadene er ikke forårsaket av veisalt.



- g) Tydelig skade på gullbusk (*Forsythia x intermedia*) nord for krysset med Eterveien.
- h) Figur 8. Gran (*Picea abies*) var sterkere skadd enn tidligere år.
- i) Gråor (*Alnus incana*) var tydelig skadd
- j) Gråor (*Alnus incana*) var tydelig skadd
- k) Markert men begrenset skade på hassel (*Corylus avellana*).
- l) Skade på furu (*Pinus sylvestris*) ved fjellskjæring, østre side av veien. Hengebjørk samme sted var skadd 5 m over bakken, mens alm var nesten uskadd.



- m) Figur 13. Tujahekk (*Thuja occidentalis*) med tydelige skader som er mer omfattende enn tidligere år. Hekken er skadd opp til ca. 2 m over bakken.
- n) Tujahekk utenfor Østensjø skole, som sto ca. 6,5 m fra hvit stripe, hadde små men tydelige skader nederst.
- o) Skade på rosebusk (*Rosa* sp.)
- p) Uskadd hengebjørk (*Betula pendula*) ca. 4 m fra hvit stripe, utenfor Østensjø skole.
- q) Sterkt skadd tujahekk nordvest for Østensjø skole, før krysset med Harry Fetts vei.



4 Diskusjon

Med bakgrunn i resultatene fra årets undersøkelser er det vanskelig å trekke noen endelig konklusjon om hvordan overgangen fra natriumklorid til natriumformiat har påvirket miljøet i og rundt Østensjøvannet. Vinteren 2018 ble det brukt både vanlig vegsalt (NaCl og MgCl_2) og natriumformiat på veiene langs Østensjøvannet. Grunnlaget for sammenligning av tilstanden i tilløpsbekkene til Østensjøvannet før og etter formiat ble tatt i bruk ble dermed noe begrenset, da det bare ble samlet data fra en måned med vanlig saltingsregime. Det totale antallet prøver ble kun samlet inn gjennom noen måneder og bare en vintersesong som er litt for kort tid. Andre forhold som gjør det utfordrende å trekke konklusjoner er at det under test-perioden ble tilført natriumklorid og magnesiumklorid fra andre steder i nedbørsfeltet.

Formiater kan potensielt føre til redusert oksygeninnhold i vann som følge av forbruk av oksygen under nedbrytningen, men det er foreløpig ingenting som tyder på at overgangen til formiat har hatt noen hatt noen akutt effekt på oksygenforholdene i Østensjøvannet. Sammenlignet med målinger av oksygeninnholdet fra tidligere år har det ikke vært noen reduksjon i vannet i 2018. Det ble påvist formiat i utløpet av Østensjøvannet, noe som kan tyde på at oppholdstiden i vannet ikke er lang nok til at alt tilført formiat brytes ned her og dermed transporteres direkte til utløpet. Studier fra Finland viser at formiat brytes nokså raskt ned i jord (Hellstén et.al. 2005, Hellstén et al. 2005b). Sannsynligvis er det kun formiatet som blir direkte tilført bekkene som når innsjøen, formiat som infiltrerer i jorda vil mest sannsynlig brytes ned der. Formiatkonsentrasjonene som ble målt i bekkene var generelt nokså lave og det ble ikke observert forverring av oksygensituasjonen (basert på bunndyrprøver) i bekkene som følge av tilført formiat.

Det er en generell konsensus om at formiat er lite toksisk i vann. Ørret ser ut til å tåle høye doser av organiske avisningsmidler direkte, og konsentrasjonen av formiat må være meget høy før det vil gi en dødelig effekt (jf. Bang & Johnston, 1998). NIBIO har for eksempel registrert kortvarige høye konsentrasjoner av formiat i den sjørretførende Rovebekken, som ligger i tilknytning til Torp Sandefjord lufthavn, uten at dette har gitt akutte effekter på sjørretbestand eller vannlevende organismer. Disse erfaringene underbygger at formiat trolig har lav toksisitet for vannlevende organismer (Roseth m.fl., 2016, Roseth m.fl., 2017, Skrutvold m.fl., 2018). Selv om det kun finnes enkeltvannprøver kan vi ut fra ledningsevnen si at høye konsentrasjoner av formiat kun vil opptre i perioder med kort varighet og dermed ha mindre skadepotensiale enn om ledningsevnen hadde vært vedvarende høy gjennom overvåkingsperioden.

Resultatene fra vannprøvene tatt under brua i Østensjøveien, innløpsbekkene og ved utløpet av Østensjøvannet viste at det er en stor grad av fortykning av salt fra vegen til utløpet via bekkene. Etter overgangen til formiat gikk konsentrasjonen av klorid betydelig ned i Bølerbekken nedstrøms teststrekningen. Konsentrasjonen var under 250 mg/l som er grenseverdien for klorid i drikkevann i henhold til drikkevannsforskriften.

Saltskadene på vegetasjonen langs Østensjøveien var hovedsakelig forårsaket av saltsprut, men var ikke svært omfattende. Det ble ikke observert skader forårsaket av saltopptak fra jorda på noen planteslag. Det var ingen markant forskjell i skadeomfanget på vegetasjonen på test- og kontrollstrekningene langs Østensjøveien. Derfor er det ikke mulig å trekke noen konklusjon om hvorvidt vegsalt eller formiat er verst med hensyn til sprutskader på vegetasjon fordi begge typer avisningsmidler ble brukt på teststrekningen i løpet av samme vintersesong. Studier fra København har derimot vist et betydelig større skadeomfang på vegetasjon i by ved bruk av vegsalt ($\text{NaCl}/\text{MgCl}_2$) enn ved formiat (kaliumformiat) (Ingerslev m.fl. 2014, Ingerslev m.fl. 2018).

4.1 Forslag til videreføring av prosjektet

Med bakgrunn av det som kom frem av årets undersøkelser foreslås følgende oppfølging av prosjektet vinteren 2019:

- For å få best mulig data bør vi ha en hel sesong med prøvetaking hvor det kun har blitt brukt formiat på vegnettet. Det bør også settes en strengere avgrensing av hvor det skal brukes formiat da blandingsområder gir resultater som er vanskelige å tolke. Bedre definisjon av soner bør avklares i god tid før vintersesongen. Alt som brukes av kjemikalier og når det påføres registreres også for vanlig vegsalt – spesielt innenfor bekkene der kommunen har ansvar for drift. (Smedbergbekken får salt fra E6 som er Statens vegvesens driftsansvar, og typen salt som benyttes på den kan ikke endres innenfor prosjektets rammer.)
- Fortsette med kontinuerlig overvåking i innløpsbekkene til Østensjøvannet.
- Jevnlig vannprøvetaking i ulike dyp i Østensjøvannet og kontinuerlig måling med multiparametersensor i utløpet. Dette er for å få bedre oversikt over fordelingen av de ulike avisningsmidlene og variasjoner i oksygeninnholdet i Østensjøvannet gjennom vinteren.
- Økt hyppighet på prøvetakingen av vann. For bedre referanseverdi bør det tas noen prøver, både vannprøver og bunndyrprøver, før sesongen starter. Det bør også tas noen prøver samme dag som det saltes.
- For å kunne si noe mer konkret om effekten av formiat på vegetasjon i vegkanten bør det gjennomføres en ny undersøkelse av saltskader på vegetasjon etter snøsmelting.
- Nærmere studier av tverrsnitt langs Østensjøveien der resultatene fra årets undersøkelser prøver indikerte høye saltkonsentrasjoner på 1-2 m dyp.
- Nærmere undersøkelser av nedbrytningshastighet av formiat i jord.

5 Konklusjon

- Det ser ikke ut til at tilførsel av formiat har hatt noen akutt effekt på oksygeninnholdet i tilløpsbekkene eller i Østensjøvannet.
- Det var ingen observerte akutte effekter på bunndyrsamfunnene.
- Ut fra ledningsevnen kan det antas at høye konsentrasjoner av formiat kun vil opptre med kort varighet og dermed ha mindre skadepotensiale enn om konsentrasjonene var vedvarende høye.
- Kloridkonsentrasjonen gikk ned nedstrøms i Bølerbekken etter overgangen til formiat.
- Det var ikke mulig å avgjøre om observerte skader på vegetasjonen var forårsaket av formiat eller vegsalt.
- For å unngå at tørre formiatrester blir liggende tilgjengelig for dyr, bør det jobbes for å optimalisere avisningen slik at så lite kjemikalier som mulig blir tilført miljøet.
- Det trengs flere undersøkelser gjennom en hel sesong med bruk av formiater

6 Litteratur

- Amrhein, C., Strong, J. E. & Mosher, P. A. 1992. Effect of deicing salts on metal and organic matter mobilization in roadside soils. *Environmental Science & Technology*, 26, 703-709.
- Bang, S. S. & Johnston, D. 1998. Environmental Effects of Sodium Acetate/Formate Deicer, Ice Shear™. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 35, 580-587.
- Bäckström, M., Karlsson, S., Bäckman, L., Folkesson, L. & Lind, B. 2004. Mobilisation of heavy metals by deicing salts in a roadside environment. *Water Research*, 38, 720-732.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2015. Veileder 02:2013 - revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann - Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Hellstén, P. P., A. Kivimäki, I. T. Miettinen, R. P. Mäkinen, J. M. Salminen, and T. H. Nystén. 2005a. Degradation of Potassium Formate in the Unsaturated Zone of a Sandy Aquifer. *Journal of Environmental Quality*. 34 (5), s. 1665-1671.
- Hellstén, P.P., Salminen, J.M., Jørgensen, K.S. and Nystén, T.H., 2005b. Use of potassium formate in road winter deicing can reduce groundwater deterioration. *Environmental science & technology*, 39 (13), s. 5095-5100.
- Ingerslev, M., Skov, S., Bjergager, P. & Pedersen, L.B., 2014. Alternativ glatførebekæmpelse i København: virkning på beplantninger og jord.
- Ingerslev, M., Skov, S., & Bjergager, P. 2018. Alternativ glatførebekæmpelse - virkning på jord og træer. Frederiksberg. IGN Rapport.
- Loke, M.H. (2004) Res2Dinv v. 3.54 for Windows 98/Me/2000/NT/XP. Rapid 2D Resistivity and IP Inversion Using the Least-Squares Method. Software Manual.
- Miljødirektoratet, 2016, Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, Veileder M-608, 24 s.
- Pedersen, P. A. 2007. Skader på trær og busker forårsaket av saltsprut – registreringer i Østlandsområdet våren 2003 og 2006. UMB- rapport 01/2007.
- Pedersen, P. A. 2010. Saltsprutskader på vegetasjon langs veger i Østlandsområdet 2010. Rapport. Nr. 2614. Vegdirektoratet. Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen. SaltSmart. 42 s.
- Rasa, K., Peltovuori, T. & Hartikainen, H. 2006. Effects of de-icing chemicals sodium chloride and potassium formate on cadmium solubility in a coarse mineral soil. *Science of the total environment*, 366, 819-825.
- Reynolds, J., 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. Wiley, New York, 796 s.
- Roseth, R., Tveiti, G. & Johansen, Ø. 2016. Miljøovervåkingsprogram ved Torp Sandefjord lufthavn. Resultater for kalenderåret 2015. 2. Norsk institutt for bioøkonomi.
- Roseth, R., Tveiti, G. & Johansen, Ø. 2017. Miljøovervåkingsprogrammet ved Torp Sandefjord lufthavn. Resultater for kalenderåret 2016 NIBIO-rapport 3 (42). Norsk institutt for bioøkonomi.
- Schwartz, F.S. & Zhang, H. 2003. Fundamentals of groundwater, John Wiley and sons, 583s.
- Skrutvold, J., Tveiti, G., Johansen, Ø. & Roseth, R. 2018. Miljøovervåkingsprogram ved Torp Sandefjord lufthavn. Resultater for kalenderåret 2017. NIBIO-rapport 4(27). Norsk institutt for bioøkonomi.
- Vann-Nett 2018. Østensjøvannet. NVE. Hentet fra: <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/006-2513-L>

7 Vedlegg

7.1 Prøvetaking og utstyr

Tabell 7.1: Prøvetakingsplan og utstyrsoversikt

	Metode	Parametre	Enkeltprøver	Frekvens
Østensjøvannet	Vannprøver		Mulig supplerende undersøkelser til VAV etter behovsvurdering	
Smedbergbekken Bølerbekken oppstrøms Bølerbekken nedstrøms	Multi-parameter-sensor	EC, pH, turbiditet, temperatur, vanntemperatur, O ₂ fra april 2018	Validering av multiparameter sensor	Logging fra 15min til 2 x døgnet
			Bunndyr	2 ganger
Liten bekk fra Bøgerudmyra Smedbergbekken N & S Ulsrubbekken	HOBO U24-001 Conductivity logger	EC, vannhøyde	Prøvetaking ved spesielle hendelser, høyt EC nivå, vannføring ol.	
			Bunndyr	2 ganger
Utløp	EC og vanntrykk oppstrøms og nedstrøms		Prøvetaking ved spesielle hendelser, høyt EC nivå, vannføring ol.	
Jord	Jordprøvetaking med spade	Kationbyttekapasitet (CEC), Kationer: K ⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ Anioner: Cl ⁻ og formiat Kornfordeling, Organisk innhold, vanlige kjemiske komponenter fra veg avrenning	Prøvetaking i belastede grøfteområder, ulik avstand fra veg og dyp ned til ca 1m	1
Planter	Visuell vurdering av potensielle sprutskader	Bladstørrelse, Bladfarge,		1

Tabell 7.2: Datoer for prøvetaking av vannprøver, jordprøver og snøprøver 2018.

Før bruk av formiat						
Vannprøver				Jordprøver		
Dato	Lokalitet	Dato	Lokalitet	Dato	Lokalitet	Dypde
23.01.2018	Bølerbekken oppstrøms	31.01.2018	Bølerbekken oppstrøms	06.02.2018	A	6-10 cm
23.01.2018	Bølerbekken nedstrøms	31.01.2018	Bølerbekken nedstrøms	06.02.2018	A	15-18 cm
23.01.2018	Ulsrubbekken	31.01.2018	Ulsrubbekken	06.02.2018	B	0-4 cm
23.01.2018	Smedbergbekken sør	31.01.2018	Smedbergbekken øst	06.02.2018	B	8-10 cm
23.01.2018	Smedbergbekken nord	31.01.2018	Utstrømning			
23.01.2018	Smedbergbekken øst	31.01.2018	Under broen			
Etter bruk av formiat						
Vannprøver				Jordprøver		
18.02.2018	Under broen	12.03.2018	BØL-N-S1-BUNN	15.05.2018	A	6-10 cm
26.02.2018	Under broen	12.03.2018	BØL-O-S1	15.05.2018	A	15-18 cm
12.03.2018	Under broen	12.03.2018	BØL-O-N1	15.05.2018	B	0-5 cm
26.03.2018	Under broen	12.04.2018	Ulsrubbekken	15.05.2018	B	8-10 cm
12.03.2018	Bølerbekken oppstrøms	12.04.2018	Bølerbekken oppstrøms	28.05.2018	C	0-4 cm
12.03.2018	Bølerbekken nedstrøms	12.04.2018	Bølerbekken nedstrøms	28.05.2018	C	18-20 cm
12.03.2018	Ulsrubbekken	12.04.2018	Smedbergbekken	28.05.2018	D	0-4 cm
12.03.2018	Smedbergbekken U	15.05.2018	Ulsrubbekken	28.05.2018	D	18-20 cm
12.03.2018	BØL-N-N1-TOPP	15.05.2018	Bølerbekken oppstrøm			
12.03.2018	BØL-N-N1-BUNN	15.05.2018	Bølerbekken nedstrøm			
12.03.2018	BØL-N-S1-TOPP	15.05.2018	Smedbergbekken			
Snøprøver						
Dato	Lokalitet	Snødybde (cm)	Vekt (g)			
12.03.2018	BØL-N-N1 Topp	45	490			
12.03.2018	BØL-N-N1 Bunn	45	2672			
12.03.2018	BØL-N-N2	72	1200			
12.03.2018	BØL-N-N3	64	1281			
12.03.2018	BØL-N-N0	57	1039			
12.03.2018	BØL-N-S1 Topp	100	795			
12.03.2018	BØL-N-S1 Bunn	100	2431			
12.03.2018	BØL-N-S2	68	1321			
12.03.2018	BØL-N-S3	63	1345			
12.03.2018	BØL-N-S0	54	1085			
12.03.2018	BØL-O-N1	70	2118			
12.03.2018	BØL-O-N2	68	1525			
12.03.2018	BØL-O-N3	70	1237			
12.03.2018	BØL-O-S1	45	1451			
12.03.2018	BØL-O-S2	50	993			
12.03.2018	BØL-O-S3	88	1345			

7.2 Analyseresultater vannprøver 2018

Tabell 7.3: Resultater fra analyser av olje og PAH i vannprøver (Fig 2.3) tatt 12.04.2018.

Analyse	Enhet	BØL-N	BØL-O	SLU	SME-U	ULS
Totale hydrokarboner >C5-C8	µg/l	nd	nd	nd	nd	nd
Totale hydrokarboner >C8-C10	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Totale hydrokarboner >C10-C12	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Totale hydrokarboner >C12-C16	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Totale hydrokarboner >C16-C35	µg/l	<20	<20	<20	<20	<20
Sum totale hydrokarboner >C5-C35	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Acenaften	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaftylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Antracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[a]antracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[a]pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[b]fluoranten	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[ghi]perylen	µg/l	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
Benzo[k]fluoranten	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo[a,h]antracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fenantren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranten	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/l	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
Krysen/Trifenylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Naftalen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Tabell 7.4: Fysisk-kjemiske analyser av vannprøver (Fig. 2.3) tatt i perioden januar-mai 2018.

Analyse	Enhet	BØL-N					BØL-O					SME-U					ULS				
		Før formiat		Etter formiat			Før formiat		Etter formiat			Før formiat		Etter formiat			Før formiat		Etter formiat		
		23.1.	31.1.	12.3	12.4	15.5	23.1	31.1.	12.3.	12.04	15.5	23.1.	31.1.	12.3.	12.4	15.5	23.1.	31.1.	12.3.	12.4	15.5
Formiat	mg/l	<0,5	<0,5	20	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	7,08	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5,5	3,28	<0,5	<0,5	<0,5	3,47	<0,5	<0,5
Natrium	mg/l	27	310	140	36	24	15	350	610	29	23	50	610	900	75	39	7	59	78	21	29
Klorid	mg/l	50	500	190	78	50,7	26,0	530	810	63	48,4	99	840	1100	140	74,5	15	95	120	45	59,6
Alkalinitet	mmol/l	1,1	0,8	1,1	0,93	-	1,1	0,79	1,1	0,79	-	1,1	1,2	1,1	1,5	-	0,93	0,87	0,79	1,1	-
Fargetall	mg Pt/l	22	26	14	-	-	29	35	17	-	-	10	18	6	-	-	4	8	4	-	-
Kjemisk oksygenforbruk	mg/l	<30	<30	<30	71	35	<30	<30	30,0	65	<30	<30	54	120	68	31	38	39	<30	81	36
Nitrat	µg/l	-	-	-	1200	870	-	-	-	1100	870	-	-	-	1300	660	-	-	-	1400	1900
Nitrat + Nitritt	µg/l	640	920	660	-	-	640	710	500	-	-	540	1100	470			410	910	340	-	-
Ammonium	µg/l	23	92	30	38	23	42	88	71	55	51	390	160	130	36	51	130	140	200	52	400
pH		7,6	7,6	7,8	7,7	8,0	7,8	7,6	7,8	7,5	7,7	7,7	7,6	7,6	7,5	7,8	7,8	7,8	7,7	7,7	7,8
Turbiditet	FNU	2,1	26	4,8	7,2	2,0	1,9	24	11	4,7	2,3	10	59	230	16	3,6	81	47	13	63	4,5
Sulfat	mg/l	10,4	12,3	10,6	14,3	13,8	9,28	10,7	14,5	12,1	13,5	9,32	16,4	17,5	18,0	13,2	7,07	8,71	5,32	14,9	27,8
Suspendert stoff	mg/l	< 2	24	2,7	9,5	2,1	< 2	17	5,4	2,7	2,2	9,4	48,0	180	7,1	4,4	100	67,0	21,0	96,0	5,5
Total Fosfor	µg/l	31	59	52	26	33	34	49	39	23	38	32,0	100	210	36	36	120	120	64	96	82
Total Nitrogen	µg/l	800	1200	760	1500	1100	820	1000	760	1300	1100	680	1500	810	1700	880	680	1300	620	1700	2600
Konduktivitet ved 25°C	mS/m	28,8	156	77,8	38,7	31,8	21,3	161	270	31,2	31,7	44,6	255	380	63,8	40,2	15,3	38,7	46	29,5	46
Total organisk karbon	mg/l	4,6	6	9,7	7,7	4,6	5,3	6,5	7,3	8,1	4,8	2,7	6,3	7,1	6,7	4,2	2,7	3,4	4	4	3,5

Analyse	Enhet	SLU			SME-N	SME-S	ØST-BRU			
		Før		Etter formiat	Før	Før	Etter formiat			
		31.1.	12.4	15.5	23.1	23.1	31.1	18.2	12.3	26.3
Formiat	mg/l	<0,5	0,76	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2510	3110
Natrium	mg/l	37,0	70	70	51	140	1300	15000	3100	5800
Klorid	mg/l	62,0	130	139	99	260	1700	15000	1600	4000
Alkalinitet	mmol/l	1,2	1,1	-	0,98	2	0,57	1,4	2,3	6,1
Fargetall	mg Pt/l	25	-	-	8,0	22	4	-	14,0	-
Kjemisk oksygenforbruk	mg/l	<30	59	36	<30	<30	210	2000	1400	1100
Nitrat	µg/l	-	1400	<5	-	-	-	430	--	-
Ammonium	µg/l	190	130	23	24	150	420	390	390	240
Nitrat + Nitritt	µg/l	820	-	-	500	690	420	-	820	-
pH		7,2	7,4	8,8	7,8	7,6	7,5	7,7	7,3	>11
Turbiditet	FNU	12,0	11	1,9	14	9,6	230	110	730	9,8
Sulfat	mg/l	13,2	14,7	12,9	7,98	24,2	12,8	160	25,1	28,8
Suspendert stoff	mg/l	< 2	7,0	3,3	12,0	2,3	200	150	320	29
Total Fosfor	µg/l	130	58	19	35,0	42,0	270	150	2500	97
Total Nitrogen	µg/l	1200	1800	360	620	990	1500	3400	1900	1700
Konduktivitet ved 25°C	mS/m	32,4	58,3	57,9	47,1	107	496	>4000	1120	2170
Total organisk karbon	mg/l	5,6	5,4	5,7	2,4	5,7	22	100	620	770

Tabell 7.5: Metaller i vannprøver (Fig. 2.3) tatt i perioden januar-mai 2018.

Analyse	Merknad	Enhet	BØL-N					BØL-O					SLU		
			Før formiat		Etter formiat			Før formiat		Etter formiat			Før	Etter formiat	
			23.1	31.1	12.3	12.4	15.5	23.1	31.1	12.3	12.4	15.5	31.1	12.04	15.05
Aluminium (Al)	Filtrert	µg/l	67	480	23	94	32	82	470	31	120	37	160	24	14
Aluminium (Al)	Oppsluttet	µg/l	-	-	170	320	92	-	-	310	270	120	-	330	20
Arsen (As)	Filtrert	µg/l	0,16	0,31	0,16	0,28	0,22	0,21	0,41	0,16	0,25	0,26	0,37	0,38	0,28
Arsen (As)	Oppsluttet	µg/l	-	0,49	0,3	0,49	-	-	0,58	0,4	0,39	-	0,42	0,49	-
Barium (Ba)	Filtrert	µg/l	17	39	23	27	-	16	28	31	25	-	23	31	-
Barium (Ba)	Oppsluttet	µg/l	-	41	22	29	-	-	30	35	27	-	21	36	-
Bly (Pb)	Filtrert	µg/l	0,052	0,12	0,043	0,11	0,037	0,078	0,23	0,015	0,12	0,051	0,086	0,071	0,019
Bly (Pb)	Oppsluttet	µg/l	-	1,5	< 0,20	0,42	-	-	1,6	0,3	0,31	-	0,25	0,49	-
Jern (Fe)	Filtrert	µg/l	93	79	110	-	-	120	120	73	-	-	140	-	-
Jern (Fe)	Oppsluttet	µg/l	-	1100	330	-	200	-	790	430	-	310	360	-	77
Kadmium (Cd)	Filtrert	µg/l	0,005	0,022	0,005	-	0,0070	0,007	0,022	0,019	-	0,0080	0,0095	-	<0,0040
Kadmium (Cd)	Oppsluttet	µg/l	-	0,058	0,018	-	-	-	0,057	0,043	-	-	0,013	-	-
Kalium (K)	Filtrert	mg/l	1,3	2,5	1,9	2,00	1,6	1,3	2,2	2,9	1,7	1,6	2,5	2,9	2,2
Kalium (K)	Oppsluttet	mg/l	-	-	2	2,1	1,9	-	-	3,7	2,1	1,9	-	3,1	2,9
Kalsium (Ca)	Filtrert	mg/l	25	31	38	29	29	24	26	36	26	31	29	36	29
Kalsium (Ca)	Oppsluttet	mg/l	-	-	36	28	36	-	-	36	25	37	-	37	39
Kobber (Cu)	Filtrert	µg/l	1	3,4	1,3	2,4	1,8	1,1	3,2	2,2	2,0	1,7	2	2,9	1,8
Kobber (Cu)	Oppsluttet	µg/l	-	6,4	1,00	3,5	-	-	4,9	3,4	2,9	-	2,2	4,4	-
Kobolt (Co)	Filtrert	µg/l	0,042	0,11	0,05	0,13	-	0,056	0,14	0,096	0,15	-	0,13	0,13	-
Kobolt (Co)	Oppsluttet	µg/l	-	0,69	0,094	0,28	-	-	0,54	0,28	0,25	-	0,2	0,35	-
Krom (Cr)	Filtrert	µg/l	0,1	0,6	0,11	0,20	0,088	0,1	0,45	0,21	0,21	0,088	0,22	0,19	0,065
Krom (Cr)	Oppsluttet	µg/l	-	2,7	< 0,50	0,58	-	-	1,6	0,64	< 0,50	-	< 0,50	0,79	-
Kvikksølv (Hg)	Filtrert	µg/l	<0,001	0,005	< 0,005	0,002	<0,002	0,001	0,005	< 0,005	0,003	<0,002	<0,001	<0,002	<0,002
Kvikksølv (Hg)	Oppsluttet	µg/l	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-	<0,005	<0,005	-
Magnesium (Mg)	Filtrert	mg/l	2,7	5,00	4,00	4,2	4,0	2,7	4,5	5,4	3,8	4,4	4,7	5,9	4,9
Magnesium (Mg)	Oppsluttet	mg/l	-	5,6	3,8	4,2	4,2	-	4,6	5,4	3,6	4,8	-	6,0	5,5
Mangan (Mn)	Filtrert	µg/l	27	33	28	39	23	34	33	42	42	46	4,8	-	-
Mangan (Mn)	Oppsluttet	µg/l	-	89	42,00	73	30	-	60	69	72	57	160	85	0,97
Molybden (Mo)	Filtrert	µg/l	0,63	0,82	0,48	1,0	-	0,65	0,66	0,71	0,86	-	190	120	28
Molybden (Mo)	Oppsluttet	µg/l	-	0,97	0,65	3,9	1,1	-	0,77	0,85	1,1	1,1	1,5	1,9	-
Nikkel (Ni)	Filtrert	µg/l	0,4	0,7	0,4	0,91	0,52	0,45	0,67	0,49	0,81	0,60	1,6	2,1	1,9
Nikkel (Ni)	Oppsluttet	µg/l	-	2,1	0,73	1,5	-	-	1,5	1,1	1,2	-	0,67	0,94	0,63
Sink (Zn)	Filtrert	µg/l	1,6	6,9	2,1	4,8	1,9	2,7	9,9	4,4	7,0	3,3	1,1	1,7	-
Sink (Zn)	Oppsluttet	µg/l	-	22	4,4	8,9	-	-	21	12	9,7	-	7,2	5,3	0,58

Tabell 7.6: Metaller i vannprøver (Fig. 2.3)tatt i januar- mai 2018.

Analyse	Merknad	Enhet	SME-N	SME-S	SME-U					ULS					ØST-BRU			
			Før	Før	Før formiat		Etter formiat			Før formiat		Etter formiat			Før	Etter formiat		
			23.1	23.1	23.1	31.1	12.3	12.4	15.5	23.1	31.1	12.3	12.4	15.5	31.1	18.2	12.3	26.3
Aluminium (Al)	Filtrert	µg/l	380	33	320	700	23	22	24	700	580	21.	17	8,9	570	14	23	-
Aluminium (Al)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	-	6300	530	120	-	-	630	3700	120	-	4600	15000	-
Arsen (As)	Filtrert	µg/l	0,14	0,18	0,11	0,29	0,24	0,26	0,25	0,22	0,40	0,16	0,53	0,92	0,11	0,26	1,2	0,31
Arsen (As)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	0,8	2,2	0,38	-	-	0,70	0,49	1,1	-	0,86	2,3	3,5	3,3
Barium (Ba)	Filtrert	µg/l	14	49	16	51	65	32	-	7,8	15	15	18	-	57	320	78	29
Barium (Ba)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	60	110	35	-	-	25	17	53	-	76	260	210	120
Bly (Pb)	Filtrert	µg/l	< 0,010	0,036	< 0,010	0,1	0,15	0,064	0,049	0,023	0,017	0,1	0,014	0,011	< 0,010	0,018	2,8	0,29
Bly (Pb)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	2,1	5,6	0,41	-	-	1,9	0,5	2,4	-	3,2	3,1	14	1
Jern (Fe)	Filtrert	µg/l	< 0,30	220	19	80	7,1	-	-	2,8	7,2	3,3	-	-	2,7	-	36	-
Jern (Fe)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	2400	7600	-	200	-	1100	630	-	200	3800	-	21000	-
Kadmium (Cd)	Filtrert	µg/l	0,007	0,013	0,005	0,031	0,043	-	0,0080	0,0040	0,010	0,005	-	0,013	0,019	-	0,019	-
Kadmium (Cd)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	0,058	0,14	-	-	-	< 0,010	0,027	-	-	0,13	-	0,41	-
Kalium (K)	Filtrert	mg/l	1,3	3,4	1,4	4,3	4,3	3,1	1,6	0,88	1,8	0,99	2,2	3,0	3,6	37	21	0,68
Kalium (K)	Oppsluttet	mg/l	-	-	-	-	6,9	3,2	1,9	-	-	1,3	3,4	3,9	-	84	24	51
Kalsium (Ca)	Filtrert	mg/l	25	53	27	42	38	40	31	20	25	24	30	43	18	72	20	3,0
Kalsium (Ca)	Oppsluttet	mg/l	-	-	-	-	40.00	38.00	36.00	-	-	23	30	53	-	67	26	89
Kobber (Cu)	Filtrert	µg/l	0,6	1,6	0,71	5,8	4,7	2,8	1,6	0,69	2,2	0,84	2,3	2,3	7,6	16	21	1,2
Kobber (Cu)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	15	24	3,5	-	-	3,9	2,4	6,8	-	39	57	130	28
Kobolt (Co)	Filtrert	µg/l	0,016	0,18	0,033	0,27	0,57	0,10	-	0,029	0,052	0,031	0,045	-	1,9	2,4	2,1	0,57
Kobolt (Co)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	1,6	4,2	0,27	-	-	0,50	0,33	1,2	-	5.00	7,4	15	0,81
Krom (Cr)	Filtrert	µg/l	< 0,050	0,086	< 0,050	0,61	0,54	0,19	0,17	< 0,050	0,28	0,086	0,16	0,14	0,56	0,88	2,4	0,71
Krom (Cr)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	4,8	11.00	0,99	-	-	2,4	0,86	5,1	-	9	14	44	29
Kvikksølv (Hg)	Filtrert	µg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005	< 0,005	0,003	< 0,002	< 0,001	0,004	< 0,005	0,002	< 0,002	0,004	0,005	< 0,005	< 0,002
Kvikksølv (Hg)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	< 0,005	0,013	0,005	-	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-	< 0,005	< 0,005	0,022	< 0,005
Magnesium (Mg)	Filtrert	mg/l	4,4	11	4,7	14	15	7,5	5,3	1,8	3,0	1,8	3,8	6,9	7,9	23	7,9	1,1
Magnesium (Mg)	Oppsluttet	mg/l	-	-	-	14	17	7,4	5,4	-	3,6	1,9	4,6	7,5	9,3	27	17	1,3
Mangan (Mn)	Filtrert	µg/l	4,9	270	25	73	130	50	39	13	12	9,8	8,5	57	89	250	79	46
Mangan (Mn)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	150	300	78	48	-	34	36	66	75	170	450	460	22
Molybden (Mo)	Filtrert	µg/l	0,95	1,8	0,85	1,6	1,3	4,0	-	0,72	1,0	0,43	1,4	-	1,7	5,9	4,3	0,040
Molybden (Mo)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	2,1	2,4	4,3	1,6	-	0,98	0,47	1,6	2,6	2,8	8,5	9,9	35
Nikkel (Ni)	Filtrert	µg/l	0,23	0,86	0,3	0,99	0,96	0,97	0,58	0,24	0,49	0,21	0,66	0,66	1,6	4,6	3,8	1,7
Nikkel (Ni)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	3,7	10	1,6	-	-	2,2	1,2	5,3	-	6,2	14	27	3,8
Sink (Zn)	Filtrert	µg/l	1,4	3,4	1,2	24	12	4,1	2,0	0,96	2,7	1,9	1,1	3,7	47	29	35	5,4
Sink (Zn)	Oppsluttet	µg/l	-	-	-	68	110	7,1	-	-	12	11	18	-	170	120	650	35

7.3 Oksygenmålinger Østensjøvannet

Tabell 7.7: Oksygenkonsentrasjon ved ulike dyp i Østensjøvannet vinteren 2018 vist som gjennomsnittsverdier, minimumsverdier og maksimumsverdier.

Dyp (m)	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt
0,25	53,6	90,5	75,3
0,5	54,2	94,3	75,8
0,75	48,8	89,3	71,2
1	36,2	76,7	54,4
1,25	29,5	68,4	42,7
1,5	21,8	45,8	36,3
1,75	19,8	37,9	31,7
2	19,3	42	28,5
2,25	18,3	42,6	27,8
2,5	16,2	35,3	26,1
2,75	13,8	36	25,6
3	10,5	34,8	22,3

7.4 Analyseresultater snøprøver

Tabell 7.8: Fysisk-kjemiske analyser av snøprøver (Fig. 2.11) tatt 12.03.2018.

Analyse	Enhet	BØL-N-N1-BUNN	BØL-N-N1-TOPP	BØL-N-S1-BUNN	BØL-N-S1-TOPP	BØL-O-N1	BØL-O-S1
Formiat	mg/l	119	289	56,2	202	35,00	581,00
Natrium, filtrert	mg/l	340	560	280	640	84,00	690,00
Natrium, oppsluttet	mg/l	320	500	280	570	83,00	630,00
Klorid	mg/l	380	540	360	700	89,00	530,00
Alkalinitet	mmol/l	0,34	0,53	0,23	0,5	0,29	0,96
Fargetall	mg Pt/l	<2	4	<2	3	2,00	5,00
Kjemisk oksygenforbruk	mg/l	690	560	280	570	590,00	530,00
Konduktivitet ved 25°C	mS/m	145	221	122	250	36,30	256,00
Ammonium	µg/l	130	200	150	210	83,00	270,00
Nitrat + Nitritt	µg/l	260	500	280	490	100,00	500,00
Total Nitrogen	µg/l	540	790	400	770	480,00	910,00
pH		7,5	7,3	7,2	7,4	7,50	8,00
Sulfat	mg/l	3,83	7,31	2,95	9,41	0,83	5,80
Suspendert stoff	mg/l	1700	1000	440	980	1600,00	620,00
Total Fosfor	µg/l	1000	870	440	900	1300,00	620,00
Total organisk karbon	mg/l	120	140	56	120	110,00	180,00
Turbiditet	FNU	820	590	370	680	730,00	560,00

Tabell 7.9: Metaller i snøprøver (Fig. 2.11) tatt langs Østensjøveien 12.03.2018.

Analyse	Merknad	BØL-N-N1-BUNN	BØL-N-N1-TOPP	BØL-N-S1-BUNN	BØL-N-S1-TOPP	BØL-O-N1	BØL-O-S1
Aluminium (Al)	Filtet	46	20	29	18	56	34
Aluminium (Al)	Oppsluttet	26000	15000	9500	17000	22000	13000
Arsen (As)	Filtet	0,069	0,14	0,056	0,12	0,10	0,24
Arsen (As)	Oppsluttet	5,4	3	2	3,6	4,50	3
Barium (Ba)	Filtet	20	30	17	34	5,20	20
Barium (Ba)	Oppsluttet	280	180	110	210	190	130
Bly (Pb)	Filtet	0,16	0,11	0,12	< 0,010	0,37	0,09
Bly (Pb)	Oppsluttet	26	18	9,2	15	37	28
Jern (Fe)	Filtet	17	19	13	7,1	23	22
Jern (Fe)	Oppsluttet	42000	24000	14000	26000	32000	19000
Kadmium (Cd)	Filtet	0,012	0,031	0,005	0,028	< 0,0040	0,01
Kadmium (Cd)	Oppsluttet	0,84	0,48	0,28	0,55	0,63	0,46
Kalium (K)	Filtet	1,7	2,5	1,2	2,8	0,75	2,30
Kalium (K)	Oppsluttet	7,9	7,1	3,8	7,7	6,20	5,80
Kalsium (Ca)	Filtet	3,9	7	3,3	9,3	2,60	8
Kalsium (Ca)	Oppsluttet	24	17	9,3	21	19,00	17
Kobber (Cu)	Filtet	2,5	5,6	2,1	4,9	1,90	4,80
Kobber (Cu)	Oppsluttet	200	120	70	140	140	97,00
Kobolt (Co)	Filtet	0,21	0,55	0,3	0,65	0,07	0,20
Kobolt (Co)	Oppsluttet	21	12	7,2	14	17,00	11
Krom (Cr)	Filtet	0,24	2,6	0,17	0,92	0,25	5,70
Krom (Cr)	Oppsluttet	79	48	26	49	54	43
Kvikksølv (Hg)	Filtet	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Kvikksølv (Hg)	Oppsluttet	0,029	0,025	0,014	0,022	0,04	0,02
Magnesium (Mg)	Filtet	1,3	2,3	1,3	2,8	0,47	2,50
Magnesium (Mg)	Oppsluttet	19	13	7,1	14	16	11
Mangan (Mn)	Filtet	22	46	23	58	6,20	23
Mangan (Mn)	Oppsluttet	670	410	240	460	600	390
Molybden (Mo)	Filtet	0,52	0,93	0,33	1,1	0,23	0,93
Molybden (Mo)	Oppsluttet	9	5,5	3,2	6,4	5,90	5,10
Nikkel (Ni)	Filtet	0,71	2,3	0,98	2,1	0,25	1,20
Nikkel (Ni)	Oppsluttet	50	29	17	32	39	25,00
Sink (Zn)	Filtet	4	15	8,8	14	2,20	2,50
Sink (Zn)	Oppsluttet	640	390	230	450	500	360

7.5 Analyseresultater jordprøver

Tabell 7.10: Kationebyttekapasitet i jordprøver (Fig. 2.13) tatt ved ulike dyp 28.05.2018.

Parameter	Enhet	25A		30B	
		3-5 cm	13-20 cm	3-5 cm	18-20 cm
Tørrstoff	%	89,3	85,6	84,7	94,1
pH		5,9	5,9	6,1	7,2
Kalsium	Cmol+/kg Exchangeble effective	16,3	15,3	16,4	12,5
Magnesium	Cmol+/kg Exchangeble effective	1,1	0,8	1,1	0,5
Kalium	Cmol+/kg Exchangeble effective	0,6	0,3	0,3	0,3
Natrium	Cmol+/kg Exchangeble effective	0,7	0,3	0,5	0,1
Replacement acidity	Cmol+/kg	0,86	<0,10	0,68	<0,10
Kalsium	Cmol+/kg	15,7	14,6	16,4	12
Magnesium	Cmol+/kg	1,1	0,8	1,1	0,6
Kalium	Cmol+/kg	0,7	0,3	0,3	0,3
Natrium	Cmol+/kg	0,9	0,3	0,3	0,1
CEC potensial	Cmol+/kg	32,4	28,6	30	15,5
CEC effektiv	Cmol+/kg	23,1	21,5	22,9	15,4
Sum kationer	Cmol+/kg	18,4	16,0	18,1	13
Sum kationer	Cmol+/kg Effektiv	18,7	16,7	18,3	13,4

Tabell 7.11: Analyseresultater fra jordprøver tatt våren 2018

Parameter	Enhet	1B	2B	3C	4	A	A	B	B	25A	25A	30B	30B
		0-10 cm	15-20 cm	0-5 cm		3-5 cm	15-18 cm	3-5 cm	15-18 cm	3-5 cm	13-20 cm	3-5 cm	18-20 cm
		06.02	06.02	06.02	06.02	15.05	15.05	15.05	15.05	28.05	28.05	28.05	28.05
Aluminium (Al)	mg/kg	6600	7500	6100	7300	8200	11000	4600	7100	19000	16000	18000	17000
Arsen (As)	mg/kg	2,6	3,5	1,9	3,5	1,9	4,0	1,6	1,6	3,6	5,0	4,5	5,8
Barium (Ba)	mg/kg	43	61	43	63	39	38	32	37	160	140	150	140
Bly (Pb)	mg/kg	86	820	16	35	200	65	12	48	66	47	82	31
Formiat	mg/kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Jern (Fe)	mg/kg	17000	21000	15000	20000	22000	25000	12000	15000	23000	21000	23000	28000
Kadmium (Cd)	mg/kg	< 0,20	1,4	< 0,20	< 0,20	0,65	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,29	0,30	0,39	< 0,20
Kalium (K)	mg/kg	1500	1300	1200	1300	1300	1100	850	970	3300	2600	2900	2700
Kalsium (Ca)	mg/kg	14000	7700	12000	12000	5000	18000	13000	9300	6700	5300	7600	5600
Klorid (Cl)	mg/kg	1750	1920	3580	3290	115	106	93	45.1	2.49	2.48	2.51	3.1
Kobber (Cu)	mg/kg	68	550	63	43	2300	64	28	42	29	31	110	29
Kobolt (Co)	mg/kg	7,9	13	7,2	9,9	15	15	5,5	9,9	12	10	14	15
Krom (Cr)	mg/kg	15	21	20	24	21	26	11	17	25	24	28	41
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	0,016	0,064	0,005	0,013	0,117	0,017	0,003	0,007	0,049	0,058	0,050	0,031
Magnesium (Mg)	mg/kg	5700	7000	6200	7600	6900	8400	4200	5600	6500	5300	7300	8700
Mangan (Mn)	mg/kg	240	240	250	390	260	300	190	370	480	400	500	540
Molybden (Mo)	mg/kg	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,3	< 2,0	< 2,0
Natrium (Na)	mg/kg	2200	1800	3600	3200	860	620	650	590	480	230	390	190
Nikkel (Ni)	mg/kg	20	36	28	45	30	48	18	28	26	26	32	58
Sink (Zn)	mg/kg	250	360	230	260	370	160	180	150	110	100	230	90
Tørrstoff	%	100	100	98.1	99.4	86.5	87.3	88.4	91.7	86.6	87.4	85.8	91.3

7.6 Resultater bunndyrprøver

Tabell 7.12: Resultater fra bunndyrprøver tatt i Bølerbekken og Smedbergbekken 01.02.2018 og 11.04.2018

	01.feb.18			11.apr.18		
	BØL-O	BØL-N	SME-U	BØL-O	BØL-N	SME-U
TURBELLARIA (Flatmark)	4	4	-	1	-	-
NEMATODA (Rundormer)	12	-	-	16	-	4
OLIGOCHAETA (Fåbørstemark)						
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Vannmeitemark)	24	2	16	16	-	3
Enchytraeidae ubestemte	8	-	-	60	8	12
<i>Lumbriculus variegatus</i>	12	4	4	4	1	-
<i>Stylogdrilus heringianus</i>	28	20	24	252	148	120
Tubificidae ubestemte	8	16	-	4	8	1
Ubestemte små (Naididae, Enchytraeidae)	400	16	68	380	60	150
Ubestemte	-	-	28	-	-	108
Ubestemte kokonger	68	12	16	48	28	64
BIVALVIA (Muslinger)						
<i>Pisidium</i> sp. (Ertemuslinger)	16	2	1	72	1	2
CRUSTACEA (Krepsdyr)						
<i>Asellus aquaticus</i> (Asell)	-	-	5	-	-	20
Copepoda, Calanoida (Hoppekreps)	-	-	-	12	-	-
Copepoda, Cyclopoida (Hoppekreps)	12	4	1	16	4	1
Copepoda, Harpacticoida (Hoppekreps)	16	4	-	-	-	-
Ostracoda (Muslingkreps)	-	1	-	-	-	-
HYDRACARINA (Vannmidd)	8	-	-	8	12	-
COLLEMBOLA (Spretthaler)	8	1	4	4	-	8
EPHEMEROPTERA (Døgnfluer)						
<i>Baëtis rhodani</i>	28	12	248	68	20	384
<i>Leptophlebia marginata</i>	-	-	-	4	-	-
PLECOPTERA (Steinfluer)						
<i>Leuctra hippopus</i>	1	-	-	2	-	-
<i>Leuctra</i> sp. (små)	4	-	-	-	-	-
<i>Nemoura cinerea</i>	8	-	1	8	4	4
Nemouridae ubestemte (små)	-	4	-	-	-	-
TRICHOPTERA (Vårfluer)						
<i>Chaetopteryx</i> sp.	1	-	-	-	-	-
Limnephilidae ubestemte (små)	4	-	-	4	-	-
<i>Micropterna lateralis</i>	-	-	4	-	-	-
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	4	-	-	4	2	-
Polycentropodidae ubestemte (små)	-	-	-	-	4	-

<i>Rhyacophila fasciata</i>	-	-	1	4	-	4
<i>Rhyacophila</i> sp. (små)	4	-	-	-	-	-
<i>Sericostoma personatum</i>	-	-	-	4		
COLEOPTERA (Biller)						
Dytiscidae ubestemte (larver)	1	-	-	2	-	-
<i>Hydraena</i> sp. (larver)	-	-	-	4	-	-
DIPTERA (Tovinger)						
CERATOPOGONIDAE (Sviknott)	-	4	8	4	16	12
CHIRONOMIDAE (Fjærmygg)	720	152	568	2280	180	720
EMPIDIDAE (Dansefluer)	4	-	1	12	-	12
LIMONIIDAE (Småstankelbein)						
<i>Pseudolimnophila</i> sp (?)	-	-	4	-	-	-
<i>Rhypholophus</i> sp.	-	-	4	-	-	-
PEDICIIDAE (Småstankelbein)						
<i>Dicranota</i> sp.	2	4	-	3	1	-
PSYCHODIDAE (Sommerfuglmygg)						
<i>Pericoma</i> sp.	4	4	-	-	-	-
<i>Psychoda</i> sp.	-	-	-	4	-	-
Ubestemte	4	-	4	-	-	-
SIMULIIDAE (Knott)	-	12	20	24	4	3
TABANIDAE (Klegg)	-	1	-	-	-	-
TIPULIDAE (Stankelbein)						
<i>Tipula</i> sp.	1	-	-	-	-	-
Ubestemte Diptera	-	-	-	-	4	-
EPT	7	2	4	8	3	3
ASPT	5.25	3.86	4.33	5.87	4.14	4.00

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.