

Effekter av drikkevannsregulering på økologisk tilstand i Helgeren



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Effekter av drikkevannsregulering på økologisk tilstand i Helgeren	Løpenummer 7392-2019	Dato 29.05.2019
Forfatter(e) Jan-Erik Thrane, Markus Lindholm, Marit Mjelde, Benoit Demars, Johnny Hall, Jens Thaulow.	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslomarka	Sider 36

Oppdragsgiver(e) Vann og avløpsetaten, Oslo kommune	Oppdragsreferanse Toril Giske
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17379

<p>Sammendrag</p> <p>I 2018 gjennomførte NIVA biologiske undersøkelser i Helgeren, et regulert drikkevannsmagasin som inngår i Oslos vannforsyning. Målet var å vurdere hvorvidt drikkevannsreguleringen går ut over den økologiske tilstanden i innsjøen. Til dette formålet undersøkte vi vannplanter, bunndyr, edelkreps og fisk, og gjorde vurdering av gytebekkene og rekrutteringsforholdene for ørret. Vi beregnet vannstandsindeksen for vannplanter (Wlc) og vurderte hvorvidt bunndyr og fisk ser ut til å være påvirket av reguleringene. Forsuringsindeksene for vannplanter og bunndyr ble beregnet for å avkrefte forsuringspåvirkning.</p> <p>Undersøkelsene viser at Helgeren er i moderat økologisk tilstand. Dette er basert på vannstandsindeksen for vannplanter. Det finnes ikke indekser som direkte kvantifiserer effekter av regulering på bunndyr eller fisk i vannforskriften, men basert på en ekspertvurdering mener vi at heller ikke bunndyrfaunaen eller fiskesamfunnet vil nå miljømålet om god økologisk tilstand. Bunndyrfaunaen var relativt artsfattig og hadde også påfallende lave tettheter. Den lave diversiteten er sannsynligvis relatert til vannstandssvingninger. Helgeren er ikke forsuringspåvirket, ettersom forsuringsindeksene for vannplanter og bunndyr viste henholdsvis god og svært god tilstand. Fiskesamfunnet er påvirket av ørekyte, som i Helgeren sannsynligvis er en fremmed art, og også sik er blitt introdusert. Abborbestanden er god, og består av individer i alle størrelsesklasser, men det er rimelig å tro at produksjonen av ørret er blitt skadelidende av reguleringen. Det vil være viktig med data fra flere års prøvefiske for å skaffe mer pålitelige data om fiskesamfunnet. Basert på Wlc og ekspertvurderinger av bunndyr og fisk konkluderer vi med at økologisk tilstand i Helgeren er under miljømålet, og at årsaken er fysiske endringer knyttet til reguleringen.</p>
--

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vannstandsregulering Drikkevann Økologisk tilstand Miljøovervåking 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Water level regulation Drinking water Ecological status Environmental monitoring
---	--

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Jan-Erik Thrane
Prosjektleder

Tor Erik Eriksen
Faglig kvalitetssikrer

Therese Fosholt Moe
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7127-0
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

Effekter av drikkevannsregulering på økologisk tilstand i Helgeren

Forord

Vann og avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune regulerer Nordmarksvassdraget med hensyn til drikkevannsforsyning. For å vurdere effektene av reguleringene på økologisk tilstand i henhold til vannforskriften, ønsket VAV å gjennomføre biologiske undersøkelser i et av sine regulerte råvannsmagasiner. Helgeren ble vurdert som en egnet kandidat, ettersom tidligere undersøkelser har antydnet at det kan være behov for tiltak her (Berge 2013). Videre anså VAV Helgeren som en god referanse for de andre store regulerte innsjøene i Nordmarka.

NIVA gjennomførte i 2018 undersøkelser av vannplanter, fisk, kreps og bunndyr i Helgeren for å vurdere påvirkninger fra reguleringen. I tillegg til forfatterne av rapporten har følgende personer bidratt til prosjektets gjennomføring: Jonas Persson (feltarbeid og taksonomisk analyse av bunndyr), Ida Dahl Hansen (Akvaplan-niva; taksonomisk analyse av bunndyr), Joanna Kemp (taksonomisk analyse av bunndyr) og Marte Jenssen (feltarbeid vannplanter). Tor Erik Eriksen har kvalitetssikret rapporten. Takk til alle!

Oslo, 29.05.2019

Jan-Erik Thrane

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	7
2	Metode	8
2.1	Vannkjemi, vannstandsdata og vanntype.....	8
2.2	Vannplanter	8
2.2.1	Feltarbeid.....	8
2.2.2	Økologisk tilstand, vannplanter.....	10
2.3	Bunndyr.....	10
2.3.1	Økologisk tilstand, bunndyr.....	10
2.4	Kreps	11
2.5	Fisk	11
2.5.1	Økologisk tilstand, fisk.....	11
3	Resultater	12
3.1	Vannstandsvariasjoner	12
3.2	Vannplanter	13
3.2.1	Artssammensetning og artsantall.....	13
3.2.2	Økologisk tilstand for vannplanter	15
3.3	Fisk	15
3.3.1	Artssammensetning.....	15
3.3.2	Fangstutbytte, dominansforhold og lengdefordeling	15
3.3.3	Gyteforhold for ørret.....	16
3.4	Bunndyr.....	17
3.4.1	Forsuringsindeks for bunndyr.....	17
3.5	Kreps	18
4	Diskusjon	18
5	Konklusjon	21
6	Referanser.....	22
7	Vedlegg.....	24

Sammendrag

I 2013 ble det gjort en gjennomgang av de eksisterende hydromorfologiske påvirkningene i de 51 innsjøene som inngår i Oslos vannforsyning, samt en teoretisk vurdering av hvorvidt inngrepene påvirker økologisk tilstand og påkrever tiltak i henhold til vannforskriften (Berge 2013). Rapporten konkluderer med at det kan være behov for tiltak i Helgeren, ettersom dette er en av innsjøene som reguleres hardest. I vanlige år varierer vannstanden 1-3 meter. På grunn av den ekstremt tørre og varme sommeren 2018 var vannstanden i undersøkelsesåret spesielt lav (> 3 m under HRV på det laveste).

For å verifisere de teoretiske vurderingene som ble gjort i Helgeren i 2013, samt generelt å vurdere hvorvidt drikkevannsreguleringen påvirker samfunn av vannplanter, bunndyr, kreps og fisk, ønsket Vann og avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune å få gjennomført biologiske undersøkelser i innsjøen med påfølgende klassifisering av økologisk tilstand.

I 2018 undersøkte derfor NIVA vannplanter, bunndyr, kreps og fisk i Helgeren. Vannplanter ble undersøkt én gang etter standard metodikk, og vi beregnet vannstandsindeksen W_{lc} for å vurdere effekter av reguleringen. Vi prøvete bunndyr i øvre litoralsone og langs dybdetranssekter både vår og høst. Vi satt også krepseteiner for å verifisere tilstedeværelse av edelkreps. Fisk ble undersøkt med standard garnfiske på høsten, samt rusefiske. En vurdering av gytebekkene og rekrutteringsforholdene for ørret ble også gjennomført. I tillegg til å vurdere effekter av reguleringen beregnet vi forsurningsindeksene for vannplanter og bunndyr.

Undersøkelsene viser at Helgeren er i moderat økologisk tilstand. Dette er basert på vannstandsindeksen for vannplanter, som kom ut i moderat tilstand. Det finnes ikke indekser som direkte kvantifiserer effekter av regulering på bunndyr eller fisk i vannforskriften, men basert på en ekspertvurdering mener vi at heller ikke bunndyrfaunaen eller fiskesamfunnet vil nå miljømålet om god økologisk tilstand. Bunndyrfaunaen var relativt artsfattig og hadde også påfallende lave tettheter. Den lave diversiteten kan sannsynligvis forklares med vannstandssvingninger, slik det er vist tidligere i litteraturen fra både inn- og utland. Helgeren er ikke forsurningspåvirket, ettersom forsurningsindeksene for vannplanter og bunndyr viste henholdsvis god og svært god tilstand. Fiskesamfunnet er påvirket av ørekyte, som i Helgeren sannsynligvis er en fremmed art, og også sik er blitt introdusert, gjennom tunellen fra Trehjørningen. Abborbestanden i Helgeren er god, og består av individer i alle størrelsesklasser, men undersøkelsene tyder på at produksjonen av ørret har blitt skadelidende av reguleringen – slik man finner det i andre sympatriske fiskesamfunn. Det vil allikevel være viktig med data fra flere års prøvefiske for å skaffe mer pålitelige data om fiskesamfunnet. Basert på W_{lc} og ekspertvurderinger av bunndyr og fisk konkluderer vi med at økologisk tilstand i Helgeren er under miljømålet, og at årsaken er fysiske endringer knyttet til reguleringen.

Summary

Title: Effects of water level regulations on the ecological status of Lake Helgeren, a drinking water reservoir.

Year: 2019

Authors: Jan-Erik Thrane, Markus Lindholm, Marit Mjelde, Benoit Demars, Johnny Hall, Jens Thaulow.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7127-0

In 2013, a review was made of the existing hydromorphological impacts in the 51 lakes that are included in Oslo's water supply, as well as a theoretical assessment of whether the interventions have sufficient impact on ecological status to trigger measures, according to the EU Water Framework Directive (WFD; Berge 2013). The report concludes that there may be a need for measures in Lake Helgeren, as this is one of the lakes in this area that are regulated most actively. In normal years, the water level varies from one to three meters.

In order to verify the theoretical assessments that were made in 2013, and generally to assess whether the drinking water regulation impacts the biology and the ecological status according to the WFD, the Agency for Water and Sewage Works in Oslo wanted to carry out a biological assessment in Lake Helgeren, and a classification of ecological status.

In 2018, NIVA surveyed water plants (aquatic macrophytes), benthic invertebrates and fish in Lake Helgeren. Water plants were surveyed once by standard methodology, and we calculated the water level index W_{lc} to assess effects of the water level fluctuations. We sampled benthic invertebrates in the upper littoral zone and along depth transects both in spring and autumn. We also put out crayfish traps to verify the presence of noble crayfish (*Astacus astacus*). Fish was examined with standard gillnet fishing in the fall, and minnow traps. An assessment of the spawning streams and the recruitment conditions for trout was also conducted. In addition to assessing the effects of the water level regulations, we calculated the acidification indices for water plants and benthic invertebrates.

The surveys show that Lake Helgeren is in moderate ecological status. This is based on the water level index for aquatic plants, which indicated moderate status. There are no indices that directly quantify the effects of regulation on benthic invertebrates or fish in Norwegian lake basins, however, based on an expert assessment, we believe that neither the benthic invertebrate fauna nor the fish community will achieve the objective of good ecological status according to the WFD. The benthic invertebrate fauna was relatively species poor and has strikingly low densities. The low diversity can probably be attributed to water level fluctuations, as is shown earlier in the literature from both Norway and abroad. Lake Helgeren is not affected by acidification, as the acidification indices for aquatic plants and benthic invertebrates showed good and very good ecological status, respectively. The fish community is influenced by the common minnow, which in lake Helgeren probably is a foreign species, and whitefish have also been introduced, through the tunnel from Lake Trehjørningen. The perch populations in Lake Helgeren is good, with individuals in all size classes, but it is reasonable to believe that the production of trout has been harmed by the water level regulations - again as found in other sympatric fish communities. Still, data from several years of test fishing will be important to obtain more reliable data on the fish community. Based on W_{lc} and expert evaluations of benthic invertebrates and fish, we conclude that the ecological status in lake Helgeren is below the environmental objective, and that the reason is physical changes related to the water level regulation.

1 Introduksjon

Mange av de større innsjøene i Oslomarka reguleres aktivt for å sikre stabil tilførsel av drikkevann til Oslo gjennom året. Reguleringene har foregått lenge, men dagens reguleringspraksis følger manøvreringsregimet fra 1995 (Berge 2013). Magasinene fylles etter snøsmelting og kun overflødig vann tappes ut. I seks av magasinene tappes det ned ekstra om høsten for dempe en eventuell høstflom, før de fylles opp til høyeste regulerte vannstand (HRV) før vinteren for å sikre fulle drikkevannsmagasiner vinteren gjennom. Helgeren er ikke blant magasinene som tappes for å dempe flom om høsten, og har en relativt usystematisk vannstandsvariasjon gjennom året, som følger av variasjon i nedbør og behovet for drikkevann. Årsmønsteret i vannstand er dermed mindre utpreget enn det man typisk ser i innsjøer som er regulert til kraftformål (Lien og Bækken 1997).

Innsjøene med størst magasineringkapasitet for drikkevann er de store innsjøene i det vestre Nordmarksvassdraget, samt Helgeren i det østre Nordmarksvassdraget. Disse reguleres også mest aktivt. Reguleringen gjøres i utgangspunktet så forsiktig som mulig, men i enkelte sjøer er resultatet tidvis allikevel betydelige vannstandsvariasjoner (Berge 2013). I Helgeren, for eksempel, varierer vannstanden gjerne 1-3 meter i vanlige år (Lien og Bækken 1997). Vannstandsvariasjonene som følger av drikkevannsreguleringen kan medføre negative effekter på biologien i innsjøen og dermed også den økologiske tilstanden i henhold til vannforskriften.

Når en innsjø utsettes for unaturlige vannstandsvariasjoner, kan det medføre tørrlegging av den produktive strandsonen (litoralsonen), utvasking av næringssalter og endret sedimenttransport. Sistnevnte kan også medføre endringer i substrat- og bunnforhold (Økland & Økland 1995; Wetzel 2001; Carmignani & Roy 2017). Disse mekanismene påvirker samfunnene av vannplanter, bunndyr og fisk, og sekundært hele innsjøen som økosystem. Vannplantene har spesielle krav til lys og substratforhold, og noen er følsomme for uttørking. Bunndyrene (bl. a. larver og nymfer av insekter) er avhengige av strandsonens heterogene habitater for skjul og tilgang på mat. Disse er igjen mat for fisk. En reduksjon i mengden eller artssammensetningen av bunndyr kan gi mindre mat for fisken, eller endringer i konkurransevilkår mellom fiskearter. Hvis strandsonen forringes, vil for eksempel fiskearter som lever av dyreplankton i de frie vannmassene, som sik, røye og dels abbor, kunne få en fordel i konkurransen med mer litorale arter som ørret. Store vannstandsvariasjoner vil også virke negativt inn på fiskens gytemuligheter og rekruttering.

I 2013 ble det gjort en gjennomgang av de eksisterende hydromorfologiske påvirkningene i de 51 innsjøene som inngår i Oslos vannforsyning (kun 38 av disse er oppdemte), samt en teoretisk vurdering av hvorvidt inngrepene har en så negativ innvirkning på økologisk tilstand at det vil kunne utløse tiltak i henhold til vannforskriften (Berge 2013). For at dette skal bli aktuelt må tilstanden reduseres til moderat eller dårligere. Rapporten konkluderer med at det kan være behov for tiltak i Helgeren, fordi dette er en av innsjøene som reguleres hardest, og i tillegg har relativt store grunne områder som kan tørrlegges under nedtapping. Ifølge Berge (2013) har Oslomarka fiskeadministrasjon (OFA) også antydnet at fiskesamfunnet har blitt endret de senere årene, og er mer dominert av småfaller sik og røye, på bekostning av ørret.

Helgeren ble demmet opp ca. 6 meter tidlig på 1900-tallet, og fikk dermed et betydelig forstørret vannvolum (Kirkebøen 2016). Reguleringshøyden gjennom året er vanligvis rundt 2 meter, men det varierer mellom 1 og 3 meter avhengig av nedbør og drikkevannsbehov. Sommeren 2018 var rekordvarm, og blant de tørreste siden målingene startet opp i år 1900. Det kom kun 61% av normal nedbørmengde i perioden mai-juli (Skaland m. fl. 2018). De spesielle værforholdene gjorde at vannstanden i undersøkelsesåret var betydelig lavere enn det som er normalt.

For å verifisere de teoretiske vurderingene som ble gjort i 2013, samt generelt å vurdere hvorvidt drikkevannsreguleringen i marka går ut over den økologiske tilstanden i henhold til vanddirektivet, ønsket Vann og avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune å få gjennomført biologiske undersøkelser i Helgeren. De ønsket også estimater på bestandstettheter av de ulike fiskeartene i innsjøen, en vurdering av rekrutteringsforholdene for ørret, og årsakene til eventuell manglende rekruttering. I denne rapporten presenterer vi resultatene fra undersøkelsene som ble foretatt gjennom sommersesongen 2018, og gir en vurdering av hvorvidt den økologiske tilstanden i Helgeren er påvirket av drikkevannsreguleringen.

2 Metode

2.1 Vannkjemi, vannstandsdata og vanntype

Data på vannstand i Helgeren de ti siste årene (2009-2018) ble oversendt fra Oslo kommune sammen med vannkemiske data fra 1981 til 2018. Kommunen har selv stått for vannprøvetakingen.

Helgeren har et areal på 1,8 km² og et maksdyp på rundt 36 meter (Vedleggsfigur 2). Opprinnelig har innsjøen tilførsel fra vassdraget som drenerer gjennom Finntjernet, Kalvsjøen, store Gørja og lille Gørja i sør-øst, men siden 1906 har Helgeren også blitt tilført vann gjennom en tunell fra Trehjørningen, som igjen er overført fra Nordvannet som et ledd i å sikre drikkevannsforsyningen til Oslo by (Kirkeboen 2016). Nedbørfeltet er dominert av skog (> 80%), med innslag av myr.

I Vann-nett er Helgeren registrert med vannforekomst ID 006-300-L og vanntype L205: *middels (200-800 moh), kalkfattig, klar*. Typifiseringen stemmer med vannkjemidataene fra de senere år (Vedleggsfigur 1), og vi har basert klassifiseringene og de ulike indeksene på denne vanntypen.

Helgeren er næringsfattig, med konsentrasjoner av total-fosfor mellom ca. 2-5 µg/L de senere år (Vedleggsfigur 1). Basert på vannkjemidataene har Helgeren blitt mer humøs og farget, og fått lavere siktedyp, fra tidlig nittital og frem til i dag. Dette skyldes økte tilførsler av oppløst organisk karbon (Vedleggsfigur 1), som igjen trolig er forårsaket av redusert sulfatdeposisjon i Sør-Norge generelt. Konsentrasjonen av kalsium har også blitt redusert noe (Vedleggsfigur 1). Disse trendene sammenfaller med det generelle mønsteret man har sett i boreale innsjøer gjennom siste halvdel av 1900-tallet, hvor økt konsentrasjon av oppløst organisk karbon («browning») og redusert kalsiuminnhold har vært fremtredende (Finstad m. fl. 2016; Hessen m. fl. 2017). Helgeren har dermed blitt mer humøs, men karakteriseres fortsatt som klar basert på grensene i vannforskriften (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018).

Redusert sulfatdeposisjon kan trolig forklare at alkaliniteten i Helgeren har økt siden tidlig åttital (Vedleggsfigur 1). pH har derimot vært stabil over den samme perioden (Vedleggsfigur 1). Grunnen til at også pH ikke har økt er sannsynligvis at innsjøen over samme periode har fått høyere konsentrasjon av humus.

De biologiske feltundersøkelsene som ble utført i 2018 tok for seg bunndyrfaunaen, vannplanter, fisk og edelkreps. En kort gjennomgang av hva som ble gjort er gitt i det følgende.

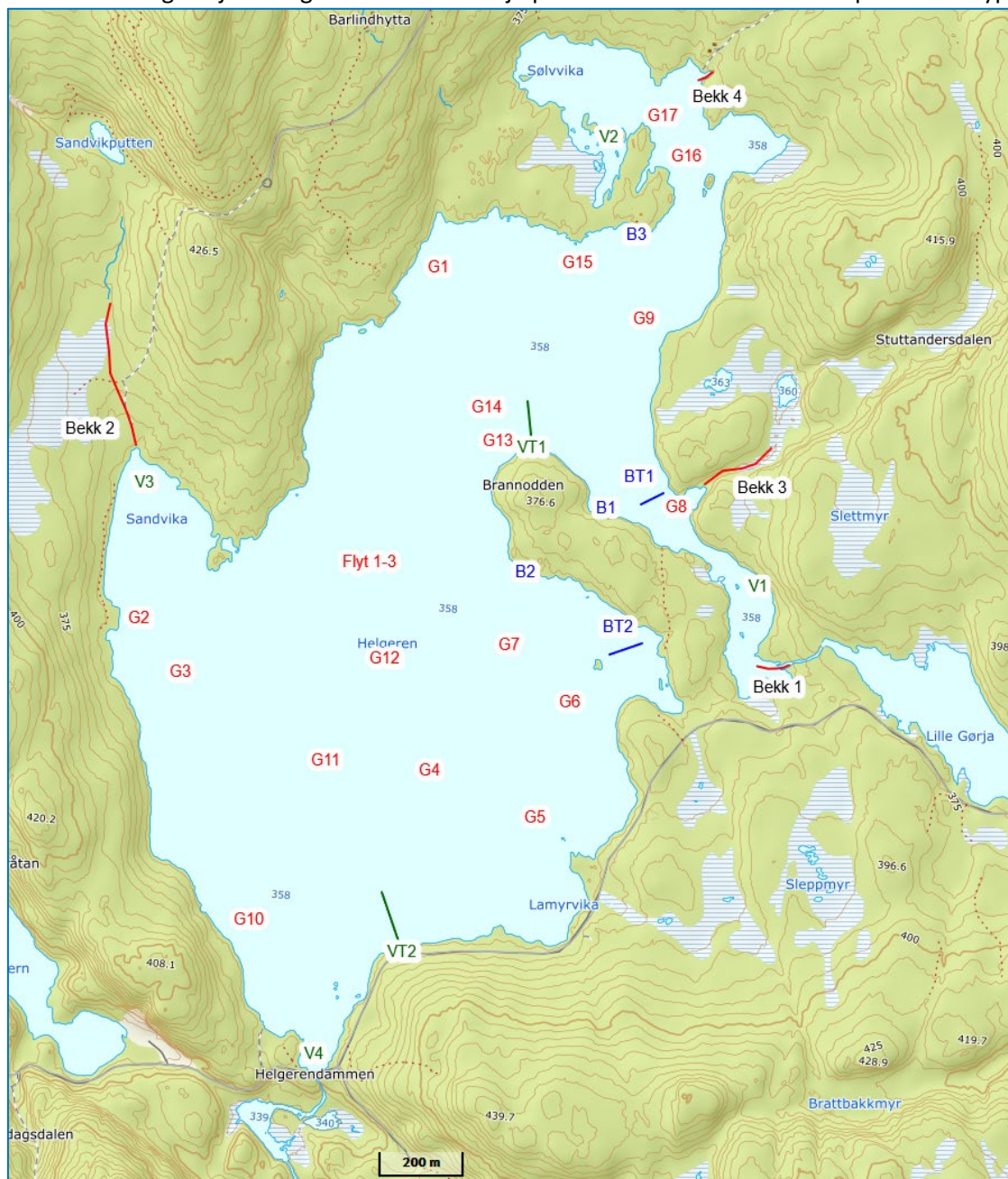
2.2 Vannplanter

2.2.1 Feltarbeid

Standard registrering av vannplantene ble foretatt på fire stasjoner (V1-4, Figur 1) den 2. juli 2018. Stasjonene er plassert slik at ulike deler av innsjøen er representert. Registreringene er foretatt i henhold til standard metodikk; vannkikkert og kasterive fra båt (jfr. Direktoratsgruppen

vanddirektivet 2018). På hver lokalitet ble det foretatt en kvantifisering av artene i henhold til en semi-kvantitativ skala, hvor 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende. Navnsettingen for karplantene følger Lid og Lid (2005).

Den 21. september 2018 ble det foretatt kartlegging av vegetasjonen på 1-10 m dyp langs to transekter (VT1 og VT2, Figur 1). Denne undersøkelsen hadde hovedfokus på registrering av nedre grense for vannvegetasjonen og ble foretatt ved hjelp av undervannsvideokamera på 1-10 m dyp.



Figur 1. Kart over Helgeren med stasjonsplasseringer. Stasjonskoder er som følger: G1-G17: bunngarn; Flyt 1-3: flytegarn, B1-B3: litorale bunndyrstasjoner; BT1 og BT2: transekter med bunndyrprøver; V1-V4: vannplantestasjoner; VT1 og VT2: transekter med vannplanteundersøkelser; Bekk 1-4: undersøkte gytebekker for ørret. Bekk 1: innløpsbekk fra lille Gørja; bekk 2: bekk fra Sandvikspetten; bekk 3: bekk fra myrtjern nord for Gørjefløyta; bekk 4: tunell fra Trehjørningen. Kartkilde: www.norgeskart.no.

2.2.2 Økologisk tilstand, vannplanter

Vannstandsreguleringsindeksen Wlc er utviklet for og basert på innsjøer som regulert til kraftformål. Det har derfor vært noe usikkert om den vil gi et riktig bilde av økologisk tilstand i Helgeren, som er regulert som drikkevannsmagasin. År om annet tappes imidlertid innsjøen ned mot tre meter under HRV på våren mens følgende høst har høy og mer eller mindre stabil vannstand (f.eks. i 2011 og 2017; Figur 2A). Effektene av en slik regulering vil være tilsvarende et kraftverksmagasin med moderat reguleringshøyde. Vi mener derfor at Wlc-indeksen kan benyttes for å vurdere tilstanden for vannvegetasjonen i Helgeren, men resultatene må anses som noe usikre.

Vurdering av økologisk tilstand i forhold til regulering er basert på vannstandsindeks (Wlc) for vannplanter. I tillegg har vi vurdert tilstand i forhold til eutrofiering ved hjelp av trofiindeksen Tlc og forsurening ved hjelp av forsuringindeksen Slc (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018). Alle indeksene er basert på forholdet mellom antall sensitive og antall tolerante arter, og det er utarbeidet egne lister for hver påvirkning. For hver av indeksene er det beregnet én verdi for hele innsjøen.

For økologisk tilstand i forhold til regulering gjelder følgende grenselinjer for Wlc for innsjøtype 101: svært god/god=-13,7, god/moderat=-20,3, moderat/dårlig=-52,5 og dårlig/svært dårlig=n.a. For økologisk tilstand i forhold til eutrofiering gjelder følgende grenselinjer for Tlc: svært god/god=75, god/moderat=55, moderat/dårlig=40 og dårlig/svært dårlig=15. For økologisk tilstand i forhold til forsurening gjelder følgende grenselinjer for Slc: svært god/god=-33,3, god/moderat=-61,7, moderat/dårlig=-80,7 og dårlig/svært dårlig=-85,4.

2.3 Bunndyr

Bunndyr (makroinvertebrater) ble undersøkt vår og høst 2018, henholdsvis 31. mai og 11. november. Prøver fra øvre litoralsone (vadbart dyp, < 1 m) ble samlet inn ved tre strandlokaliteter (B1-B3 i Figur 1) ved hjelp av sparkemetoden (NS-EN ISO 10870:2012). På hver stasjon sparket vi i bunnsstratet i til sammen 3 minutter over en samlet prøvestrekning på ca. 9 m. Materialet ble samlet opp med en håndholdt håv med åpning 25 x 25 cm og maskevidde på 250 µm.

Prøver fra de nedre deler av litoralsonen og ned i profundalsonen ble tatt langs to dybdetranssekter (BT1 og BT2 i Figur 1; mer informasjon om stasjonene er gitt i Vedleggstabell 2). Vi benyttet båt og en van Veen-grabb (prøvetakingsareal på 276 cm²) for å hente opp prøver av fra fire ulike dyp. Både vår og høst ble prøvene ble tatt på 1-2 m, 3-4 m, 5-6 m, og 15 m dyp i forhold til vannstanden på prøvetakingstidspunktet. Fordi vannstanden var forskjellig vår og høst (henholdsvis 0,5 m og 2 m under median vannstand; Figur 2A) representerer dette ikke eksakt samme dyp i forhold til median vannstand. Langs transektene to vi tre parallelle prøver fra hvert dyp. Sedimentet fra de tre parallellene ble slått sammen og vasket i en sil med maskevidde på 500 µm for å fjerne finsedimenter. Etter siling satt vi igjen med en håndterbar mengde materiale, som ble fordelt på 2-5 prøveglass. Alle bunndyrprøvene ble konservert med 96 % etanol og bestemt til lavest mulig taksonomisk nivå under lupe.

2.3.1 Økologisk tilstand, bunndyr

Regulering antas å være den viktigste påvirkningen for bunndyr i Helgeren, men det er ikke utviklet indekser for å måle denne typen påvirkning i henhold til vannforskriften. I vann-nett er sur nedbør registrert som påvirkning, men dette er sannsynligvis ikke relevant i dag. For å avkrefte at Helgeren er forsuringspåvirket beregnet vi forsuringindeksen for bunndyr i innsjøer (LAMI; *lake acidification monitoring index*). Vi beregnet indeksverdier for vår- og høstprøver separat. Resultatene fra de tre

litorale stasjonene samt transektene ble slått sammen før indeksberegning, og vi benyttet referanseverdi og klassegrenser for kalkfattige, klare innsjøer basert på litorale prøver alene (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018). I tillegg har vi foretatt en ekspertvurdering, understøttet av litteraturstudier, av hvor stor påvirkningen fra reguleringen kan anslås til i Helgeren.

2.4 Kreps

For å undersøke om edelkreps (*Astacus astacus*) var tilstede i Helgeren satte vi 50 krepseteiner (sylinderformede med lengde 520 mm og diameter 250 mm) den 5. september 2018. Teinene fisket over natten og ble hentet tidlig neste morgen. Som agn brukte vi abbor som ble fanget i garn i Helgeren under prøvefisket. Vi fordelte teinene på 10 liner med fem teiner på hver. Avstanden mellom hver teine på lina var ca. 10 meter. Ettersom hensikten ikke var å estimere bestandsstørrelse, men å påvise om det fantes kreps eller ikke, satt vi teinene i områder med antatt gode krepsebiotoper - det vil si strandnære områder (0,5-4 m) med steinbunn, hvor krepsen kan finne skjul.

2.5 Fisk

Prøvefiske med garn ble gjennomført med 14 nordiske bunn garn (1,5 m dype og 30 m lange) stratifisert på dyp etter modifisert utgave av NS-EN 14757 (Vedleggstabell 3). Vi satte også tre ekstra garn; ett fra 3-6 m dyp i hovedbassenget og ett fra 0-3 m og 3-6 m i Sølsvika (G1-G17, Figur 1). Ettersom Helgeren har bestander av de pelagiske fiskeartene sik og røye, satt vi også tre pelagiske flyte garn (oversiktsgarn; 5 m dype og 27 m lange). Flyte garn ble satt på tre ulike dyp midt i innsjøen: i overflaten, på 5-10 m og på 10-15 m dyp (Flyt 1-3, Figur 1). Median temperatur i dybdesjiktene var ca. 15°C (0-5 m), 6,6°C (5-10 m) og 5,5 °C (10-15 m). Garnfisket ble gjennomført 22. august 2018. Fangstutbytte for hver art (*catch per unit effort*; CPUE) ble beregnet som antall individer per 100 m² garnareal per natt. All fisk ble veid og lengdemålt.

Rusefiske etter ørekyt og trepigget stingsild ble gjennomført samtidig som krepsefisket. Vi satt 25 sylinderformede plexiglassruser jevnt fordelt i strandsonen rundt innsjøen. Rusene ble agnet med ridderost, lagt ut på 0,5-2 m dyp, og samlet inn tidlig neste morgen.

Gyteforhold for ørret ble vurdert i fire innløpsbekker (bekk 1-4 i Figur 1) den 5. september 2018. Vi inspiserte bekkene visuelt og overfisket strekningen én gang opp til første vandringshinder ved hjelp av elektrofiskeapparat for å se etter tilstedeværelse av ørrettyngel (kvalitativt elektrofiske). Fanget fisk ble lengdemålt til nærmeste millimeter og sluppet ut igjen.

2.5.1 Økologisk tilstand, fisk

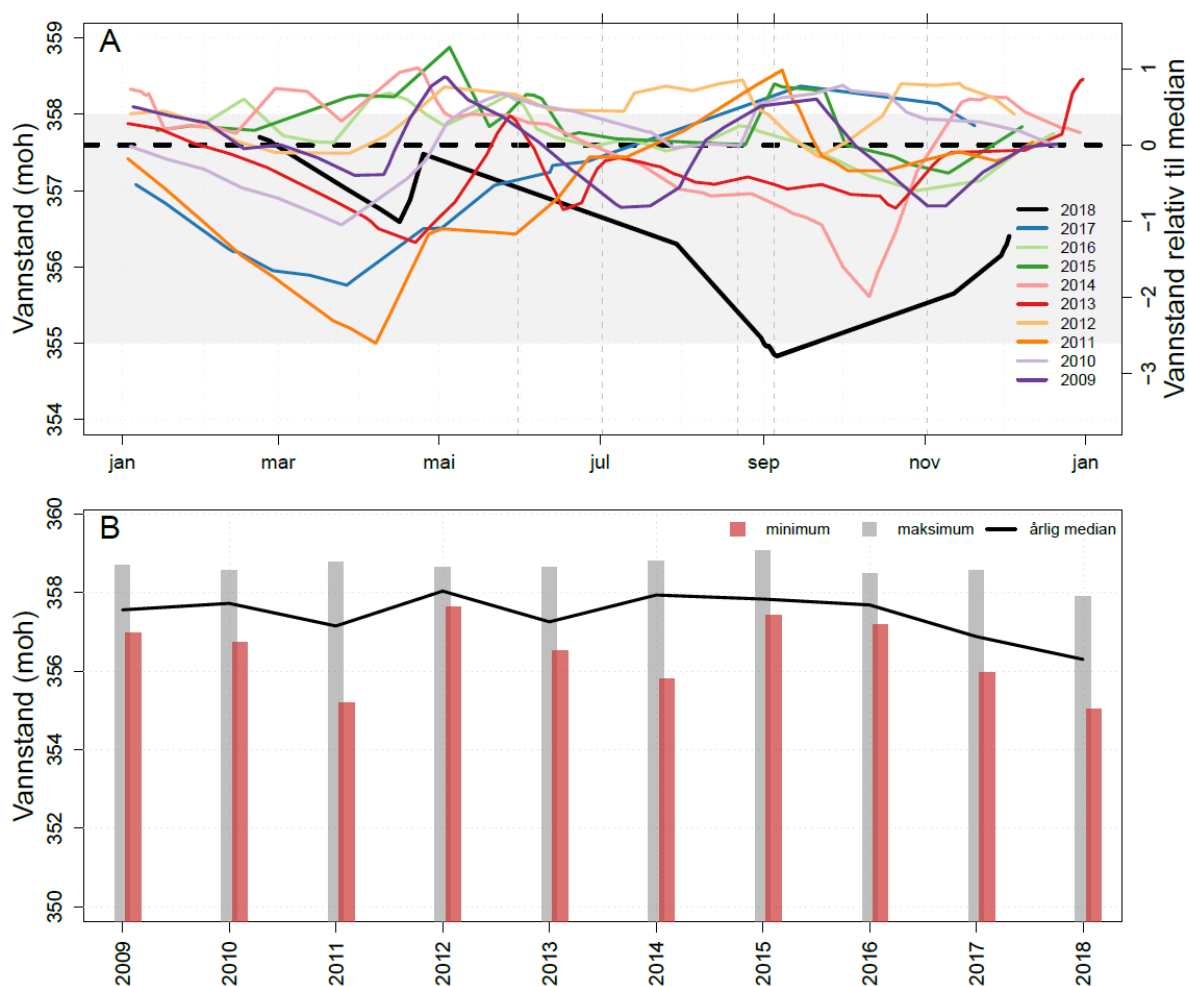
For å få pålitelige data om fiskebestander i en innsjø kreves minst tre år med prøvefiske (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018). Norsk endringsindeks for fisk (NEFI) kan benyttes om man har data fra færre år. Hvis man skal benytte NEFI for å vurdere om fiskebestandene er påvirket av reguleringen, kreves det pålitelig informasjon om referansetilstanden for fisk, dvs. hvilke arter som fantes i innsjøen og deres innbyrdes dominansforhold før reguleringen startet. Pålitelige data om referansetilstand i Helgeren er ikke tilgjengelige, siden det mangler gode fiskeundersøkelser fra så langt tilbake i tid. I tillegg er fiskesamfunnet sterkt påvirket av utsettinger (ørret), samt røye og sik, som stammer fra utsettinger i vassdraget henholdsvis rundt år 1800 og 1960. Røya kom til Helgeren da tunellen fra Trehjørningen ble bygget (Holtan og Kjellberg 1972). Ørekyt må også anses som fremmed invaderende art i innsjøen. Vi har derfor ikke beregnet NEFI, men gjort en ekspertvurdering av fiskesamfunnet som helhet, basert på fangster av de ulike artene, samt bestandsstruktur basert på

lengdefordelinger. For å få pålitelige fiskedata anbefaler vi at prøvefiske repeteres etter samme metodikk minst to ganger til i årene som kommer.

3 Resultater

3.1 Vannstandsvariasjoner

Høyeste og laveste regulerte vannstand (HRV og LRV) i Helgeren er henholdsvis 358,02 og 348 moh, som gir en nominell reguleringshøyde på 10,02 meter. Det er imidlertid kun i spesielle tilfeller, f. eks i forbindelse med reparasjoner av demningen, at vannstanden tappes ned mer enn to til tre meter. De ti siste årene (2009-2018; Figur 2A) har den gjennomsnittlige vannstandsvariasjonen hvert år vært ca. 2 meter, men det har variert fra 1,01 meter i 2012 til 2,87 meter i 2018 (Figur 2B).



Figur 2. Vannstand i Helgeren. A) Vannstand i Helgeren de siste 10 år gitt i meter over havet (moh). Grått areal markerer høyeste regulerte vannstand (HRV; 358,02 moh) og HRV minus tre meter. Median vannstand i perioden 2009 og 2018 (357,6 moh) markert med stipt linje. Laveste regulerte vannstand er på 348 moh. B) Årlig minimum (rød søyle)- og maksimumsvannstand (grå søyle). Årlig medianvannstand markert med svart linje.

Medianvannstanden gjennom hele perioden var 357,6 moh, som er 0,4 meter under HRV. Vannstandsvariasjonene i Helgeren er derfor moderate. Vannstanden gjennom året følger ikke det utpregede mønsteret man gjerne ser i magasiner regulert til kraftformål, med kraftig vintervedtapping (Mjelde m. fl. 2013). Basert på dataene fra de 10 siste år er det allikevel en tendens til lavest vannstand sen vår og høst (Figur 2A), men vannstanden varierer generelt ganske usystematisk gjennom året (Figur 2A; Lien og Bækken 1997).

Ved starten av undersøkelsesåret 2018 var vannstanden nær medianvannstand, men fra mai og utover sank vannstanden til det laveste nivået som er registrert de ti siste årene (Figur 2A). På det laveste var vannstanden på 345,8 moh, som er 3,2 meter under HRV. Den spesielt lave vannstanden i 2018 skyldes den ekstremt varme og tørre sommeren (61% av normal nedbør i perioden mai-juli; Skaland m. fl. 2018), som reduserte vanntilførselene til det minimale.

3.2 Vannplanter

3.2.1 Artssammensetning og artsantall

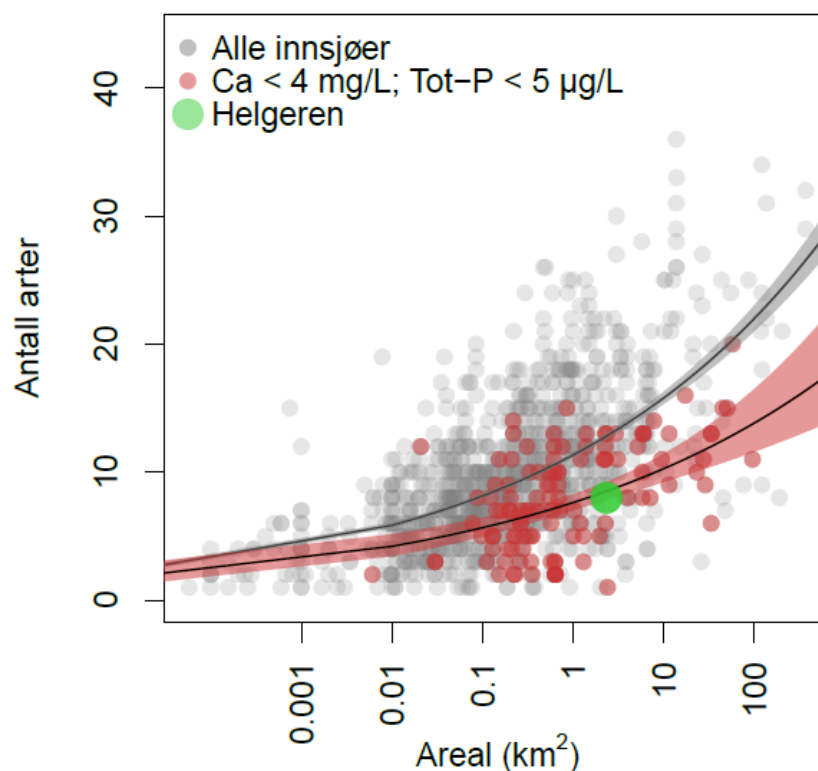
Vannvegetasjonen i Helgeren hadde få arter og lav dekning (Tabell 1). Både artsinventar og artsantall (Figur 3) er som forventet i kalkfattige og næringsfattige innsjøer. De vanligste artene var krypsiv (*Juncus bulbosus*), mjukt brasmegras (*Isoetes echinospora*), flotgras (*Sparganium angustifolium*) og evjesoleie (*Ranunculus reptans*), som ble registrert på alle lokalitetene (Tabell 1). Dette er arter som tåler tørrlegging, og *Juncus bulbosus* ser ut til å begünstiges av denne type regulering (Lydersen et al. 2008). Små forekomster av hesterumpe (*Hippuris vulgaris*), småblærerot (*Utricularia minor*) og gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) ble bare registrert i beskyttede bukter.

Kortskuddsarten *Isoetes echinospora* ble registrert ned til 2,7 m dyp, dvs. ca. 3,4 m i forhold til medianvannstand (Vedleggstabell 1). Dette er forholdsvis dypt for denne arten, som ofte vokser noe grunnere. *Isoetes lacustris* var fraværende i Helgeren. Denne arten danner vanligvis nedre dybdegrense i slike innsjøer, og er en svært typisk art i norske næringsfattige og kalkfattige innsjøer. Bestander av arten er registrert i de fleste større regulerte kalkfattige innsjøene i Nordmarka (Tesaker 1943). Manglende forekomst av denne typiske arten i Helgeren skyldes sannsynligvis dårligere lys- og substratforhold enn i de nevnte innsjøene.

Flytebladsplanten gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) er sensitiv overfor vannstandsreguleringer, men ble registrert spredt på to stasjoner; Sølvvika i nord og Gørjefløyta i øst. Ifølge Lien og Bækken (1997) er Sølvvika avgrenset av en eldre demning som medfører at dette området bare kan senkes 5,5 m under HRV, og har derfor vært mindre påvirket ved kraftigere regulering tidligere. Gørjefløyta ligger ved utløpet av bekken fra Lille Gørja, og på grunn av en liten naturlig terskel ved utløpet i hovedbassenget fungerer dette området som et lite basseng i seg selv. Ved lav vannstand, som det var sommeren 2018, tørrlegges store arealer av Gørjefløyta, men det er vanndekt i de dypere delene av bukta.

Tabell 1. Vannvegetasjon i Helgeren 2018. Kolonnene til venstre viser sensitive (S) og tolerante (T) arter for vannstandsregulering (WI), eutrofiering (TI) og forsurening (SI). Forekomst: 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende, 5=dominerer.

TI	WI	SI	Latinske navn	Norske navn	stasjon			
					1	2	3	4
			ISOETIDER					
S		S	<i>Isoetes echinospora</i>	Mjukt brasmegras	3	3	2	3
S	T	T	<i>Ranunculus reptans</i>	Evjesoleie	3	2	2	2
			ELODEIDER					
S	T	S	<i>Hippuris vulgaris</i>	Hesterumpe		2		
S	T	T	<i>Juncus bulbosus</i>	Krypsiv	3	3	3	3
S	S	T	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	Tusenblad				3
S		T	<i>Utricularia minor</i>	Småblærerot	2		1	
			NYMPHAEIDER					
	S	T	<i>Nuphar lutea</i>	Gul nøkkerose	2	2		
S	T	T	<i>Sparganium angustifolium</i>	Flotgras	2	3	2	3
			totalt antall		6	6	5	5



Figur 3. Antall arter av vannplanter som funksjon av innsjøareal, basert på data fra NIVAs vannplantedatabase. Grå punkter viser alle innsjøer, mens røde punkter viser innsjøer som er sammenliknbare med Helgeren med tanke på innhold av kalsium og næring (total-fosfor). Helgeren er vist som en grønn prikk.

3.2.2 Økologisk tilstand for vannplanter

Økologisk tilstand for vannvegetasjon i Helgeren er vist i Tabell 2, og viser moderat tilstand i forhold til vannstandsregulering (Wlc-verdi -25), god i forhold til forsuring (Slc-verdi -50) og svært god i forhold til eutrofiering (Tlc-verdi 88).

Tabell 2. Økologisk tilstand for vannvegetasjonen i forhold til vannstandsregulering (Wlc), forsuring (Slc) og eutrofiering (Tlc). Økologisk tilstand: M = moderat, G = god og SG = svært god.

	Indeksverdi	EQR	nEQR	Økologisk tilstand
Vannstandsregulering (Wlc)	-25	-	-	M
Forsuring (Slc)	-50	0,41	0,68	G
Eutrofiering (Tlc)	88	1,05	1,0	SG

3.3 Fisk

3.3.1 Artssammensetning

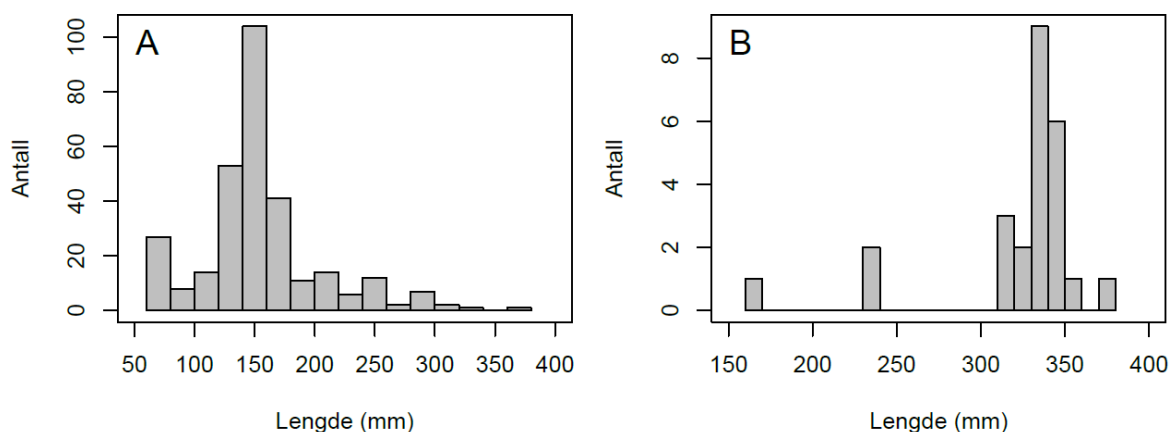
Vi fikk abbor, sik, ørret og ørekyt i garnene (Vedleggstabell 4). I følge OFA finnes det også røye i innsjøen. Splake (hybrid mellom bekkerøye og kanadarøye) ble satt ut i Helgeren på 80-tallet, og det finnes muligens ennå noen individer i innsjøen. Det er rapportert forekomst av trepigget stingsild (Holtan og Kjellberg 1972), men vi påviste ikke arten i våre undersøkelser.

3.3.2 Fangstutbytte, dominansforhold og lengdefordeling

I bunngarnene fra null til seks meters dyp var abbor den totalt dominerende arten, med en CPUE på 61 individer per 100 m² garnareal (Vedleggstabell 4). Abbor ble ikke fanget dypere enn seks meter. Vi fanget sik i bunngarn fra alle dybdeintervall fra overflaten og ned til 20 meter (Vedleggstabell 4). Siken var eneste art som ble fanget i de pelagiske flytegarne. Det var mest sik i de øverste fem til seks meterne. Totalt ble det fanget 1,8 og 1,3 sik per 100 m² garnareal i henholdsvis bunn- og flytegarne (Vedleggstabell 4). Det ble kun fanget én ørret (23 cm) og tre ørekyt (lengdefordelinger ikke vist).

Abbor var til stede i alle lengdeklasser fra ca. 60 mm (< 3 g) til 375 mm (727 g; Figur 4A). Median lengde og vekt var 150 mm og 34 g. Det var liten variasjon i lengde hos sik (Figur 4B). Syttifem prosent av individene var mellom 325 og 345 mm, og median lengde var 337 mm (median vekt: 294 g). Liten størrelsesvariasjon tyder på dominans av én eller to sterke årsklasser. Basert på tidligere målinger av lengde og alder på sik fra Helgeren (Lien og Bækken 1997) var trolig denne årsklassen fire til fem år gammel.

Rusefisket etter stingsild og ørekyt var ikke vellykket; ingen fisk gikk i rusene. Vi observerte imidlertid ofte stimer av ørekyt (> 50 individer) i de mer beskyttede delene av innsjøen, bl. a. i Gørjefløyta, nær demningen ved utløpet, og i innløpsbekkene fra Gørja og Trehjørningen.



Figur 4. Lengdefordeling av abbor (A) og sik (B) fanget under prøvefiske med garn.

3.3.3 Gyteforhold for ørret

Gyteforholdene i innløpsbekkene til Helgeren er fra naturens side dårlige. Av de fire bekkene vi undersøkte vurderes kun innløpsbekken fra lille Gørja og bekken fra Sandviksputtan (henholdsvis bekk 1 og 2 i Figur 1) som mulige gytebekker. Detaljert informasjon om de undersøkte bekkene, samt bilder, finnes i Vedleggstabell 5.

I bekken fra lille Gørja kan gytefisk kun vandre ca. 100 m, og strekningen har små arealer med egnet gytesubstrat. Fisken kan vandre opp selv om vannstanden i Helgeren er lav. OFA (Dag Øyvind Inggjerd, pers. medd.) opplyste at det ble fanget noen ørret på rundt 1 kg i en stamfiskruse i bekken høsten 2018. Ørreten gyter i bekken, men den totale produksjonen av yngel er trolig lav på grunn av lite gyteareal. Vi elfisket hele strekningen én gang og fanget totalt seks ørreter på henholdsvis 84, 84, 85, 85, 98 og 100 mm. Dette antyder vellykket gyting, men fiskene kan også stamme fra utsetninger som OFA har gjennomført (deres utsettingslister nevner at det ble satt fisk i en innløpsbekk til Helgeren i 2018).

Selv om rekrutteringen i selve bekken trolig er ganske liten, slipper sannsynligvis noe ørret seg ned fra Lille Gørja, som har en relativt tett bestand av ørret.

I bekken fra Sandviksputtan kan ørreten vandre ca. 250 m. Strekningen har flere fine kulper med godt skjul for ungfisk, og selv etter den ekstremt nedbørsfattige sommeren 2018 sto ikke bekken i fare for å tørke ut. Bekken har derfor sikker vannføring de fleste år. Fisken vil derimot ikke kunne vandre opp i bekken når vannstanden i Helgeren er så lav som den var høsten 2018. I år med mer normal vannstand år kan fisken trolig vandre opp på høstflommen. Enkelte områder hadde egnet gytegrus for ørret, men arealet var totalt sett lite. Samlet sett produserer bekken trolig noe yngel år om annet, men det totale antallet blir lite. Vi overfisket bekken fra utløpet og opp til første vandringshinder ved hjelp av elektrofiskeapparat, og fanget tre ørreter på 54, 55 og 140 mm.

Dersom vannføringen er høyere enn den var i 2018 kan ørreten kanskje gyte i innløpet fra Trehjørningen, men den aktuelle strekningen er kort (25-30 m) har lite egnet gytesubstrat. Den blir derfor lite produktiv. Det finnes flere andre mindre bekker rundt innsjøen, men disse har usikker vannføring (Berge 2013) og bidrar trolig lite til rekruttering av ørret.

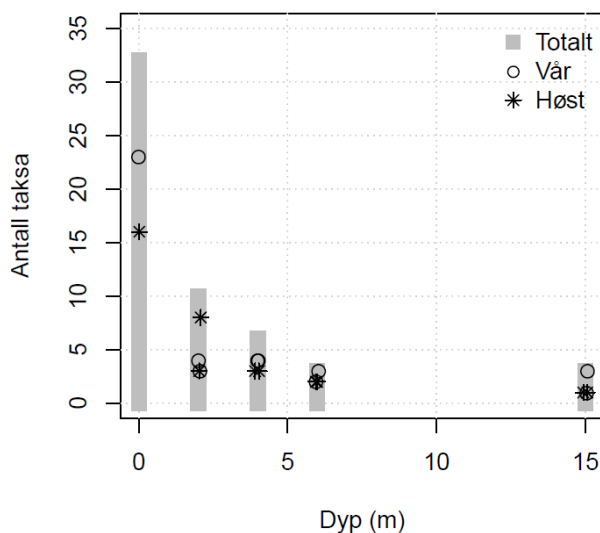
3.3.3.1 Utsetninger

OFA opplyser på sine nettsider at de har satt ut over 11 000 ørret mellom 2014 og 2018 (Vedleggstabell 6).

3.4 Bunndyr

Diversiteten, målt som antall taksa, avtok raskt med dyp (Figur 5). Det var høyest diversitet i sparkeprøvene, som fanger opp dyr som befinner seg mellom overflaten og ca. én meters dyp (øvre litoralsone). Dersom vi vurderer både vår- og høstprøvene fra alle tre stasjoner samlet, fant vi totalt 32 ulike taksa i prøvene fra øvre litoralsone (Figur 5. Se Vedleggstabell 7 for komplett taksaliste og individantall). Fjærmygglarver (Chironomidae), nymfer av døgnfluer (artene *Leptophlebia vespertina* og *Heptagenia fuscogrisea*), Gråsugge (*Asellus aquaticus*) og fåbørstemark (Oligochaeta) var tilstede i høyest antall. Vi fant også flere arter av vårfluer (Trichoptera), men antall individer var relativt lavt (Vedleggstabell 7).

På større dyp (>2 meter) var fjærmygglarver dominerende med hensyn til tetthet, men små muslinger (Sphaeriidae) og fåbørstemark var også til stede helt ned til 15 meters dyp. Døgnfluer og vårfluer var ikke til stede på dypere vann, bortsett fra i grabb-prøvene fra 2 meter, hvor vi fant nymfer av døgnflua *Ephemera vulgata*. Nymfene til denne arten er lever gjerne nedgravd i mudderet. Arten ble ikke funnet dypere enn 2 meter.



Figur 5. Antall taksa av bunndyr ved ulike dyp. Søylene viser totalt antall taksa registrert på de ulike dypene (akkumulert over både vår- og høstprøver, og alle stasjoner med samme dyp). Totalt antall taksa i vårprøvene er vist med sirkler, mens høstprøvene er vist med stjerner. Merk at prøvene fra null meter (øvre strandsone) er prøvetatt med sparkemetoden, mens de resterende er tatt med grabb fra båt.

3.4.1 Forsuringsindeks for bunndyr

Forsuringsindeksen for bunndyr i innsjøer (LAMI) viste svært god tilstand i både vår- (LAMI = 4,53 nEQR = 1) og høstprøvene (LAMI= 4,61, nEQR = 1).

3.5 Kreps

Rusefisket resulterte i én kreps (12,2 cm). Da vi elektrofisket innløpsbekken fra lille Gørja, observerte vi to yngre individer i selve bekken (2 og 5 cm). Vi observerte også skall fra to kreps på land rett utenfor Gørjefløyta, trolig tatt av mink eller fugl.

4 Diskusjon

Basert på teoretiske vurderinger av effektene av reguleringen, konkluderte Berge (2013) med at det kunne være behov for tiltak for å bedre den økologiske tilstanden i Helgeren. De biologiske undersøkelsene fra 2018 viser at både vannplanter, bunndyr og fisk sannsynligvis er negativt påvirket, og effektene er hovedsakelig knyttet til forringelse av strandsonen.

Vannstandsendringer i det omfang Helgeren har vært utsatt for gjennom mange tiår har slått negativt ut på innsjøenes litoralsone, der mye av primærproduksjonen foregår, og som også regelmessig tilføres fersk detritus og strø fra vegetasjonen på land. Stadige vannstandssvingninger vil år for år vaske ut finmateriale fra litoralsonen (se for eksempel Carmignani & Roy 2017), som etter hvert mer og mer vil ta form av en steinørken (Figur 6). Den sonen som fra naturens side er den mest produktive vil derfor bli betydelig redusert.



Figur 6. Helgeren sommeren 2018. Da bildet ble tatt var vannstanden omtrent 3 meter under HRV, og store deler av strandsonen var tørrlagt.

Utvasking av litorale finsedimenter er en av de tydeligste effektene av reguleringen i Helgeren. Utvaskingen er tydeligst langs bølgeeksponerte strekninger og der helningen er noe mer utpreget, mens den er mindre i grunne, bølgeslags-beskyttete viker. Dette har hatt effekter på vannplantevegetasjonen, som trenger fint substrat for normal rotutvikling, men som også straks den

er etablert binder substratet og bidrar til en mosaikk av heterogenitet og mikrohabitater. En svekket vannplantevegetasjon vil kunne tenkes å være negativt for artsrikheten hos bunndyr (makroinvertebrater), som gjerne øker med habitatkompleksitet (Scmude m. fl. 1998).

Vannstandsreguleringsindeksen for vannplanter (Wlc) viste moderat økologisk tilstand i Helgeren, noe som indikerer at vannplantenesamfunnet er negativt påvirket av reguleringen. Tidligere analyser har antydnet at vannvegetasjonen er lite påvirket i regulerte innsjøer hvor vintervedtappingen (dvs. total vannstandsvariasjon mellom nedtapping på våren og høyeste vannstand på ettersommer-høst) er mindre enn ca. 3,5 m, bl.a. Mjelde m. fl. (2013). Det forutsetter imidlertid at substratet i litoralsona er gunstig for vegetasjon, i tillegg til at lysforholdene er gode slik at sensitive arter kan vokse nedenfor reguleringssonen. Substratet i Helgeren er dominert av store stein og mye organisk materiale, noe som er ugunstig for de fleste vannplantene. Den forholdsvis moderate reguleringen i Helgeren ser altså ut til å ha større negativ betydning i denne type innsjø enn i en innsjø hvor det er områder med finkornet substrat (silt og finsand) (f.eks. Mjelde 2016).

Som forventet viser vannplantene svært god tilstand med hensyn til eutrofiering og god tilstand med hensyn til forsuring. Avviket fra referansetilstand i forhold til forsuring kan muligens indikere at innsjøen har vært noe forsuret tidligere, selv om målinger av pH i Helgeren har vært stabilt gode lenge (Vedleggsfigur 1A). Alkaliniteten har derimot økt signifikant de siste 30 årene (Vedleggsfigur 1B), som trolig skyldes redusert atmosfærisk sulfatdeposisjon. Sannsynligvis har økningen i humus (oppløst organisk karbon) over samme periode påvirket pH i negativ retning, slik at pH ikke har økt i takt med alkaliniteten. Økt konsentrasjon av humus virker beskyttende mot forsuringseffekter ettersom som det binder opp det labile, giftige aluminiumet.

Når vannstanden i Helgeren er så lav som den var sommeren 2018, tørrlegges en stor andel av den produktive øvre litoralsonen, og det blir bare små arealer igjen mellom vannoverflaten og den mindre produktive mudderbunnen. Det bør nevnes at det i normale år ikke er så lav vannstand som det var under tørkesommeren 2018 (> 3 m under HRV; Figur 2A). Allikevel har vannstanden i fire av de ti siste årene vært > 2 m under HRV, så relativt store tørrlegginger av littoralsonen skjer med jevne mellomrom. Dette vil nødvendigvis gi et mindre produktivt areal for bunndyr, og trolig en redusert total produksjon sammenliknet med om innsjøen hadde vært uregulert. I bunndyrprøvene så vi tydelig at diversiteten og mengden større bunndyr avtok med dyp, og at diversitet og mengde dyr var svært lave i muddersubstratet sammenliknet med øvre litoralsone. I øvre litoral fant vi arter som er viktig mat for fisk, bl. a. døgnfluenymfer og gråsugge. Sistnevnte art er kjent for å tåle vannstandssvingninger godt, og kan få økte tettheter i regulerte basseng (Økland & Økland 1995). Prøvene fra to meter og dypere ble stort sett tatt på mudderbunn, og inneholdt i hovedsak små fjærmygg-larver og fåbørstemark. Dette er dog vanlig, også i uregulerte innsjøer.

En rekke studier bekrefter at både diversitet og abundans av bunndyr reduseres etter regulering med skiftende vannstandssvingninger. Elgmork (1970) rapporterte om 80% tap av bunndyrbiomassen i en innsjø med 5 m reguleringshøyde. Dette er i tråd med andre funn, som oppgir 75-90% reduksjon av bunndyrfaunaen i reguleringssonen (Tikkanen m.fl. 1989; Økland & Økland 1995). Særlig er effektene negativ for organismer som levde av plantemateriale, eller som filtrerte, og oppgitte årsaker var fortrinnsvis tap av litoral primærproduksjon, og bare i mindre grad isskuring og frostskafer om vinteren. Videre vil tilslamming med finsediment i sonen under LRV gjøre miljøet ugunstig for mange store insektlarver (vårfluer, steinfluer, døgnfluer), men favorisere små fjærmygg-larver og gravende fåbørstemark, som har mindre verdi for fisk. Dette så vi også i våre prøver. I en studie av regulerte innsjøer i Finland så man at diversiteten av bunndyr både i øvre og nedre deler av litoralsonen avtok med økende reguleringshøyde (Aroviita og Hämäläinen 2008).

Basert på undersøkelsene i 2018 er fiskesamfunnet i Helgeren dominert av abbor og sik, med svært lite ørret. Vi fikk kun én ørret i garnene og ingen røye, selv om vi vet at røye er til stede. Det må understrekes at man bør ha data fra minst tre års prøvefiske med standard metodikk for å få pålitelig informasjon om fiskebestandene (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018). Garnfangster kan variere mye avhengig av faktorer som værforhold, tid på året og temperatur. I 2018 var det spesielt varmt,

noe som kan tenkes å ha redusert aktiviteten til ørret og røye, som ofte blir mindre aktive ved høye temperaturer. Dette kan ha påvirket fangbarheten av disse artene.

Abbor var til stede i alle årsklasser og dette tyder på stabilt gode reproduksjonsforhold. Arten gyter i strandsonen på våren, men eggene klekker etter kun noen dager, så rekrutteringen er godt tilpasset vannstandsvariasjoner av den typen som foregår i Helgeren. Det samme gjelder ørekyt. Studier fra andre moderat regulerte innsjøer (bl.a. Bjonevatn og Tisleifjorden) har vist at abbor tåler regulering bedre enn ørret, og får økt dominans etter oppdemming (Økland & Økland 1995). Grunnen er trolig at abbor mer enn ørret kan nyttiggjøre seg pelagisk zooplankton og små fjærmygg i dyp-sedimentene. Sik gyter også på et par meters dyp ute i innsjøen. Gytingen foregår om høsten, og eggene klekker om våren. Vellykket reproduksjon er derfor avhengig av at det ikke tappes for mye om vinteren og våren, slik at rogn fryser (Lien og Bækken 1997). Det er usikkert i hvor stor grad dette skjer i Helgeren, men størrelsesfordelingen hos sik vi fanget kan tyde på én eller to sterke årsklasser. Det er imidlertid også mulig at individene vi fanget egentlig besto av fisk med ulik alder, men lik størrelse, ettersom veksten hos siken i Helgeren flater ut når den nærmer seg 40 cm (Lien og Bækken 1997).

Ørret, som i motsetning til abbor og sik gyter i rennende vann, har dårlige gyteforhold i Helgeren. Det er kun to innløpsbekker hvor fisken kan gyte i noe særlig grad, og begge er korte med små arealer med egnet gytegrus. Gyteforholdene er derfor dårlige fra naturens side. Eloranta m.fl. (2017) fant at ørret klarer seg godt i regulerte magasiner så lenge den er eneste art, men i sympatriske fiskesamfunn, og særlig i små magasiner (som Helgeren) er den tydelig konkurransesvak og vil fortrenkes av arter som i større grad klarer å utnytte pelagisk zooplankton og fjærmyggfaunaen i profundal, slik nettopp sik og abbor gjør. Ørreten er i større grad tilpasset å spise bunndyr i litoralsonen, som i regulerte magasiner typisk er forringet.

I perioden 2014 til 2018 har OFA satt ut over 11 000 ørret i Helgeren (Vedleggstabell 6). Kun én ørret ble fanget i garn 2018, noe som antyder at det er relativt lite ørret i innsjøen. Det har derimot blitt rapportert flere fangster av ørret med stang gjennom 2018. Det vil være viktig med flere års prøvefiske for å kunne si noe sikrere om bestanden av ørret. Det er sannsynlig at nedtappingene påvirker overlevelsen til den unge ørreten ved at mye av strandsonen tørrlegges. Dette er områder som ungfisken benytter både til fødesøk og skjul. De mer beskyttede delene av Helgeren, som Sølvvika og Gørjafløya, fungerer trolig som oppvekstområder for yngre ørret. Dersom vannstanden tappes to-tre meter tørrlegges store deler av disse områdene, som kanskje kan presse ungfisken ut i hovedbassenget. Her er den mer trolig utsatt for predasjon fra stor abbor og fiskespisende ørret. Den svake rekrutteringen av ørret i Helgeren skyldes derfor trolig en kombinasjon av dårlige gyteforhold og vannstandsreguleringen.

Seks av de andre store innsjøene i Oslomarka (bl. a. Katnosa, Store Sandungen og Hakkloa) tappes ned ekstra etter påske og om høsten i flomdempingsøyemed, og sesongvariasjonen i vannstand for disse magasinene likner dermed noe mer på kraftverksregulerte magasiner. Nedtappingen i Nordmarksmagasinene er derimot sjelden er mer enn tre meter. Helgeren tappes kun til drikkevannsformål og har dermed et mindre utpreget sesongmønster i vannstand enn magasinene som også brukes til flomdemping. Det kan tenkes at effektene av flomdemping kan ha en annen innvirkning på flora og fauna enn ren drikkevannsregulering, ettersom det medfører en større nedtapping to ganger årlig. Det finnes derimot lite data fra drikkevannsmagasiner, og effektene av denne typen regulering på biologien er lite studert. Undersøkelsene i Helgeren bidrar dermed til verdifull informasjon, men data fra flere drikkevannsmagasiner, samt uregulerte referanse-innsjøer i samme vassdrag (hvor andre fysisk-kjemiske variable er relativt sammenliknbare), ville vært svært nyttig for å øke kunnskapen om effektene av denne typen vannstandsvariasjoner på biologien.

5 Konklusjon

Denne rapporten har kartlagt flere av vannforskriftens biologiske kvalitetselementer som brukes til å fastsette økologisk tilstand – bunndyr, vannplanter og fisk – for å gi en vurdering om disse elementene sannsynliggjør at økologisk tilstand er under miljømålet, og om dette skyldes reguleringene (oppsummert i Tabell 3). Kartleggingen følger av anbefalinger gitt i Berge (2013).

Våre undersøkelser viser at Helgeren får moderat økologisk tilstand. Dette er basert på vannstandsindeksen for vannplanter, som kom ut i moderat tilstand, og støttet opp av ekspertvurdering av bunndyr og fiskesamfunnet. Det finnes ikke indekser som direkte kvantifiserer effekter av regulering på bunndyr eller fisk i vannforskriften, men basert på en ekspertvurdering mener vi at heller ikke disse vil nå miljømålet om god økologisk tilstand. Bunndyrfaunaen var relativt artsfattig og hadde også påfallende lave tettheter. Den lave diversiteten kan sannsynligvis forklares med vannstandssvingninger, slik det er vist tidligere i litteraturen fra både inn- og utland. Samtidig er det viktig å påpeke at det er vanskelig å si hva diversiteten av bunndyr ville vært om innsjøen hadde vært uregulert. Det ville vært interessant å sammenlikne diversiteten og mengden av bunndyr i Helgeren med andre innsjøer i samme vassdrag, som opplever mindre vannstandsendringer. Trehjørningen eller Nordvannet er gode kandidater, ettersom disse per i dag ikke reguleres aktivt (Berge 2013).

Fiskesamfunnet er påvirket av ørekyte, som i Helgeren sannsynligvis er en fremmed art, og også sik er blitt introdusert, gjennom tunellen fra Trehjørningen. Det er gode populasjoner av abbor i Helgeren, men det er rimelig å tro at produksjonen av ørret er blitt skadelidende av reguleringen – igjen slik man finner det i andre sympatriske fiskesamfunn. Det vil derimot være viktig med flere års undersøkelser av fisk (garnfiske etter standard metodikk) for å skaffe mer pålitelige data på fiskebestandene og artenes innbyrdes dominansforhold. Basert på W1c og ekspertvurderinger av bunndyr og fisk konkluderer vi med at økologisk tilstand i Helgeren er under miljømålet, og at årsaken er fysiske endringer knyttet til reguleringen.

Tabell 3. Oppsummering av påvirkninger og økologisk tilstand

Påvirkning	Kvalitetsselement	Indeks/vurdering	Tilstand
Regulering	Vannplanter	W1c	Moderat
	Bunndyr	Ekspertvurdering	Effekt sannsynlig
	Fisk	Ekspertvurdering	Effekt sannsynlig
Eutrofi	Vannplanter	T1c	Svært god
Forsuring	Vannplanter	S1c	Svært god
	Bunndyr	LAMI	Svært god

6 Referanser

Aroviita, J., & H. Hämäläinen. 2008. The impact of water-level regulation on litoral macroinvertebrate assemblages in boreal lakes. *Hydrobiologia* 613: 45-56.

Berge, D. 2013. Vannforskriften – effekter av fysiske inngrep i Oslomarka og forslag til tiltak. NIVA-rapport 6508. 213 s.

Carmignani, J.R., & A.H. Roy. 2017. Ecological impacts of winter water level drawdowns on lake litoral zones: a review. *Aquatic Sciences* 79: 803-824.

Direktoratsgruppen vanndirektivet. 2018. Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann.

Elgmork, K. 1970. Liv i regulerede vassdrag. Kraft og Miljø Nr 1, NVE, Oslo.

Eloranta, A.P., A.G. Finstad, I.P. Helland, O. Ugedal & M. Power. 2017. Hydropower impacts on reservoir fish populations are modified by environmental variation. *Science of the total Environment* 618: 313-322.

Finstad, A.G., Andersen, T., Larsen, S., Tominaga, K., Blumentrath, S., de Wit, H. A., Tømmervik, H. & D.O. Hessen. 2016. From Greening to Browning: Catchment Vegetation Development and Reduced S-Deposition Promote Organic Carbon Load on Decadal Time Scales in Nordic Lakes. *Scientific Reports* 6 (1): 31944. <https://doi.org/10.1038/srep31944>.

Hessen, D. O., T. Andersen, K. Tominaga, & A. G. Finstad. 2017. When Soft Waters Becomes Softer; Drivers of Critically Low Levels of Ca in Norwegian Lakes. *Limnology and Oceanography* 62 (1): 289–98. <https://doi.org/10.1002/lno.10394>.

Holtan, H. & G. Kjellberg. 1972. Nordmarksvassdraget. Regionallimnologisk undersøkelse og vurderinger vedrørende overføring av vann fra Randsfjorden/Hurdalssjøen. NIVA-rapport 0413. 194 s.

Kirkebøen, S.E. 2016. Kampen om vannet. Årsskrift for Maridalens venner 2016.

Lien, L. & T. Bækken. 1997. Miljøkonsekvenser for bunndyr og fisk ved midlertidig nedtapping under LRV av drikkevannsmagasinerne Gjerdingen, Hakkloa og Helgeren i Oslo. NIVA-rapport 3609-97. 31 s.

Lydersen, E., Aanes, K.J., Andersen, S., Andersen, T., Brettum, P., Bækken, T., Lien, L., Lindstrøm, E.A., Løvik, J.E., Mjelde, M., Oredalen, T.J., Solheim, A.L., Romstad, R. & R.F. Wright. 2008. Ecosystem effects of thermal manipulation of a whole lake, Lake Breisjøen, southern Norway (THERMOS project). *Hydrology and Earth System Sciences* 12: 509-522

Mjelde, M., Hellsten, S. & F. Ecke. 2013. Water level drawdown index for aquatic macrophytes in Nordic lakes. *Hydrobiologia* 704 (1): 141-151.

Rørslett, B. & P. Brettum. 1989. The genus *Isoetes* in Scandinavia: an ecological review and perspectives. *Aquatic Botany* 35: 223-261.

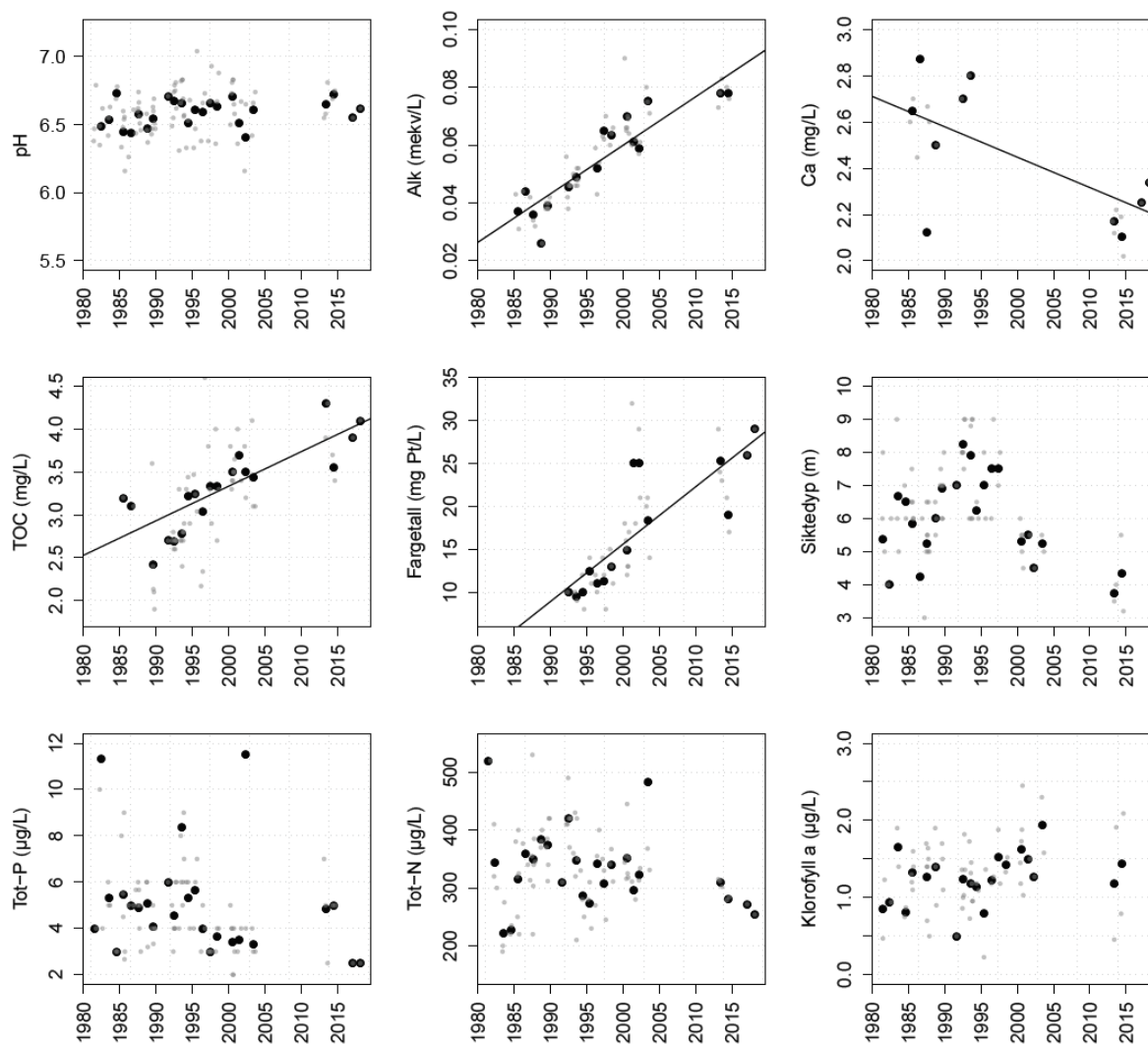
Schmude, K. L., Jennings, M. L., Otis, K. J. & R.R. Piette. 1998. Effects of Habitat Complexity on Macroinvertebrate Colonization of Artificial Substrates in North Temperate Lakes. *Journal of the North American Benthological Society*. 17 (1): 73-80.

Skaland, R.G., Colleuille, H., Andersen, A.S.H., Mamen, J., Grinde, L., Tajet, H.T.T., Lundstad, E., Sidselrud, L.F., Tunheim, K., Hanssen-Bauer, I., Benestad, R., Heiberg, H. & H. O. Hygen. 2019. Tørkesommeren 2018. Meteorologisk institutt, METinfo 14/2019. 79 s.

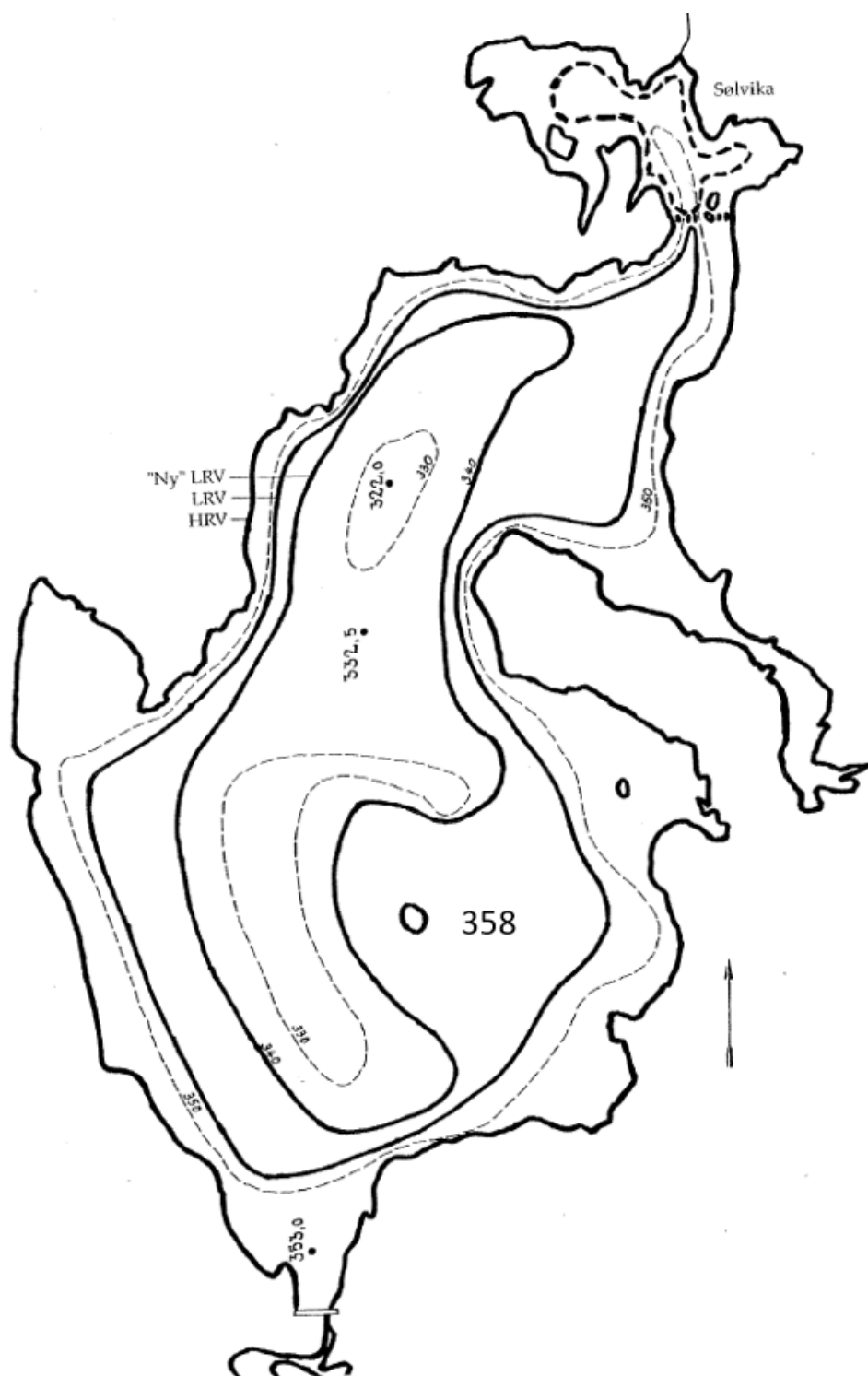
Tesaker, H. 1943. Undersøkelser over makrovegetasjonen i en del vann i Oslo Nordmark. Hovedfagsoppgave i botanikk, Universitetet i Oslo.

Økland, J. & K.A. Økland. 1995. *Vann og vassdrag*. Vett og Viten forlag, Oslo.

7 Vedlegg



Vedleggsfigur 1. Vannkjemi i Helgeren over tid. Svarte punkter angir årgjennomsnitt, mens grå punkter angir verdier i enkeltprøver. For parameterne som viser en signifikant endring over tid basert på enkel lineær regresjon ($p < 0.05$) har vi lagt på regresjonslinjen. Vannprøvene er stort sett tatt i det øvre vannlaget, som regel fra 0,5-5 m. Antall årlige vannprøver varierer mellom år og parametere. Alk = alkalinitet, Ca = kalsium, TOC = totalt organisk karbon, Tot-P = total-fosfor, Tot-N = total-nitrogen.



Vedleggsfigur 2. Dybdekart over Helgeren. Dybdekotene er gitt som meter over havet. Høyeste regulerte vannstand (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV) er markert på kartet, og er på henholdsvis 358,02 og 348 moh. Dypeste punkt ligger på 322 moh (på 36 m dyp i forhold til HRV). Kartet er hentet fra Lien og Bækken (1997).

Vedleggstabell 1. Informasjon om stasjonene som ble undersøkt for vannplanter. Vanndybden er relativ til median vannstand (357,6 moh)

Stasjon	Dato prøvetatt	Øst	Nord	Vanndybde med vannplante	Art	Substrat
1	02.07.2018	10,7266047	60,0834724	2,7 m*	ikke registrert	stein og organisk substrat
2	02.07.2018	10,7190079	60,0925974	2,4 m*	<i>Isoetes echinospora</i>	organisk
3	02.07.2018	10,7002875	60,0849090	3,4 m	<i>Isoetes echinospora</i>	fjell, stein
4	02.07.2018	10,7089642	60,0727139	3,1 m*	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	steinete med finere materiale i dybden > 3 m
Tran-sekt 1		10,7160322	60,0862056		<i>Ingen</i>	Stein/fjell med finere materiale i dybden > 4 m
Tran-sekt 2		10,7122325	60,0753427		<i>Ingen</i>	stein/fjell med finere materiale i dybden > 4 m

* Stasjon maks vanndybde

Vedleggstabell 2. Informasjon om stasjonene som ble undersøkt for bunndyr. Sts = stor stein, Ms = mellomstor stein, Sms = små stein. Stasjon 1 til 3 ble prøvetatt med sparkemetoder; transektene med grabb.

Stasjon	Dato prøvetatt	Øst	Nord	Substrat
1	Vår: 31.05.2018 Høst: 07.11.2018	10,7200	60,0848	Ms: 60%; Sms: 20%; grus: 10%; sand: 10%
2	Vår: 31.05.2018 Høst: 07.11.2018	10,7167	60,0835	Ms: 20%; Sms: 40%; grus: 20%; sand: 20%
3	Vår: 31.05.2018 Høst: 07.11.2018	10,7205	60,0907	Sts: 20%; Ms: 20%; Sms: 20%; sand: 10%; mudder: 30%.
Tran-sekt 1	Vår: 31.05.2018 Høst: 07.11.2018	10,7220	60,0849	1 m: organisk/mudder; 3 m: organisk/mudder/treflis; 5 og 15 m: uorganisk/leire
Tran-sekt 2	Vår: 31.05.2018 Høst: 07.11.2018	10,7218	60,0820	1 m: sand/mudder; 3 m: mudder/silt/leire/noe treflis; 5 og 15 m: fint organisk/noe treflis

Vedleggstabell 3. Anbefalt innsats ved prøvefiske med nordiske oversiksgarn (bunn garn) i innsjøer med abbor og størrelse mellom 101 og 250 hektar (ha). Tabellen er hentet fra modifisert utgave av NS-EN 14757, utarbeidet av Trygve Hesthagen ved NINA. Helgeren har et areal på ca. 180 ha og et maksimalt dyp på ca. 36 m ved HRV. Det er derimot et svært lite areal som er dypere enn 30 m, og vi valgte derfor garninnsatsen anbefalt for innsjøer mellom 20 og 35 meters maksdyp (kolonne markert i kursiv).

Tabell L: Innsjøer med abbor mellom 101-250 ha

	Maks dyp (m)				
	<6	6-12	12-20	20-35	≥35
Maks Dyp (m)					
0-3	4	4	4	4	4
3-6	4	4	4	4	4
6-12		3	3	3	3
12-20			2	2	2
20-35				1	1
≥35					1
Totalt	8	11	13	14	15

Vedleggstabell 4. Fangstutbytte fra garnfiske høsten 2018. Tallene viser antall individer per 100 m² garnflate per natt innen hvert dybdesjikt. Faktisk antall individer står i parentes.

	Dyp	0 til 3 m	3 til 6 m	6 til 12 m	12 til 20 m	over 20 m	
Bunn garn	abbor	61,33 (138)	61,11 (165)	-	-	-	
	sik	1,33 (3)	3,33 (9)	0,74 (1)	1,11 (1)	-	
	ørret	0,44 (1)	-	-	-	-	
	ørekyt	1,33 (3)	-	-	-	-	
Flyte garn	Dyp	0 til 2,5 m	2,5 til 5 m	5 til 7,5 m	7,5 til 10 m	10 til 12,5 m	12,5 til 15 m
	abbor	-	-	-	-	-	-
	sik	4,44 (3)	8,89 (6)	1,48 (1)	-	-	1,48 (1)
	ørret	-	-	-	-	-	-

Vedleggstabell 5: Informasjon og bilder fra de undersøkte gytebekkene

Bekk fra Lille Gørja

Denne bekken renner fra Lille Gørja og ut i Helgeren i Gørjafloyta, og er den største innløpsbekken til Helgeren. Da vi undersøkte bekken var det svært lav vannføring og våt bredde på rundt 1 meter. Normalt er bekken vesentlig bredere. Ved HRV er det rundt 100 m fra bekkens utløp i Gørjefloyta til første vandringshinder. På denne potensielle gytestrekningen var substratet dominert av stor og mellomstor stein, med innslag av små stein. Dette er ikke egnet gytesubstrat ørret. Det var svært lite areal med egnet gytegrus, bortsett noen få kvadratmeter i nedre del av bekkestrekningen. Her er det trolig muligheter for vellykket gyting, men arealet er så lite at produksjonen av ørret yngel blir begrenset.

Bekken renner ut fra Lille Gørja, som har en relativt tett bestand av ørret. Fisken kan fint slippe seg ned fra Gørja til Helgeren, og det er sannsynlig at en del ørret i Helgeren stammer fra vassdraget oppstrøms.

Vi elektrofisket hele strekningen den 5 september 2018 for å se etter yngel av ørret. Seks ørreter på henholdsvis 84, 84, 85, 85, 98 og 100 mm ble fanget. Vi observerte også høye tettheter av ørekyt på hele strekket.



Bilder fra bekk fra Lille Gørja. A) Bekken sett fra ca. 20 m nedstrøms vandringshinder. B) Område med egnet gytegrus. C) Bekken sett fra vandringshinderet og nedover. Som bildene viser var vannstanden og vannføringen på befaringstidspunktet meget lav.

Bekk fra Sandvikspalten

Denne bekken renner ut i Sandvika, midt på vestsiden av Helgeren. Ved befaringen var vannføringen rundt 1 liter per sekund og våt bredde mellom 0,3 og 1 m. At det var vann i bekken etter den ekstremt tørre sommeren 2018 tyder på at vannføringen de fleste år er stor nok til å unngå uttørking. Det er sannsynlig at ørret kan vandre opp i bekken om høsten ved høy vannføring. Fisken kan da vandre omtrent 250 meter oppover før den møter et vandringshinder i form av et bratt fall. Strekningen var stilleflytende med substrat av grov stein og grus. Enkelte områder hadde egnet gytegrus for ørret, men arealet var totalt sett lite og strømhastigheten lav. Bekken kan trolig produsere litt ørret. Vi elektrofisket strekningen og fant totalt tre ungfisk. Disse var på 54, 55 og 140 mm, noe som tyder på at det foregår gyting i bekken. Strekningen hadde flere fine kulper med sikker vannstand og godt skjul for ungfisk.



Bilder fra bekk fra Sandvikspalten.

Bekk fra myrtjern nord for Gørjefløyta

Denne bekken drenerer et myrområde nord for Gørjefløyta. Ved befaringstidspunktet var vannføringen nær null. Bekken hadde ikke egnet substrat for gyting, med dominans av organisk materiale på bunnen og fravær av gytegrus. Det er ikke sannsynlig at ørret fra Helgeren gyter i bekken.



Bilder fra bekk fra myrtjern nord for Gørjefløyta.

Tunnel fra Trehørningen

Ved utløpet av tunnelen fra Trehørningen er det en steinsatt kanal på ca. 25 meter før vannet når Helgeren. Ved befaringstidspunktet var vannstanden i Helgeren så lav at kanalen nesten var tørrlagt. Vanligvis er det sikker vannføring her. Bunnsubstratet i kanalen var dominert av stor og mellomstor stein iblandet organisk materiale, med fravær av egnet gytegrus. Kanalen produserer derfor sannsynligvis lite ørret. Det kan tenkes at ørreten vandrer inn tunnelen om høsten. Substratet i tunnelen var dominert av grunnfjell og småstein, med lite gytegrus de nederste 100-200 meterne. Vi elektrofisket de 200 nederste meterne av tunnelen, men observerte ikke ørret. Det var derimot mye ørekyt her.



Vedleggstabell 6. Utsettinger av ørret mellom 2014 og 2018 fra OFA. Forklaring: 1-å = ettårig ørret; 1-s = ensomrig ørret; 2-s = tosomrig ørret; SY = startforet yngel. Kilde: www.ofa.no.

År	2014	2015	2016	2017	2018
Antall	2000 1-å + 1000 2-s	4000 1-å	4000 1-s	Ikke publisert	Antall: Ja, SY
Sted	Gørjefløyta + Sandbekk	Gørjefløyta + Sandbekk	Gørjefløyta + Sandbekk	Ukjent	Ukjent

Hemiptera	Micronectinae				9	27														
Isopoda	Asellidae	<i>Asellus</i>	<i>aquaticus</i>	15	2	3														
Megaloptera	Sialidae	<i>Sialis</i>	<i>lutaria</i>				1								12					
Nematoda																				
Odonata	Aeshnidae	<i>spp.</i>																		
		<i>Enallagma</i>	<i>cyanthigerum</i>	1,5		2														
Oligochaeta				19 8	16 0	58 8		4	3	8	24	6			48	36	96	289	72	
Plecoptera	Indet																			
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Atripsodes</i>	<i>aterrimus</i>																	
		<i>Mystacides</i>	<i>azurea</i>	9	1	3														
		<i>Mystacides</i>	<i>nigra</i>	3		2														
		<i>Oecetis</i>	<i>ochracea</i>																	
		<i>sp.</i>					1								12					
	Limnephilidae			2		3														
		<i>Limnephilus</i>	<i>flavicornis</i>	9	1															
		<i>Halesus</i>	<i>radiatus</i>	1																
	Molanidae	<i>Molannodes</i>	<i>tinctus</i>			2														
	Phryganeidae	<i>Agrypnia</i>	<i>obsoleta</i>			3														
Pisces	egg																			
Planaridae				2																

Orden	Familie	Slekt	Art	Høstprøver (7/11/18): antall individer per 0,083 m2												Høstprøver (antall individer per m2)							
				Sparkeprøver			Transekt, St.1				Transekt, St.2					Transekt, St.1				Transekt, St.2			
				St. 1	St. 2	St. 3	2 m	4 m	6 m	16 m	2 m	4 m	6 m	16 m	2 m	4 m	6 m	16 m	2 m	4 m	6 m	16 m	
Acari (Hydracarina)			<i>sp</i>						1							12							
Anisoptera	Corduliidae	<i>Somatochlora</i>	<i>metalica</i>																				
Bivalvia	Sphaeriidae			52	2	2	13	8	13		6	14	2		157	96	157		72	169	24		
Cladocera	Daphniidae	Daphnia	<i>galeata</i>	4																			
		<i>Bosmina</i>	<i>sp.</i>	8																			
Copepoda	Cyclopoida			10	6	10																	
Coleoptera (biller)	Dytiscidae	<i>Stictotarsus</i>	<i>sp. voksen</i>			1																	
	Hydrophorinae																						
	Gyrinidae Lv.																						
Diplostraca	Chydoridae	<i>Eurycerus</i>	<i>lamellatus</i>		1																		
Diptera	Chironomidae (fjærmygg)			86	50	188	96	2	25	6	43	62	2	1	1157	24	301	72	518	747	24	12	
	Ceratopogonidae	<i>indet</i>		6	3	1		1								12							
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i>	<i>horaria</i>	1																			
	Ephemeridae	<i>Ephemera</i>	<i>vulgata</i>				11				2				133				24				
	Heptagenidae	<i>Heptagenia</i>	<i>fuscogrisea</i>	24	3	4																	
	Leptophlebiidae	<i>Leptophlebia</i>	<i>vespertina</i>	912	33	84	13								157								
	Leptophlebiidae																						
Gastropoda	Planorbidae	<i>indet</i>		1																			
		<i>Gyraulus</i>	<i>acronicus</i>																				
Hirudinea				1																			
		<i>Erpobdella</i>	<i>octocolata</i>																				
Hemiptera	Micronelectinae																						

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no