



Sarpsborg  
kommune

# Tunevannet

Handlingsprogram

2017-2021



Foto: Agne Simensen

Sarpsborg kommune 2017

Vedtatt 23.05.2017



## Forord

*-Blågrønnalgene i Tunevannet har blomstret opp, og nå fraråder kommunen bading.*

Sitatet er hentet fra Sarpsborg Arbeiderblad den 20. juli 2016 og er dessverre en av mange avisoppslag om oppblomstring av blågrønnalger i Tunevannet de siste årene.

Til tross for at det er gjennomført flere tiltak i og rundt vannet, er vi fortsatt plaget med stadig tilbakevendende algeforekomster i innsjøen. Flere har engasjert seg i Tunevannets vannkvalitet og er frustrert over at de mange tiltakene som er iverksatt foreløpig ikke ser ut til å ha noen effekt.

I utgangspunktet kan det virke som et enkelt årsaks- og virkningsforhold mellom en algeoppblomstring og for høyt nivå av næringsstoffer. Imidlertid er det et langt mer komplekst forhold mellom mange faktorer, f.eks. forhold i nedbørfelt, hydrologi og økologi, som påvirker hvordan en innsjø overgjødsles og ikke minst hvordan den kan restaureres. Det er ikke nødvendigvis bare å fjerne næringsstofftilførselene og forvente at algeoppblomstringer forsvinner året etter. En lang rekke eksempler viser at det kan ta flere tiår fra vellykkede tiltak iverksettes slik at tilførsler av fosfor avtar til under kritisk mengde, til en oppnår god vannkvalitet uten oppblomstring av blågrønnbakterier. Restaurering krever riktig kunnskapsgrunnlag og det tar tid!

Tunevannet er et satsingsområde for kommunen og vi er glad for at så mange engasjerer seg. Engasjementet er viktig for å oppnå målet om godt vannmiljø. En gruppe bestående av representanter fra ulike bruks- og interessegrupper, engasjerte innbyggere og lokalpolitikere har vært referansegruppe for Tunevannet i denne runden. De har kommet med innspill, gitt råd og bidratt med sin lokalkunnskap.

Det er nå gjort et inngående arbeid med å sammenstille, evaluere og revidere tidligere arbeid. Nye analyser og undersøkelser er gjennomført. Dette for å gi en oppdatert status for innsjøen og å gi en oppdatert vurdering av ulike aktuelle tiltak, og hvilken effekt en kan forvente av disse på vannkvaliteten over tid. Teoretiske beregning og modeller av et komplisert biologisk system, som Tunevannet er, vil aldri gi eksakte svar. De vil likevel være nyttige og nødvendige hjelpemidler for å forstå sammensatte prosesser. Et faktabasert kunnskapsgrunnlag og god kommunikasjon om det gir gode forutsetninger for riktig valg av tiltak, og på sikt bedre vannkvalitet i Tunevannet.

# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Innledning .....</b>	<b>3</b>
1.1 Bakgrunn .....	3
1.2 Fakta om Tunevannet .....	3
1.3 Brukerinteresser og medvirkning .....	5
<b>2. Mål .....</b>	<b>7</b>
2.1 Vannforskriften, miljømål og brukermål .....	7
<b>3. Tunevannet og utvikling av vannkvalitet .....</b>	<b>8</b>
3.1 Vannkvalitet i innsjøen .....	8
3.2 Vannkvalitet i innløps- og utløpsbekk .....	10
3.3 Vannkvalitet og påvirkning av et endret klima .....	10
<b>4. Innsjøinterne prosesser i Tunevannet .....</b>	<b>11</b>
4.1 Sediment undersøkelser i Tunevannet .....	11
4.2 Interngjødsling i Tunevannet .....	12
<b>5. Blyforurensing i Tunevannet .....</b>	<b>14</b>
5.1 Bakgrunn .....	14
5.2 Resultater fra gjennomførte undersøkelser .....	14
5.3 Videre undersøkelser og eventuell opprydding .....	15
<b>6. Fosfortilførsler til Tunevannet .....</b>	<b>16</b>
<b>7. Oversikt over gjennomførte tiltak og undersøkelser .....</b>	<b>17</b>
7.1 Jordbrukstiltak .....	17
7.2 Avløpstiltak .....	19
7.3 Innsjøinterne tiltak .....	19
7.4 Andre tiltak .....	21
<b>8. Tiltak og kostnadseffektivitet .....</b>	<b>23</b>
8.1 Jordbruk .....	23
8.2 Avløpstiltak .....	25
8.3 Tiltak på andre arealer .....	25
8.4 Vurdering av innsjøinterne tiltak .....	25
<b>9. Handlingsprogram 2017-2021 .....</b>	<b>27</b>
<b>VEDLEGG 1: Referanser .....</b>	<b>31</b>



# Sammendrag

Tunevannet har de siste tiårene hatt årlige algeoppblomstringer, noe som skyldes høye konsentrasjoner av næringsstoffer i innsjøen. Dette til tross for at det gjennom flere år er gjennomført tiltak i og rundt innsjøen for å bedre vannkvaliteten. Algeoppblomstringen skaper problemer for bruken av vannet som badevann for distriktets befolkning

EUs vannrammedirektiv ble implementert i Norge i 2007 gjennom vannforskriften. Direktivet setter klare og konkrete mål om miljøforbedringer og legger rammene for hva som er god vannforvaltning. Det er et krav å vurdere miljøtilstanden i alle vann og vassdrag for deretter å vurdere alle påvirkninger samlet før man setter inn de meste effektive tiltakene. Dette betyr ikke noe nytt sammenlignet med hvordan det er jobbet med Tunevannet tidligere, men ved innføringen av vannforskriften er det sikret et regelmessig fokus på vannforvaltning med planleggings- og gjennomføringssyklus på seks år.

Forholdene i Tunevannet og i nedbørsfeltet er tidligere belyst i ulike rapporter og det er gjennomført flere tiltak for å bedre vannkvaliteten. For å følge utviklingen overvåkes vannkvaliteten. Dette arbeidet og nyere analyser ligger til grunn for utarbeidelsen av et nytt handlingsprogram for Tunevannet. Det nye handlingsprogrammet gir en oppdatert beskrivelse av innsjøens utvikling og tilstand. Videre gir det en oppdatert vurdering av ulike aktuelle tiltak og effekten av disse. Handlingsprogrammet oppsummer også tidligere arbeid og undersøkelser.

Medvirkning er et suksesskriterium for å oppnå godt vannmiljø. I arbeidet med Tunevannet har det vært et stort engasjement fra flere aktører og det har vært en viktig drahjelp i utarbeidelsen av et nytt handlingsprogram.

Sarpsborg kommune har som mål å ivareta Tunevannets verdi som rekreasjonsområde for byens befolkning. Dette betyr at vannkvaliteten må være så god at den tilfredsstillende normene for badevann. I tillegg skal miljømål gitt av vannforskriften ivaretas. Alger trenger både fosfor og nitrogen som næringsstoffer for å vokse, men algeveksten i innsjøer på Østlandet er ofte et resultat av for høye fosforkonsentrasjoner. Vannforskriften fastsetter mål om god vannkvalitet ut fra gitte kriterier, avhengig av vannforekomsten. For Tunevannet er miljømålet satt til 17 µg fosfor/L. Å nå dette målet krever en halvering av tilførselene. Beregnet avlastningsbehov er på omlag 100 kg fosfor/år. Handlingsprogrammet legger størst vekt på fosfor. I tillegg til å redusere fosfornivået vil det også være viktig at tilførselene av nitrogen til innsjøen ikke øker. Det er den senere tid påvist bly verdier langt over grenseverdien i bunnsedimentene i Tunevannet. Dette forholdet bør undersøkes nærmere for å vurdere hvilken påvirkning skytebanen på Bekkhus har for helse og miljø.

Siden 2002 er det gjennomført flere tiltak blant annet i jordbruket med hydrotekniske tiltak, jordarbeiding og redusert gjødsling. For avløp er det foretatt utbedring på ledningsnett og pumpestasjon for kommunalt avløp samt opprydding i spredt avløp. For uten å redusere tilførsel av fosfor fra nedbørsfeltet, så har det blitt gjennomført innsjøinterne tiltak som utfisking av karpefisk og utsetting av rovfisk (gjørs).

De viktigste kildene til fosfor i nedbørsfeltet til Tunevannet anses fortsatt å være jordbruk og lekkasjer fra offentlig og privat kloakkledningsnett. Handlingsprogrammet skisserer flere konkrete tiltak for å redusere fosfortilførsler til Tunevannet og på sikt bedre vannkvaliteten i Tunevannet. Tap fra eldre avløpsnett er en kjent utfordring både nasjonalt og internasjonalt og er et tema som får stadig mer

oppmerksomhet, også i dette handlingsprogrammet. Utskifting av gammelt ledningsnett er allerede planlagt gjennomført fra 2018. Det er et kostbart tiltak, men effekten antas å være betydelig.

I jordbruket anbefales tiltak mot erosjon og høye fosfortall i jorda. Særlig anbefales overvintring i stubb og redusert fosforgjødsling. Dette er tiltak som er forholdsvis billige i forhold til effekten. Dyrking av høsthvete kan gi store fosfortap på grunn av stor erosjonsrisiko i enkelte år. Tiltak mot erosjon i dråg og avgrensing mot beiting ved fangdam og innsjø er billige tiltak. Dessuten anbefales en fangdam og vedlikehold av den eksisterende fangdammen som meget kostnadseffektive tiltak. Vannforskriften vektlegger at en velger de tiltak som gir mest miljønytte per krone. Generelt er det god kostnadseffektivitet i jordbrukstiltakene. De koster lite sammenlignet eksempelvis med avløpstiltakene.

I tillegg til å redusere eksterne fosfor tilførsler foreslås det i handlingprogrammet også å gjennomføre innsjøinterne tiltak. To tiltak som fremheves er biomanipulering ved utfisking av karpefisk samt å utrede bruk av fosforbindende stoffer. Utfiskingstiltak må gjentas med noen års mellomrom for at en eventuell effekt skal opprettholdes. Ved bruk av fosforbindende stoffer vil det være avgjørende at det gjøres en grundig vurdering i forkant. Tiltaket kan være aktuelt å ta i bruk på lengre sikt.

Tiltakene som er kvantifisert i handlingsprogrammet summeres til rundt 60 kg fosfor/år. Dessuten anbefales flere tiltak der effekten ikke er kvantifisert. Tunevannet er et spesielt sårbart vann og det er viktig å ha fokus på at «alle monner drar».

Miljømålet på 17 µg fosfor/L i Tunevannet kan være for strengt og muligvis tåler innsjøen høyere konsentrasjoner, men her må vurderingene gjøres fortløpende med bakgrunn i ny kunnskap.

Oppsummert vil det å redusere fosfortilførselen til nedbørfeltet være det tiltaket som vil ha best effekt på vannkvaliteten på sikt. Interngjødsling har også en betydning for vannkvaliteten i Tunevannet, men betydningen er vanskelig å estimere. Men ønske om en rask bedring av vannkvaliteten ønsker kommunen igangsetting av flest mulig tiltak samtidig. Det anbefales derfor også igangsetting med utfisking av karpefisk.

Erfaring tilsier at det kan ta lang tid å se effekter av gjennomførte tiltak. Tilbakeføring til opprinnelig status tar tid og det er svært viktig å ha med seg dette perspektivet når vi jobber med en restaureringsprosess i en overgjødslet innsjø. Klimaendringer med økte tilførsler av næringsstoffer samt at innsjøen ikke er stabilt islagt om vinteren kan påvirke utviklingen av vannkvaliteten i Tunevannet negativt.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Tunevannet ligger som en sentrumsnær innsjø og naturperle i Sarpsborg. Området har svært høye friluft- og rekreasjonsverdier ved at det er lett tilgjengelig for bading, fiske, idrett og parkbesøk. Siden begynnelsen av 1990-tallet har det vært registrert algeoppblomstringer og de siste tiårene har det vært årlige algeoppblomstringer sommerstid. Dette skaper problemer for bruken av vannet som badevann og rekreasjonsområde.

Nytt forvaltningsregime med EUs vanddirektiv legger rammene for vannforvaltningen i Norge. Arbeidet med vannforvaltning er nedfelt i vannforskriften som trådte i kraft 1. januar 2007. Hovedformålet med vannforskriften er å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet, og om nødvendig iverksette forebyggende eller forbedrende miljøtiltak for å sikre miljøtilstanden i ferskvann, grunnvann og kystvann. Vannforskriften legger opp til at det settes miljømål for alt vann. Det generelle målet er at alle vannforekomster minst skal opprettholde eller oppnå «god tilstand» i tråd med nærmere angitte kriterier. På regionalt nivå organiseres arbeidet etter vannforskriften gjennom Vannområde Glomma Sør<sup>1</sup>. I 2016 ble en regional forvaltningsplan for Glomma godkjent. Planen gjelder for perioden 2016-2021 og skal videre oppdateres hvert sjette år.

På grunn av vannkvalitet og store brukerinteresser blir viktige innsjøer og bekker i Sarpsborg overvåket. Siden begynnelsen av 1990-tallet og frem til i dag er det gjennomført nesten årlig overvåking i Tunevannet. Tunevannet har gjennom flere år også hatt egne tiltaksplaner (1997 og 2002). I lys av utfordringen med algeoppblomstringer, og som en lokal oppfølging av vannforskriften ble det i 2015 startet opp et arbeid med å evaluere og revidere gjeldende tiltaksplan for Tunevannet.

Forholdene i Tunevannet og i nedbørsfeltet er tidligere belyst i ulike rapporter. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) har sammen med Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) i 2016 utarbeidet rapporten «Evaluering og revidering av Tiltaksanalyse for Tunevann». Denne rapporten utgjør, sammen med rapportene og utredningene som fremgår av vedlegg 1, underlagsmateriale for dette handlingsprogrammet.

## 1.2 Fakta om Tunevannet

Tunevannet har et lite nedbørsfelt, på bare 6,5 km<sup>2</sup>. Av dette utgjør selve vannet 2,3 km<sup>2</sup>. Tunevannet mottar altså lite nytt vann fra omgivelsene. Innsjøen er meget grunn. Gjennomsnittlig dybde er på 5,4 m, mens største dyp er målt til 12 m. Vannet skiftes ut langsomt. Oppholdstiden for vannet i innsjøen er svært lang (over 6 år). Lang omløpstid gjør vannet spesielt sårbart for overgjødning. En oppsamling av næringsrikt vann i Tunevannet som gir gode vekstbetingelser for alger. Det er årlige oppblomstringer av blågrønnalger i Tunevannet. Resultater fra vannkvalitetsovervåking i innsjøen viser at enkelte av artene som dominerer kan produsere giftstoffer av typen microcystin. Tabellen på neste side oppsummerer egenskaper ved innsjøen og nedbørsfeltet.

---

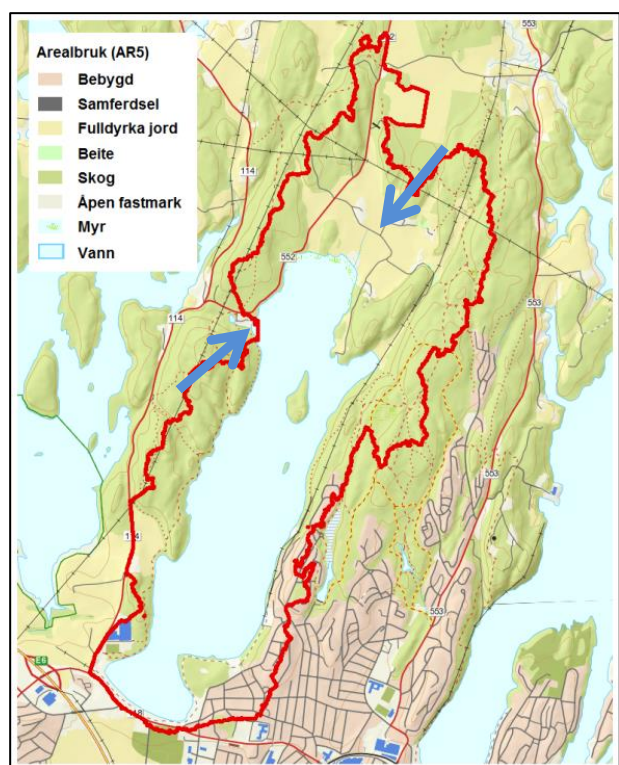
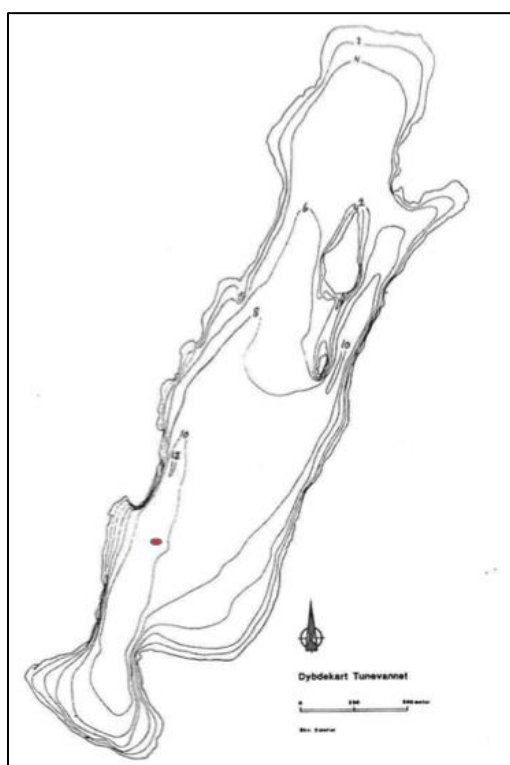
<sup>1</sup> Glomma Sør: Et samarbeid mellom 11 kommuner (Trøgstad, Spydeberg, Askim, Skiptvet, Eidsberg, Rakkestad, Sarpsborg, Råde, Fredrikstad, Hvaler og Halden).

Tabell 1: Tunevannet data for nedbørfeltet og innsjøen.

Nedbørfeltet			Innsjøen	
Arealbruk	Areal %	Areal (daa)		
Jordbruk:	11	738	Høyde over havet:	40 m
Skog/utmark:	44	2 840	Nedbørfelt:	6,6 km <sup>2</sup>
Bebyggd areal:	6	364	Vannoverflate:	2,3-2,41 km <sup>2</sup>
Samferdsel:	1	99	Vannvolum:	11,3-12,8 mill. m <sup>3</sup> *
Parkområde (gjødslet):	1	33	Teoretisk oppholdstid:	6,4 år
Parkområde (ugjødslet):	2	173	Største dyp:	12 m
Vann:	36	2 327	Middel dyp:	5,4 m
Sum	100	6 574	Tilsig:	2 mill.m <sup>3</sup> /år

\*Noe varierende vannstand grunnet vannuttak til industri

Tunevannet har innløpsbekker i nordenden av innsjøen og den største er Skjørenbekken. Det er i tillegg grunnvannstilsig til innsjøen. Utløpsbekken (Stenbekken) renner ut i nord-vest delen av innsjøen og ned i Vestvannet. Vannstanden i innsjøen kan variere noe bl.a. grunnet vannuttak til industrien i sørenden av innsjøen.



Figur 1. Dybdekart over innsjøen (figuren til venstre).

Figur 2. Arealbruk og nedbørgrenser (figuren til høyre). Pilen til høyre i bilde viser den største innløpsbekken til Tunevannet, mens pilen til venstre viser utløpsbekken.



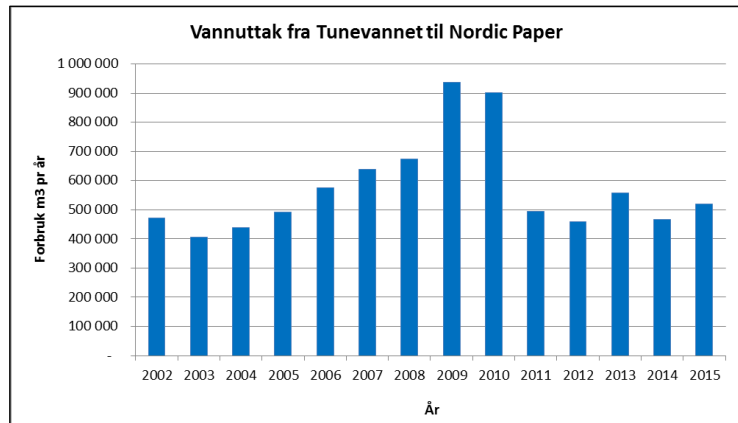
## 1.3 Brukerinteresser og medvirkning

### Friluft- og grunneierinteresser

Tunevannet med nærliggende naturområder utgjør et viktig rekreasjonsområde for distriktets befolkning. Det bynære vannet har stor verdi for folkehelse og innbyggernes trivsel. Attraktive badeplasser, varierte grøntarealer som brukes til soling, turgåing, lek, ballspill og annen sport. Nord i Tunevannet, ved Bekkhus ligger anlegget til Sarpsborg og Omegn Jeger- og Fiskeforening. I sydenden ligger Sarpsborg Roklubb sitt anlegg med regattabane for rosport. I Tunevannet drives det et utstrakt fritidsfiske, først og fremst etter gjedde og abbor. Landeparken og Tunevannet er hvert år i juli arena for Olavsfestivalen, et arrangement som er godt besøkt og har opplevelser for hele familien. Om vinteren er isen attraktiv for skøytebruk, skiturer, turgåing og isfiske. Det har de siste årene også kommet innspill om etablering av en kabelpark i Tunevannet med ulike vannaktiviteter (wake board, vannskikjøring etc.). For øvrig er det grunneierinteresser rundt Tunevannet og aktivitet knyttet til skog- og jordbruk.

### Prosessvann til industrien

**Nordic Paper** (tidligere Greaker cellulosefabrikk) ble grunnlagt i 1905 og ligger rett ved samløpet mellom Glomma og Visterflo. Cellulosefabrikken ble drevet under navnet Greaker Industrier mellom 1972-1979, M. Peterson og Søn/Peterson Scanproof frem til 2001 og nå av Nordic Paper som er et samarbeid mellom Peterson og Norske Skog. I 1932 ble det inngått en avtale med Greaker cellulosefabrikk og Tune kommune om tillatelse til tapping av inntil 2 mill. m<sup>3</sup> vann pr. år fra Tunevannet til prosessvann i cellulosefabrikken. Vannet ble pumpet ut fra Tunevannet (se figur 3), via overføringsrør til Greåker, hvor vannet ble brukt og deretter sluppet ut i Glomma. Vannuttaket er kraftig redusert de senere år.



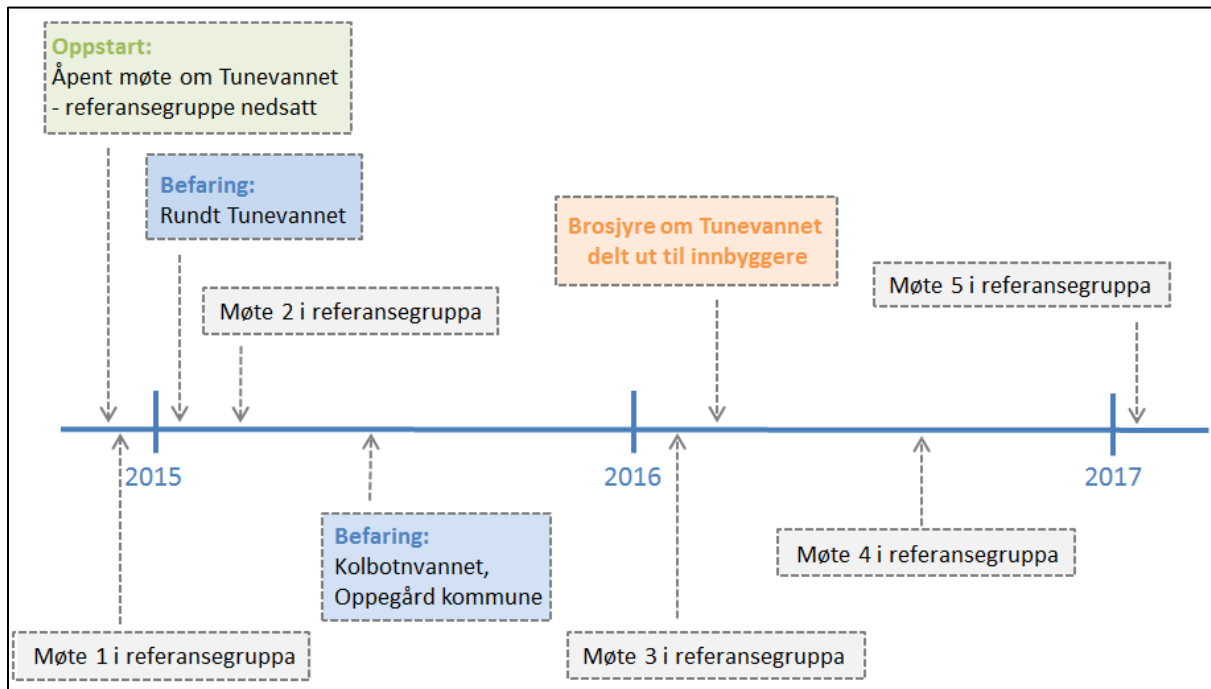
Figur 3. Kartutsnittet viser punkt for uttapping av vann. Grafen til høyre gir en oversikt over vannuttak fra Tunevannet til Nordic Paper i perioden fra 2002-2015 (Data: Nordic Paper).

Ved den sørvestre bredden av Tunevannet ligger fabrikken til **Husqvarna** (tidligere KPS Karl Pettersens Sønner AS, Electrolux). Fabrikken ble bygd i 1956 og har siden oppstart tappet vann fra Tunevannet til kjølevann i et lukket system. I dag tappes det daglig omlag 500 m<sup>3</sup> vann fra Tunevannet. Dette blir brukt som kjølevann og etter bruk ledes vannet tilbake til innsjøen igjen, noen få grader varmere enn da det ble tappet. Fram til ca. 1985-1990 ble vann fra Tunevannet pumpet opp fra Tunevannet og returvann ble sendt til Vestvannet via overvannsnett. Grunnet lavt nivå på vannstand kom det på et tidspunkt krav fra kommunen om at returvann skulle tilbakeføres til Tunevannet igjen. Industrien på Greåker måtte også redusere sitt vannuttak av samme årsak.

## Medvirkning og informasjon

Medvirkning er et suksesskriterium for å oppnå godt vannmiljø. Det bygger kunnskap, skaper engasjement og bidrar til å fremme deltagelse for gjennomføring av tiltak. God og tilrettelagt informasjonsflyt vil også gjøre arbeidet mer tilgjengelig for alle.

En gruppe bestående av representanter fra landbrukssektoren, Lande Vel, Naturvernforbundet i Sarpsborg, Sarpsborg Roklubb, engasjerte innbyggere og lokalpolitikere har vært referansegruppe for Tunevannet. De har kommet med innspill, gitt råd og synspunkter samt bidratt med sin lokalkunnskap. Arbeidet i referansegruppa er vist ved tidslinjen under (figur 4).



Figur 4. Oversikt over medvirkningsarbeidet med møter og befaringer etc.

I tillegg til møter og befaringer har gruppen også jevnlig fått informasjon og oppdateringer via e-post. Andre fagpersoner med vannfaglig kompetanse har også vært involvert i arbeidet, både fra offentlig og privat sektor. I tillegg har kommunen hatt dialog med bedriftene som har vannuttak fra Tunevannet.

En brosjyre med informasjon om Tunevannet og arbeidet som har vært gjort og gjøres for å bedre vannkvaliteten ble distribuert til ca. 15 200 husstander på vestsiden av Glomma våren 2016.



Figur 5. Brosjyren «Tunevannet. Hva kan vi gjøre med algeproblemet?»

## 2. Mål

### 2.1 Vannforskriften, miljømål og brukermål

Sarpsborg kommune har som mål å ivareta Tunevannets verdi som rekreasjonsområde for befolkningen og at innsjøen skal oppnå god vannkvalitet. I forbindelse med implementeringen av EUs Vanddirektiv (vannforskriften) er det utarbeidet nye kriterier for å klassifisere miljøtilstand i elver og innsjøer. Vannforskriftens miljømål er fastsatt utfra et akseptabelt avvik fra naturtilstanden. Naturtilstanden er bestemt som den tilstanden som en vannforekomst har hatt før menneskelig påvirkning, altså tilstanden før intensivering av jordbruk og industri. Ulike vann typer har ulike naturtilstand. Det er laget en oversikt for dette basert på utvalgte parametere. Parameterne omfatter bla. fosfor, nitrogen og klorofyll-a. Videre er det laget et klassifiseringssystem som er inndelt i tilstandsklassene *svært god*, *god*, *moderat*, *dårlig* og *svært dårlig* (figur 6). Tilstandsklassene er basert på avvik fra en referanseverdi for ulike målbare parametere.

Miljømålet er grensen mellom god og moderat tilstand. God tilstand er når miljømålet er oppnådd, og dersom miljømålet ikke er nådd skal tiltak iverksettes for å bedre tilstanden. Det er derfor viktig for en god vannforvaltning at miljømålene er så korrekte som mulig for den enkelte vannforekomst.

Miljømålet for fosfor i Tunevannet er satt til 17 µg fosfor/L. Det finnes imidlertid ingen egen vann type for leirpåvirkede innsjøer. Dette er relevant for Tunevannet hvor hele nedbørfeltet



Figur 6. Økologisk tilstand, med fem definerte klasser; ”Svært god”, ”God”, ”Moderat”, ”Dårlig” og ”Svært dårlig”.

ligger under den marine grense, og dekningsgraden av leirjord er beregnet å være 28 %. Målet kan være for strengt og kanskje tåler innsjøen høyere konsentrasjoner. Det bør gjøres nye vurderingene av miljømålet etter at alle analyseresultatene fra sedimentkjernen foreligger (se pkt. 4.1).

Arbeidet etter vannforskriften går i 6-års syklus. Det overordnede målet er godt vannmiljø i alle vannforekomster i Norge innen 2021. Dersom arbeidet skulle vise at det vil være umulig eller uforholdsmessig kostnadskrevenende å nå målet om god tilstand, gir forskriften anledning til å utsette måloppnåelsen i 6 eller 12 år. Å bedre vannkvaliteten i Tunevannet er et langsiktig arbeid. Av den grunn er det søkt om utsatt frist til 2027 for å oppnå miljømålet for Tunevannet.

Arbeid med vannforskriften har så langt hatt lite fokus på brukermål. Sarpsborg kommune mener det er behov for å fokusere sterkere på brukermål og brukerinteresser. Brukermålet om å ivareta Tunevannets verdi som rekreasjonsområde for byen befolkning videreføres fra forrige tiltaksplan. Dette betyr at vannkvaliteten må være så god at den tilfredsstillende normene for badevann.

## 3. Tunevannet og utvikling av vannkvalitet

### 3.1 Vannkvalitet i innsjøen

Overgjødning i ferskvann skyldes i all hovedsak for høye eksterne og/eller interne tilførsler av fosfor. Overvåkingsdata viser at det har skjedd endringer i vannkvaliteten fra begynnelsen av 1980-tallet og frem til 1990-tallet (se figur 10). Det er stabilt høye fosfornivåer i innsjøen. Overvåkingsresultatene viser at totalfosforkonsentrasjonen i Tunevannet siden 1990-tallet har variert mellom 25-40 µg/L og at miljømålet på 17 µg/L<sup>2</sup> totalfosfor ikke er nådd. Det er ingen tendenser til økning eller reduksjon i totalfosforkonsentrasjonen i innsjøen, men det er noen år til år variasjoner.

Det foreligger ingen overvåkingsdata fra før 1980-tallet som kan belyse utvikling i vannkvalitet. Den store endringen fra mesotrofe<sup>3</sup> til eutrofe forhold fra 1980-tallet til 1990-tallet kan kun delvis forklares med økt avrenning fra kommunalt avløp og/eller fra landbruket i samme periode. I en overvåkingsrapport fra begynnelsen av 1990-tallet belyses det samme, nemlig at de observerte endringene i vannkvalitet fra begynnelsen av 1980-tallet til begynnelsen av 1990-tallet ikke alene kan forklares med økte utslipp fra avløp eller økt avrenning fra landbruket. Det må derfor i tillegg være andre kilder til tilførsel av næringsstoffer til innsjøen.

Totalnitrogenkonsentrasjonen varierer mellom 400-800 µg/L i perioden fra 1980-tallet og frem til i dag (jf. figur 10). Det er store årlige variasjoner. Overvåkingsdata viser også at det er svært lite nitrat (NO<sub>3</sub>) og ammonium (NH<sub>4</sub>) i innsjøen utover i vekstsesongen. At det ofte er så små mengder av disse plantetilgjengelige fraksjonene av nitrogen antyder at nitrogen er klart begrensende for algevekst. Det kan derfor sies at innsjøen virker å være begrenset av nitrogen.

Klorofyll-a er et mål for den totale mengden planteplankton. I Tunevannet kan klorofyll-a konsentrasjonen variere mye fra år til år, men den har gjennomgående ligget høyere enn miljømålet på 9 µg/L siden midten av 1990-tallet (se figur 10). I år med kraftige oppblomstringer av blågrønnalger er klorofyll a konsentrasjonen spesielt høy. I hele perioden fra 2005 og frem til i dag har planteplanktonsamfunnet i Tunevannet vært dominert av blågrønnalger. Det har ofte vært en dominans av den potensielt giftproduserende slekten *Microcystis* eller av ikke giftproduserende arter i slekten *Dolichospermum* (tidligere kalt *Anabaena*). En rekke andre arter og slekter av blågrønnalger er imidlertid også tilstede i Tunevannet. Undersøkelser viser at det skjedde en endring i planteplanktonsamfunnet fra 1980-tallet og frem til 1990 tallet. Dette støttes også av de foreløpige undersøkelsene av sedimentkjerner fra Tunevannet (se kap. 4.1).

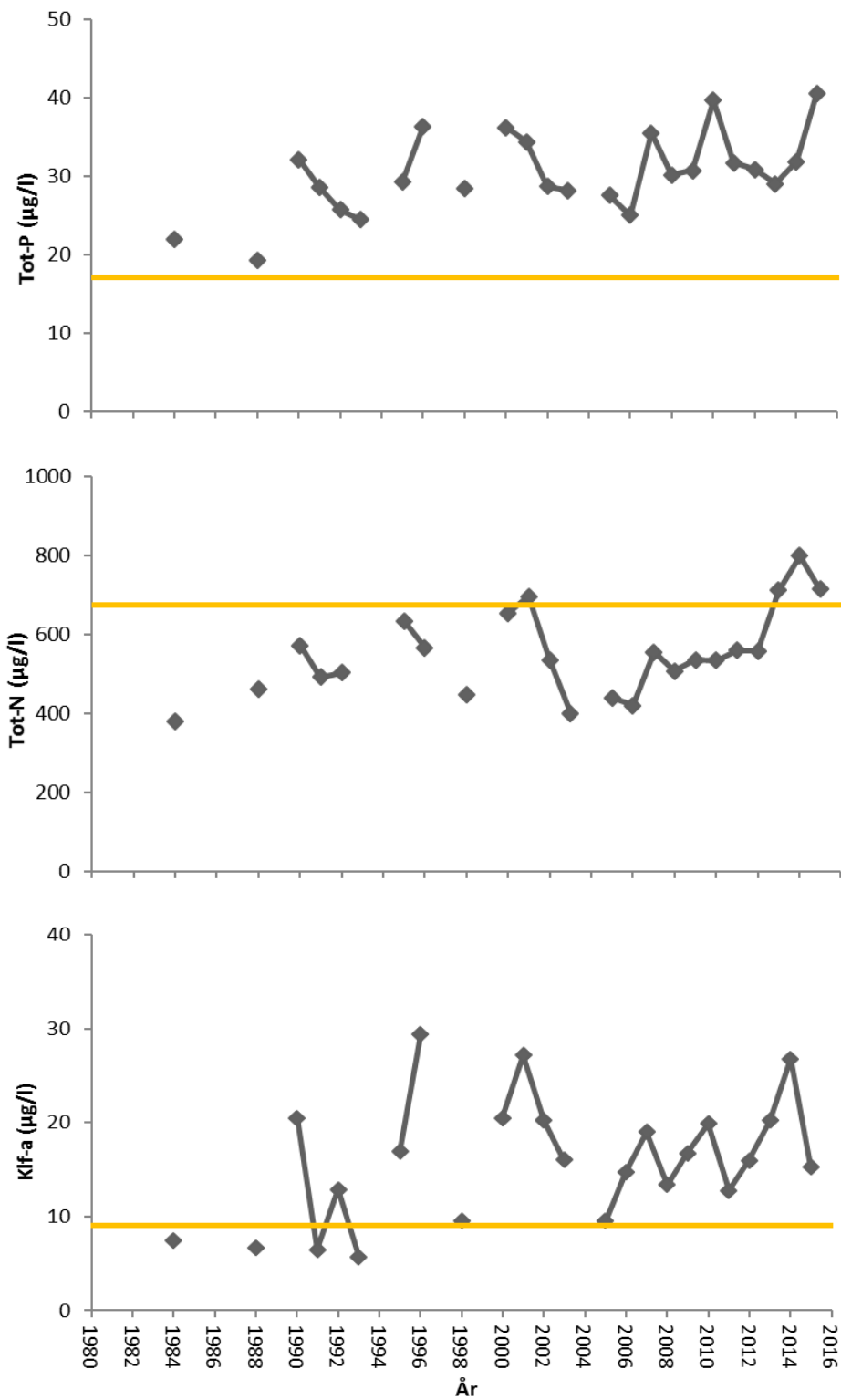


Figur 7 og 8. Kommunen fraråder bading ved Tunevannet sommeren 2015 (til venstre).

Figur 9. Sediment prøvetaking i Tunevannet november 2015 (bildet til høyre).

<sup>2</sup> Miljømål iht. vannforskriften for Tunevannet (jf. Veileder 02:2013, Direktorsgruppen 2013)

<sup>3</sup> Mesotrofe innsjøer har middels, (dvs. her: optimalt) nivå for produktivitet, større enn oligotrofiske (næringsfattige) innsjøer, men mindre enn eutrofiske (næringsrike) innsjøer.



Figur 10. Utvikling av total fosfor, total nitrogen og klorofyll-a i Tunevannet fra 1984 til 2015. De orange linjene viser miljømålet iht. vannforskriften for Tunevannet (jf. Veileder 02:2013, Direktoratgruppen 2013)

## 3.2 Vannkvalitet i innløps- og utløpsbekk

Skjørenbekken er den største innløpsbekken til Tunevannet og totalfosfor-konsentrasjonen på innløpsvannet her ligger omtrent mellom 60-100µg/L<sup>4</sup> de siste fem årene. Dette er en mye høyere konsentrasjon enn det som måles i innsjøen.

Data fra utløpsbekken (Stensbekken) fra 2015 viser at totalfosforkonsentrasjonen i gjennomsnitt er 28 µg/L<sup>5</sup>. Konsentrasjonen i utløpsbekken er dermed mye lavere enn i innløpsbekken og dette viser at det tilbakeholdes fosfor i innsjøen. Prøvepunkt i Skjørenbekken har de siste årene vist noe høyere fosforkonsentrasjoner. Det er også observert høyere målinger av E.coli bakterier. Dette kan ha sammenheng med tilførsler fra beitende husdyr, og/eller at bekken er påvirket av avløp (lekkasjer). Det ble nylig påvist lekkasje i en septiktank i området, men forholdene er nå utbedret.

I 2011 ble det gjennomført en stor tilstandsklassifisering i vannområde Glomma sør, og det ble bl.a. tatt prøver av begroingsalger og bunndyr i elver og bekker. Skjørenbekken var en av bekkene som ble undersøkt. Resultatene fra disse biologiske undersøkelsene stemmer godt overens med totalfosforkonsentrasjonen i bekken og viser en moderat til dårlig tilstand (jf. figur 6).

## 3.3 Vannkvalitet og påvirkning av et endret klima

Målinger ved Meteorologisk Institutt viser at både nedbør og temperatur har økt over de siste ca. 100 år på Østlandet og ved Sarpsborg meteorologiske stasjon (figur 11). Det er kjent at klimaendringer i form av økt temperatur, hyppige og kraftige nedbørepisoder vil øke problemer med overgjødning og masseoppblomstring av blågrønnalger i vannforekomster.

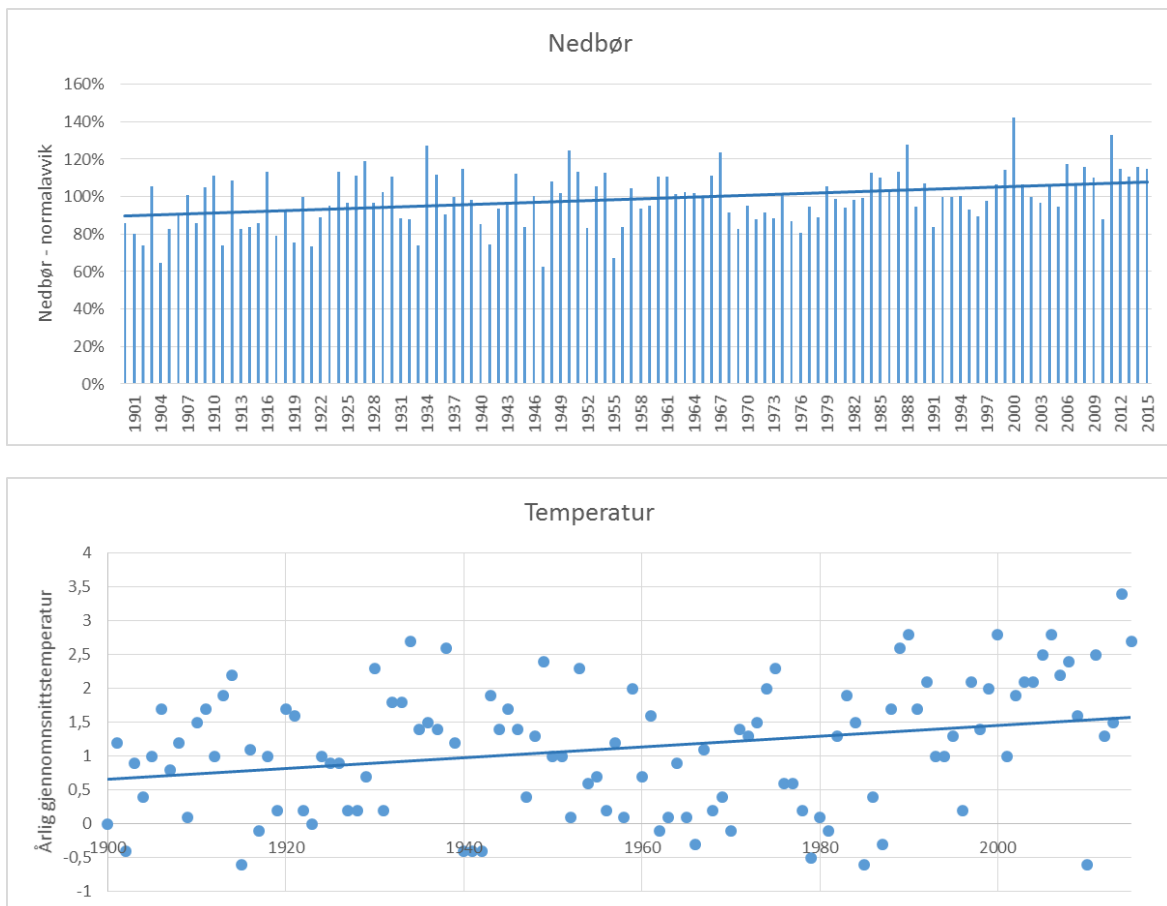
En sammenligning mellom middelverdi av totalfosfor for en vekstsesong i innsjøen og årlige nedbørdata fra Sarpsborg viser ingen klar sammenheng mellom nedbør og mengde totalfosfor i innsjøen. For nitrogen kan det virke som det er en sammenheng mellom års nedbør og mengde nitrogen i innsjøen. Nitrogen vil være en begrensende faktor for algevekst i Tunevannet i løpet av vekstsesongen, og en økning i nitrogen vil kunne medføre større problemer med algeoppblomstringer. Selv om det er høye konsentrasjoner av fosfor i Tunevannet, kan det være perioder, som regel mot slutten av vekstsesongen, hvor fosfor også er begrensende for algevekst. Ytterligere økte tilførsler av fosfor vil være negativt for utvikling av vannkvaliteten i Tunevannet.

Økte temperaturer vil medføre mindre stabilt isdekke og dermed mer vindblanding av vannsøylen i innsjøen og en økt lengde på vekstsesongen. Videre vil høyere vanntemperatur fremme vekst av blågrønnalger fremfor andre grupper av planteplankton. De siste årene har Tunevannet enten ikke blitt islagt eller kun delvis blitt islagt. Dette vil kunne ha negative konsekvenser for utvikling av vannkvaliteten i innsjøen.

---

<sup>4</sup> Det er tatt fra 2-6 prøver årlig ved disse stasjonene, og et årgjennomsnitt basert på disse prøvene er ikke nødvendigvis representativt for fosforkonsentrasjonen gjennom hele året. Flomepisoder med høye konsentrasjoner vil ofte bli underrepresentert ved stikkprøvetaking.

<sup>5</sup> Basert på fem prøver tatt fra begynnelsen av april til slutten av oktober, DAØ 2015-2



Figur 11. Temperatur og nedbør ved Sarpsborg brannstasjon siden 1900 (Meteorologisk Institutt).

## 4. Innsjøinterne prosesser i Tunevannet

### 4.1 Sediment undersøkelser i Tunevannet

Innsjøsedimenter kan brukes som et kjemisk og biologisk arkiv og dermed bidra til å gi svar på hvordan innsjøen har utviklet seg over tid. Det er tatt ut sedimentkjerner fra det dypeste punktet i Tunevannet som er analysert ved hjelp av ulike metoder. Målet med sediment undersøkelsene er:

- Studere utvikling i vannkvaliteten
- Vurdere årsak til variasjoner i vannkvalitet og oppblomstring av blågrønnalger
- Å vurdere naturtilstanden og om miljømålet er realistisk

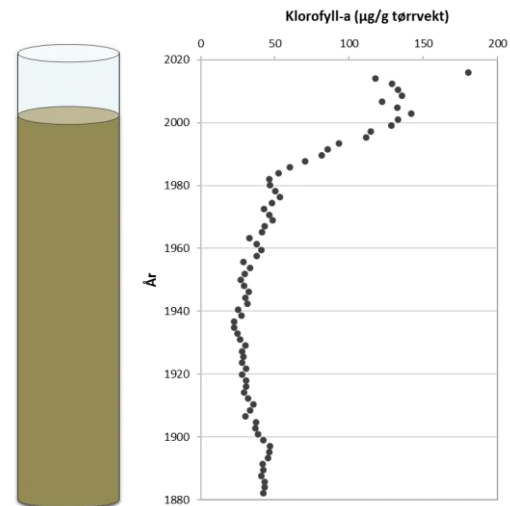
Arbeidet er en del av et mastergradsarbeid og gjennomføres studieåret 2016/2017. Sedimentkjernen ble tatt ut i mai 2016. Foreløpige resultater fra datering (alder på sedimentkjernen), vanninnhold, tørrstoff/kornfordeling og den relative endringen i pigmentinnhold er beskrevet under.

Sedimentene har en jevn og lys farge, noe som tilsier at det ikke har forekommet lange perioder med oksygenfritt bunnvann i Tunevannet. Alderen på sedimentkjernen som er tatt ut er ca. 135 år, den er omtrent fra år 1880. De foreløpige resultatene fra sedimentkjernen viser at det først skjer en gradvis økning i klorofyll-a mengden fra om lag 1960-1980 og at det i perioden mellom 1980-2000 skjer en kraftig økning i klorofyll-a-mengden (figur 12). Det skjer samtidig en endring i



pigmentsammensetningen i perioden mellom 1980-2000 og mengden blågrønnalger øker i denne perioden. Dette samsvarer med forhold som beskrives i tidligere overvåkningsrapporter, nemlig at det har skjedd store endringer i planteplanktonsammensetningen fra begynnelsen av 1980-tallet og til begynnelsen av 1990-tallet. Det var mye aktivitet med bolig- og veibygging samt opprusting av friområder i nedbørfeltet til Tunevannet frem til omtrent 1980. Det kan ha vært økt erosjon i forbindelse med bygging og graving som kan tenkes å bidra til utvikling av vannkvaliteten i den etterfølgende perioden mellom 1980-2000. Erosjon på jordbruksarealene kan heller ikke utelukkes.

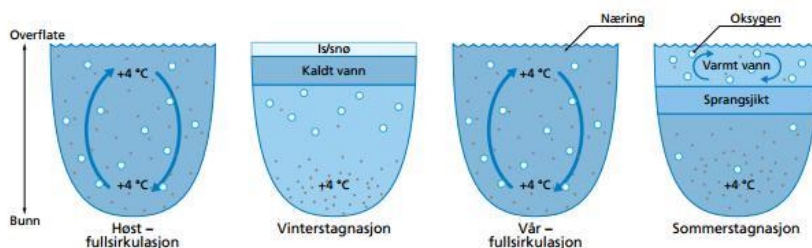
Allerede fra 1940 er det mulig å se en økning i mengden. Dette kan ha sammenheng med utviklingen i landbruket og utbygging i området. Det gjenstår å analysere sedimentene for fosfor, svovel og kalium. Karbon/nitrogenforholdet skal også vurderes. Resultatet av disse analysene vil foreligge fram mot sommeren 2017. Det hadde selvfølgelig vært ønskelig og hatt svar på alle analyser før handlingsprogrammet ble ferdigstilt. Det antas imidlertid ikke at dette vil få større innvirkning på strategi og valg av tiltak i dette handlingsprogrammet. Eventuelle nye funn og forslag til nye tiltak vil måtte tas inn ved senere revisjon. Innhold av bly i sedimentene er omtalt i kapittel 5.



Figur 12. Mengde klorofyll-a i sedimentkjernen fra Tunevannet.

## 4.2 Interngjødsling i Tunevannet

Innsjøer får tilført fosfat ( $PO_4$ ) fra nedbørfeltet gjennom elver, bekker, eller med grunnvann. Når det er oksygen til stede, bindes en del av fosfatet umiddelbart til jern eller andre metaller. Under denne prosessen dannes små fnokker som synker til bunns og blir en del av sedimentet. Resten av fosfatet kan tas opp av alger og blir en del av deres biomasse. Når algene dør, frigjøres noe av fosfatet igjen. Resten transporteres med biomassen til sedimentet. I de fleste norske innsjøer fjernes på denne måten omtrent 50-70 % av fosfor fra vannet, men denne prosessen er reversibel. Hvis konsentrasjon av oksygen i bunnvannet underskrider 0,1 mg/l frigjøres det fosfat fra sedimentet. Dette skjer vanligvis om sommeren eller vinteren under stagnasjon (figur 13). Fosfat samles da direkte over sedimentet og blandes inn i hele vannsøylen under den neste sirkulasjonsperioden. Denne prosessen kalles interngjødsling.

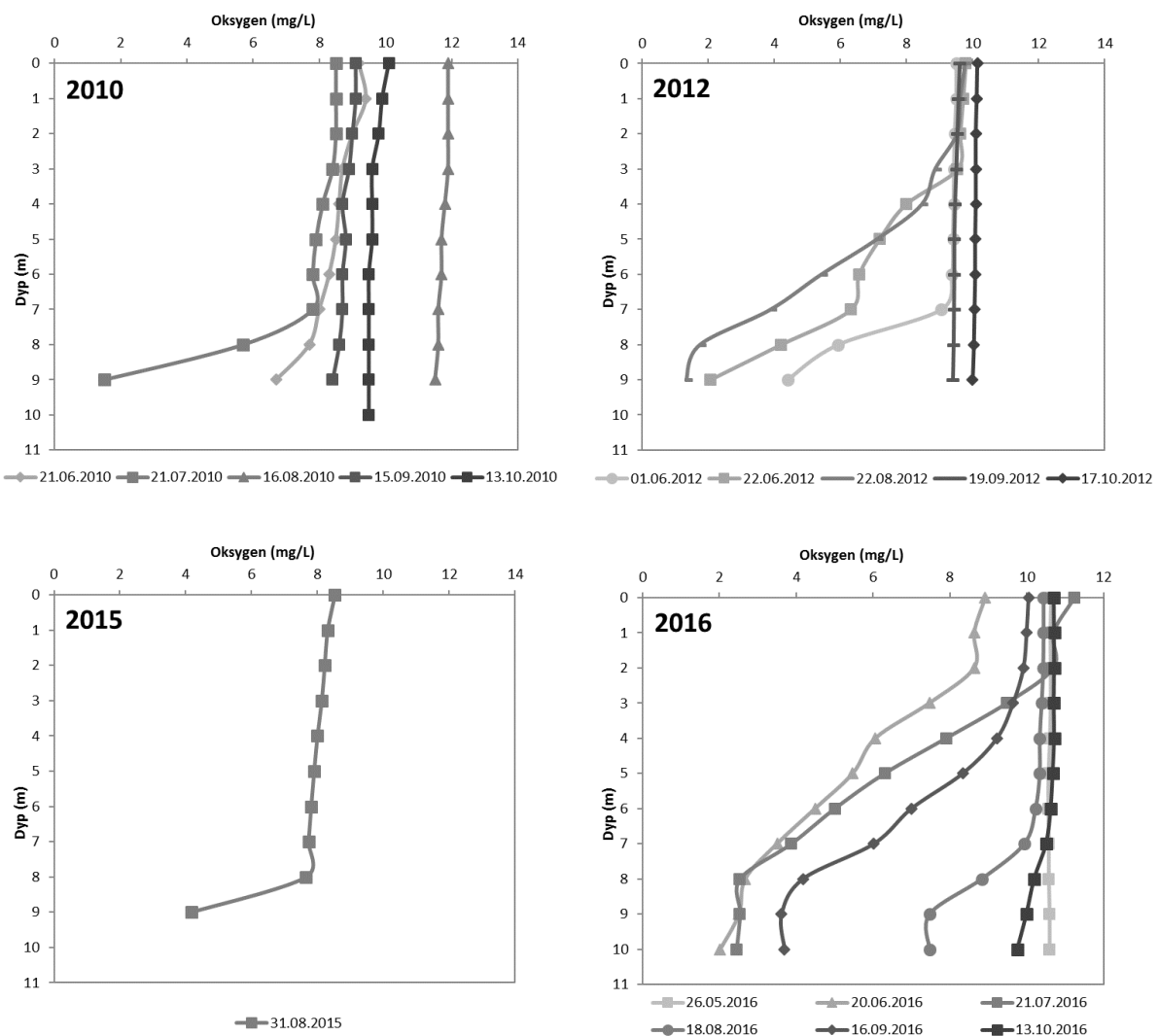


Figur 13. Skissen viser et vanlig sirkulasjonsmønster i innsjøer. Tunevannet er grunt og vindpåvirket og målinger viser at det ikke er stabile sjiktforhold i sjøen.



Interngjødsling medfører en resirkulering av fosfat i innsjøen og motvirker dermed tiltak i nedbørfeltet. Sarpsborg kommune har i perioden 2015-2016 undersøkt om det er dårlige oksygenforhold i bunnvannet og i hvilken grad interngjødsling er et problem i Tunevannet. Oksygenmålinger viser at det ikke er stabile sjiktforhold i den relativt grunne innsjøen. Ofte er det god innblanding av oksygen i hele vannsøylen. Det kan være perioder med mindre oksygen i bunnvannet, men målingene viser at det ikke er oksygenfrie forhold i bunnvannet (jf. fig. 14). Videre viser prøver tatt fra bunnvannet rett over sedimentet i Tunevannet i 2016 at konsentrasjonen av fosfat er lav. Det antas derfor at det ikke er et problem at fosfat frigis fra sedimentene i Tunevannet. Sedimentkjernen som ble tatt i 2016 hadde ingen lameller, altså skifte mellom mørkere og lysere lag. Sedimentkjernen understøtter derfor antakelsen om at oksygenfritt bunnvann ikke forekommer i lange perioder i Tunevannet.

Det kan imidlertid være andre innsjøinterne prosesser i Tunevannet som medfører en interngjødsling av fosfor i innsjøen, f.eks. ved at partikkelbundet fosfor løses opp i vannmassene igjen (resuspensjon). Det er sannsynlig at vinddreven resuspensjon av fosfor fra sedimentene forekommer i innsjøen. Videre kan det antas at fisk medfører en resuspensjon av fosfor fra sedimentene i Tunevannet. Det er imidlertid ikke mulig å kvantifisere betydningen av disse prosessene i form av hvor mye fosfor som resirkuleres fra sedimentene.



Figur 14. Oksygenforhold i Tunevannet, 2010, 2012, 2015 og 2016.

## 5. Blyforurensing i Tunevannet

### 5.1 Bakgrunn

Siden tidlig på 1950-tallet har det vært drevet trening- og konkurranseskyting med leirduer på Bekkhus (figur 15 og 16). Skytebanen har store deler av nedslagsfeltet sitt ut over vannet. I 2013 kartla Sarpsborg kommunen støy fra skytebanen på Bekkhus. Det har også vært ønskelig å se nærmere på hvilken påvirkning skytebanen kan ha for den kjemiske tilstanden i innsjøen.

Det er godt kjent at bly kan ha negative effekter på miljøet og mennesker. Norges Jeger- og Fiskerforbund innførte derfor forbud mot blyhagl i sine konkurranser i 1991 og i 2002 kom det offentlige forbudet mot bruk av blyhagl på skytebaner. Fra 2005 til 2015 var det totalforbud mot bruk av blyhagl i Norge. Det er ikke kjent at stålhagl utgjør noen stor potensiell forurensingsrisiko. Det er derfor først og fremst blyhagl fra før forbudet som utgjør et forurensingsproblem.

Norsk institutt for Bioøkonomi (NIBIO) undersøkte på oppdrag for kommunen høsten 2015 innhold av tungmetaller i jord og sedimenter. Hensikten med undersøkelsene var å gi en innledende beskrivelse av forurensning ved skytebanen. Prøver fra bunnsedimentet viste meget sterk forurensning med blyhagrelaterte tungmetaller.



Figur 15 og 16. Sarpsborg og omegn Jeger- og Fiskerforenings anlegg på Bekkhus, nordvest i Tunevannet. Utløpsbekken til Tunevannet, Stenbekken, ses i midten av bilde.

### 5.2 Resultater fra gjennomførte undersøkelser

Analysen av prøvene viser at både sediment og jord er påvirket av tidligere aktiviteter ved skytebanen. Prøvene som ble tatt av sedimentet i 2015, innenfor banens sikkerhetssone, var meget sterkt forurenset med blyhagrelaterte tungmetaller. I flere av prøvene ble det påvist konsentrasjoner av arsen, antimon og spesielt bly som forventes å gi toksiske effekter på organismer som lever i eller i nærheten av sedimentet (tilstandsklasse V). Det ble ikke påvist levende organismer ved gjennomgang av prøvene. Både i jordprøvene og på bakken ble det funnet mye fragmenter av leirduer, patronhylser og patronhetter (figur 17). I enkelte prøver ble det også påvist høyt innhold av PAH (tjærestoffer). Det antas å stamme fra leirduene og at PAH er sterkt bundet til fragmenter i leirduene.

I forbindelse med undersøkelse og analyser av sedimentkjerner lenger sør i Tunevannet i 2016 ble det også målt relativt høye bly verdier. Blyinnholdet i sedimentet var stabilt på et lavt nivå til omtrent 1950 og har økt etter dette tidspunktet fra omtrent 40 mg/kg sediment til dagens nivå som er målt til 130-150 mg bly/kg tørrvekt. Økningen etter 1950 er vanlig i mange innsjøer grunnet bly i bensin og

økning i trafikk. Vanligvis finner vi en reduksjon etter blyholdig bensin ble forbudt i 1988. Dette er ikke tilfelle i Tunevannet. Det antas derfor at det er en aktuell kilde til bly i nedbørfeltet til Tunevannet, og det er nærliggende å tro at sedimentene i sikkerhetssonen til skytebanen lekker bly som spres utover i hele innsjøen. Sedimentkjernen ble tatt fra et sted som ligger over 2 km fra skytebanen.

Blyinnholdet i sedimentene er ikke akutt helsefarlig for mennesker, men etter den nye veilederen<sup>6</sup> fra Miljødirektoratet oppnår ikke Tunevannet god kjemisk status. Grenseverdien er 66 mg bly/kg i ferskvann og ifølge veilederen kreves en oppfølging av dette. I NIBO-rapporten fra 2015 konkluderes det med at opphold på skytebanen ikke utgjør noe større helserisiko. Inntak av fisk kan imidlertid være en potensiell eksponeringsvei for mennesker og vilt. Tunevannet har et stort antall fisk, deriblant gjedde, abbor, mort, brasme, gjørs, laue, hork og sørv.



Figur 17. Sediment prøvetaking i Tunevannet november 2015 (bildet til høyre). Det ble observert store mengder hagl i sediment prøvene (bildet i midten). Bilde til høyre viser rester av leirduer og patronhetter rett utenfor standplass på skytebanen på Bekkhus, mot Tunevannet.

### 5.3 Videre undersøkelser og eventuell opprydding

Det er behov for ytterligere undersøkelser for å få økt kunnskap om forurensningen og eventuell spredning, samt effekter på helse og miljø.

Fylkesmannen er delegert myndighet til å føre tilsyn med forurensning fra skytebaner. Sarpsborg og omegn Jeger- og Fiskerforening, Fylkesmannen og kommunen har derfor dialog og samarbeider om veien videre. Dette inkluderer også vurderinger av hvordan fremtidig drift av skytebanen kan foregå. Videre undersøkelser bør gi svar på omfanget av forurensningene, eventuell helsepåvirkning og behovet for å rydde opp.

<sup>6</sup> <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M608/M608.pdf>

## 6. Fosfortilførsler til Tunevannet

Jordbruk og lekkasjer fra kloakkledningsnettets anses som de viktigste kildene til fosfor i Tunevannet. For å spore utslipp fra kommunalt avløp er det gjennomført flere undersøkelser på ledningsnettets. Det er også foretatt profilundersøkelser nedenfor mistenkte lekkasjesteder og undersøkelser av vannkvaliteten i de tilknyttede områdene. Disse undersøkelsene har ikke avdekket målbare lekkasjer fra ledningsnettets, men det kan likevel ikke utelukkes at det er lekkasjer fra ledningsnettets til innsjøen. Tap fra eldre avløpsnett er en kjent utfordring både nasjonalt og internasjonalt og er et tema som får stadig mer oppmerksomhet. Det er flere fosforkilder fra landbruket som ikke er kvantifisert, bl.a. erosjon i dråg, effekt av beiting i nærheten av åpent vann og innsjøinterne kilder til fosfor i vannmassene. Tilførsler fra luft og avrenning fra skog og utmark er naturlige fosforkilder som også utgjør et betydelig bidrag. Beregnede fosfortilførsler fra ulike kilder er vist i tabell 2. Beregningsgrunnlaget for fosfortilførselene fremgår av NIBIO-rapporten fra 2016<sup>7</sup>. Det er mulig at tilførselene i virkeligheten er større enn det som er estimert delvis på grunn av økt nedbør og økt intensitet av nedbøren. Eksempelvis vil økt erosjon i forbindelse med byggeaktivitet (bolig og vei), hogst og dråg på jordbruksarealene i nedbørfeltet vil kunne påvirke. Dessuten inngår ikke tilførsler fra interngjødsling i regnskapet.

Tabell 2. Beregnede fosfortilførsler fra ulike kilder i nedbørfeltet til Tunevannet.

Fosfortilførsler (kg)	Dagens fosfortilførsler	Dagens tilførsler av biotilgjengelig fosfor (kg)	Kommentarer
Jordbruk (flateerosjon)	59	15	Inklusive flateerosjon fra åpen åker, eng og beite
Jordbruk (erosjon i dråg)	Ikke kvantifisert	Lav biotilgjengelighet	Drågerosjon
Kommunalt ledningsnett/overløp	41	33	DAØ-beregninger
Spredt avløp	1	1	1 hus og 10 hytter
Parkanlegg (gjødslet)	0,5	0	Gjødslet parkanlegg
Parkanlegg (ugjødslet)	2	1	Ugjødslet parkanlegg
Skog og utmark	24	6	Ulik status i forhold til hogst
Boligområder og samferdsel	4	1	Ifølge kart over drenering. Informasjon om gjødsling er ikke tilgjengelig
Deposisjon fra luft	37	9	Oredalen og Ås (2000)
Interngjødsling	Ikke kvantifisert	-	Bioturbasjon (fisk) og vinddreven resuspensjon av sedimentene
<b>Sum av kjente kilder</b>	<b>168,5</b>		
<b>Ikke kvantifiserte kilder</b>	<b>-</b>		
<b>Tilførsler beregnet på grunnlag av fosforkonsentrasjonen i innsjøen</b>	<b>201</b>	<b>-</b>	<b>Teoretisk beregnet tilførsel (Berge, 1987)</b>
<b>Avlastningsbehov</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	

<sup>7</sup> Beckmann M. og Kværnø, S. m. flere 2016. Evaluering og revidering av tiltaksanalyse for Tunevannet, NIBIO rapport vol.:2, nr. 115

Når en tar hensyn til biotilgjengelighet, algenes evne til å nyttiggjøre seg fosforet, er tilførsler fra kommunalt ledningsnett større enn jordbruk. Kilder som inkluderer avløp, husdyrgjødsel og direkte avrenning etter gjødsling har større algetilgjengelighet sammenlignet med partikkelbundne fosforkilder som skyldes erosjon. Imidlertid vil lang omløpstid i vannet og utlekking av fosfor fra bunnsedimenter kunne gjøre partikkelbundet fosfor fra jordbruket biotilgjengelig. Av den grunn er ikke biotilgjengeligheten av fosfor tillagt avgjørende vekt i tiltaksvurderingene.

Sammenlignet med Tiltaksplan II fra 2002 er dagens beregnede fosfortilførsler omtrent på sammen nivå (se tabell 3). Det har vært en betydelig nedgang i tilførsler fra spredt avløp som tilskrives opprydding i spredt avløp og kloakkering av boliger på Skjørenlandet. I tillegg ser man en reduksjon i tilførsler fra landbruket. Fosfortilførselene fra ledningsnettet er i dagens beregninger mye større sammenlignet med beregningene fra 2002. Denne endringen skyldes at tidligere beregninger var basert på 250 personer mens beregninger fra 2015 baseres på 1000 personer. I tillegg til valg av en konservativ beregningsmetode.

Innsjømodellen FOSRES indikerer en årlig fosfortilførsel til Tunevannet tilsvarende ca. 200 kg P/år. Ut fra miljømålet på 17 µg P/L er det altså behov for en halvering av fosforkonsentrasjonen og dermed en halvering av fosfortilførselene. Avlastningsbehovet blir da 100 kg fosfor/år, det vil si en nedgang i fosfortilførselene fra 201 kg fosfor/år ved dagens tilførsler til 101 kg fosfor/år. Avlastningsbehovet i tiltaksanalysen fra 2002 ble til sammenligning beregnet til 73 kg fosfor/år.

Tabell 3. Beregnede fosfortilførsler ved dagens status sammenlignet med Tiltaksplan II (2002).

Fosfortilførsler	Tiltaksanalysen 2002 (kg)	Tilførsler av biotilgjengelig fosfor (2002) (kg)	Dagens fosfortilførsler (2015) (kg)	Dagens tilførsler av biotilgjengelig fosfor (2015) (kg)
Jordbruk	90	23	59	15
Offentlig ledningsnett	12,5	10	41	33
Spredt avløp	25	20	1	1
Andre kilder	60	15	67,5	17
<b>Total</b>	<b>187</b>	<b>68</b>	<b>168,5</b>	<b>66</b>

## 7. Oversikt over gjennomførte tiltak og undersøkelser

For å bedre vannkvaliteten er det de senere år gjennomført flere tiltak i Tunevannet. Tiltakene har i hovedsak gått ut på å redusere tilførselen av næringsstoffer gjennom reduserte utslipp fra kloakk og landbruk. I tillegg er det foretatt et reduksjonsfiske av karpefisk i to omganger, et tiltak for å redusere den interne fosforgjødslingen. Det er også gjort undersøkelser og vurderinger av flere andre tiltak som eksempelvis lufting av bunnvann. Dette er tiltak som ikke er funnet hensiktsmessige eller for dyre å gjennomføre. Disse er omtalt kort under i kapittel 7.3.

### 7.1 Jordbrukstiltak

Det er gjennomført en rekke tiltak for å redusere fosforavrenningen fra jordbruksarealene til Tunevannet. Det viktigste jordbrukstiltaket er å unngå høstpløying. Det gjelder både med og uten høstkorn. Med dagens jordbearbeidingspraksis<sup>8</sup> er beregnet fosforavrenning redusert til 54 kg fosfor,

<sup>8</sup> Gjennomsnitt over de siste fem år (2012-2016).



mot 74 kg dersom alt kornareal var høstpløyd. Beregningene er gjort i Agricat 2 og det henvises til kapittel 8 i NIBIO-rapporten fra 2016 (jf. side 16) for nærmere detaljer.

Høstkorndyrking, som utgjorde en stor arealandel høsten 2016, gir i gjennomsnitt mer erosjon og større fosfortap enn ved og bare å høstpløye. Det skyldes at høstkorndyrking for det meste betyr at høstpløying blir foretatt tidlig med flere ganger harving, noe som fører til at jorda blir finsmuldret i overflaten og derfor er lett eroderbar.

En del av arealet ligger i gras og fosforavrenningen fra disse arealene er lav sammenlignet med høstpløyde arealer.

I Skjørenbekken ble det anlagt en fangdam i 1999. Fangdammen har god effekt på fosforavrenningen dersom den jevnlig renses for sedimenterte masser, opptil 20 kg fosfor/år dersom alt areal er høstpløyd. Effekten av fangdammen er mindre når tilførslene er mindre, eksempelvis når alt kornareal overvintres i stubb. Det er gjennomført oppgradering og vedlikehold av fangdammen og langs innløpsbekken gjennom de siste 3-4 årene (se figur 18 og 19).



Figur 18. Skjørenbekken oppstrøms fangdammen (bilde til venstre). Pumpestasjonen på bilde er kommunal og pumper kloakk fra eiendommene på Skjørenlandet videre til rensesanlegget på Alvim.

Figur 19. Fangdam med sedimentasjonskammer og terskel mot biofilter (til høyre). Åsen i bakgrunn mot venstre i bildet er Høyåsen. Tunevannet ligger bak sivbeltet til venstre i bilde. Begge bildene er tatt i mai 2015.

I løpet av de siste fem år er det innvilget SMIL-tilskudd til overvannsledninger som skal redusere overflateavrenningen og erosjon i dråg, utbedring av erosjon rundt kummer og utskifting av dårlige sementrør. Tiltakene vil føre til redusert erosjon rundt kummer og rør samt mindre overflateavrenning. Effekten av tiltakene er ikke estimert. For perioden 2012-2016 er det samlet utbetalt ca. kr. 886 000,- til tiltak i nedbørfeltet til Tunevannet.

Det har vært gjennomført redusert fosforgjødsling i nedbørfeltet siden 2002. Tiltaket består i at vassdragsnære jordbruksarealene med høyt fosforinnhold gjødsles mindre med fosfor for å få redusert fosforinnholdet. Nedgang i jordas fosforinnhold skjer over tid og en tydelig nedgang kan foreløpig ikke registreres i jordprøvene.

De gjennomførte tiltakene i jordbruket i løpet av de siste 15 årene vil bidra til å redusere fosfornivået i Tunevannet, men variasjoner i været, som påvirker den årlige fosforavrenningen og tilbakeholdelse i nedbørfeltet gjør det vanskelig å dokumentere slike effekter på kort sikt.

## 7.2 Avløpstiltak

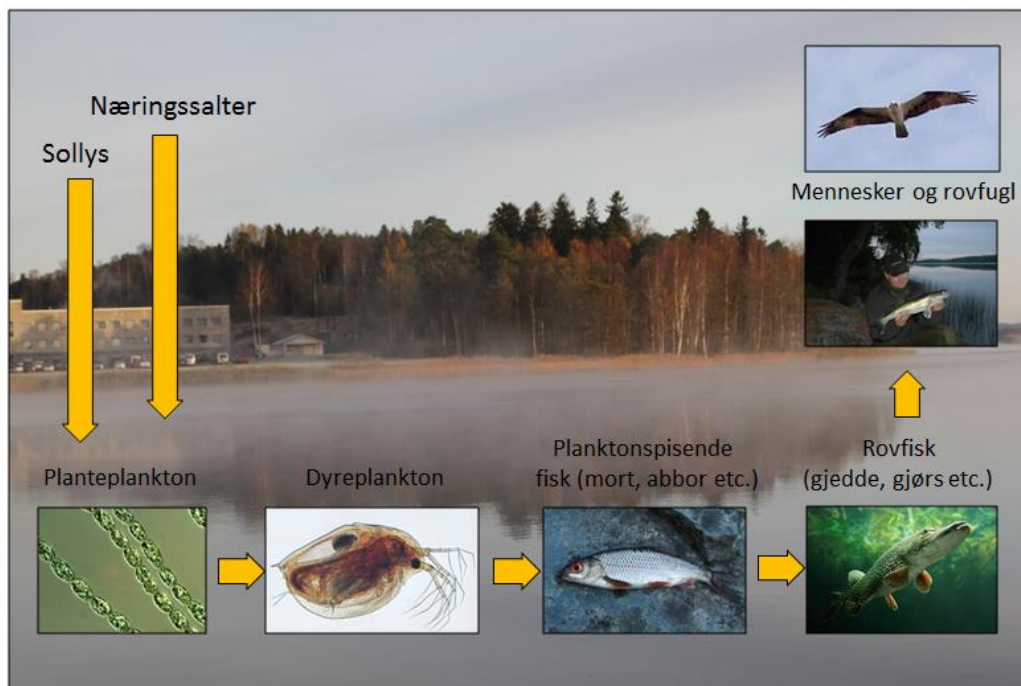
Tiltakene som er gjennomført siden 2002 omfatter blant annet en omfattende utbedring og opprydding i spredt avløp, utbedring av pumpestasjon på Bakkeli, kloakking av Skjørenlandet og deler av boligfelt på østsiden av Tunevannet, separering av ledningsnett m.m. Det er imidlertid fortsatt utfordringer med gammelt ledningsnett (både offentlig og privat) i nedbørfeltet til Tunevannet. Kostnadene med avløpstiltak har vært betydelige, både for kommunen og for private.

## 7.3 Innsjøinterne tiltak

I tillegg til å redusere tilførsel av fosfor fra nedbørfeltet er det også gjennomført ulike innsjøinterne tiltak i Tunevannet for å redusere og kontrollere interne omsetning av fosfor i innsjøen. Det har blitt antatt at intern omsetning av fosfor er av stor betydning i Tunevannet, men det har ikke vært datagrunnlag for å lage gode estimater på omfanget av en slik intern fosforomsetning.

### Bio-manipulering

Flere tidligere planer og rapporter har anbefalt ulike typer av bio-manipulering; altså utfisking av planktonspisende fisk og utsetting av rovfisk. Tiltaket er begrunnet i at fosfor påvirkes av fiskesammensetningen i vannet, og at mort og annen bunnlevende fisk forårsaker denne frigjøringen. Lekkasje av fosfor fra sedimentene bidrar så til algeoppblomstring. Tunevannet har stor tetthet av mort som beiter hardt på dyreplanktonet. Målet med utfiskingen har altså vært å få mer dyreplankton som kan beite ned planteplankton inkludert blågrønnalger. Figur 20 illustrerer næringskjeden i en innsjø.



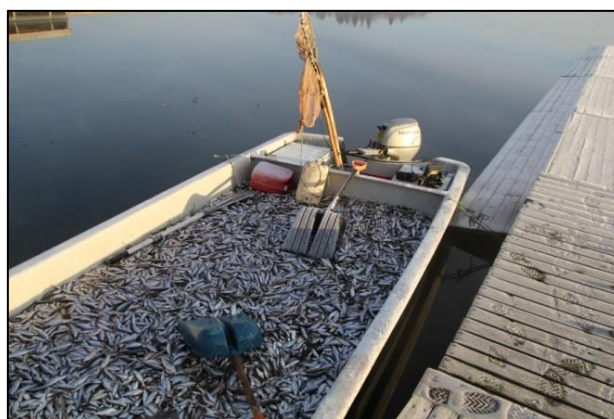
Figur 20. Figuren viser næringskjeden i en innsjø.

I Tunevannet ble det gjennomført utfisking av karpefisk i 2003-2004 og høsten 2011 (se figur 21 og 22). Rovfisk (gjørs) ble satt ut i 2006. Fiskemetodene som har vært benyttet er trål og ringnot. Å fiske med ringnot har vist seg å være et mer effektivt enn å fiske med trål. Under store deler av utfiskingen i 2003-2004 ble mange trekk ødelagt av skrot og søppel som ble fanget inn av trålen. Utfiskingen i 2003-2004 var kostnadsberegnet til ca. kr. 850 000,- I dette beløpet lå utgifter til forprosjekt, utstyr for fisket som båt, trål, lønn til fiskere etc. Samlet fangst var ca. 35 tonn karpefisk. Høsten 2011 var fangsten på 16,5 tonn. Fisket pågikk sammenhengende i en uke dager og tiltaket hadde en kostnad på rundt kr. 150 000,-

Overvåkingsresultatene viser imidlertid at det ikke ser ut til å ha hatt spesielt god og varig effekt på vannkvaliteten. Vannkvaliteten forbedret seg rett i etterkant av utfiskingen, men effekten var kortvarig. I 2004 var det kraftig oppblomstring av blågrønnalgene i Tunevannet. En antagelse var at dyreplankton som etter utfisking ikke beites så kraftig av planktonspisende fisk beitet på «gode alger» og at det ga blågrønnalgene spesielt gode vekstbetingelser. Året etter, i 2005, ble observert lite blågrønnalger i Tunevannet og badevannskvaliteten ble ansett som god. Erfaringer fra Finjasjøen i Skåne tilsier at utfisking må gjennomføres regelmessig for å ha effekt.ca. hvert 3-4 år. Utfisking er arbeidskrevende og utsetting av predator fisk (gjørs) vil kreve en kontinuerlig overvåking av tilstandsutviklingen. Resultatene viser at det i så eutrofierte innsjøer som Tunevannet kan være vanskelig å få en god effekt av et utfiskingstiltak.



Figur 21. Trålfiske i 2003-2004 (bilde til venstre).



Figur 22. Deler av fangsten etter ringnotfiske høsten 2011 (bilde til høyre).

### **Sivklipping**

Fra 2011 har det årlig blitt klippet siv i nord- og østdelen av innsjøen, samt ved badeplassene i sørenden. Hovedsakelig er dette et tiltak for å hindre gjengroing av rekreasjonsområder. Tiltaket kan kanskje også bidra til å fjerne fosfor som er bundet i plantematerialet i stedet for at plantematerialet brytes ned og fosfor frigjøres. Tiltaket utføres av «grunneierlaget» i Tunevannet, med økonomisk støtte på kr. 50 000,- fra kommunen.

### **Vannstandsregulering og utbedring av utløpsbekk (Stenbekken)**

Kommunen og rettighetshaverne til vannet er enige om høyeste regulerte vannstand. Vannstanden er avmerket med et fastpunkt rett nord for skytebanen på Bekkhus og høyden er 38,85 (Euref NN2000). Det har vært en tendens til oppstuvning av vann i rørene ved Bekkhus og i et fjellparti oppstrøms reguleringsdammen. I løpet av de fem siste år er det gjort tiltak for å sikre et tilstrekkelig flomløp og



normalt bekkeløp. Store steiner og trær er fjernet, bekkeløpet er rensket og rør skiftet ut. Tiltakene har kostet om lag kr. 250 000,-

### Uttak av vann til industri og endring i vannstand

Det har siden 1930-tallet blitt tatt ut vann fra sørenden av Tunevannet til nåværende Nordic Paper på Greåker og Husqvarna. Melkefabrikken i Sandesund benyttet også vann fra Tunevannet fram til den ble nedlagt. Skjæring av is til lokal industri, og også til eksport, var vanlig helt frem til etter 2. verdenskrig. Det har opp gjennom årene blitt tatt ut ulik mengde vann pr. år. Vannuttaket har medført vannstandsendringer og en økt vannsirkulasjon fra nord til sør i innsjøen.



Figur 23 og 24. Utstyr som benyttes ved sivklipping i Tunevannet (bildene til venstre). Foto: Steinar Bodal

Figur 25. Oppmåling ved fastpunktet nord for Bekkhus (bildet til høyre).

## 7.4 Andre tiltak

Andre tiltak som er vurdert men ikke gjennomført er:

### Overføring av vann fra andre vannforekomster

I tiltaksplan fra 2002 var overføring av spillvann fra Landemyra til Tunevannet oppført som tiltak for å bedre vannkvaliteten. Sarpsborg kommune undersøkte tidlig på 1990-tallet muligheten for å fjerne uønsket vann fra overvannssystemet. Dette for å hindre overbelastning på kommunalt nett, for å unngå lekkasjer og å sende vannet til kommunalt renseanlegg. Planen var å føre vannet (25 l/s) via rør og fullprofilboret hull gjennom fjellet ned til Tunevannet. Dette skulle bidra til å redusere oppholdstiden med ca. 30 % og bidra til en vannkvalitetsforbedring i Tunevannet. Etter lang saksbehandlingstid hos både Fylkesmann i Østfold og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) fikk kommunen tillatelse til gjennomføring av tiltaket i 2001. Tillatelsen var gyldig i inntil 3 år og forutsatte undersøkelser av vannkvalitet og biologiske forhold. Tiltaket ble ikke gjennomført. Å skulle gjennomføre dette tiltaket nå vil kreve ny tillatelse fra NVE og fylkesmannen og tiltaket vil være svært kostbart. Kommunen anser ikke tiltaket som aktuelt.

I 1997 vurderte LIMNO-CONSULT vannoverføring fra Vestvannet til Tunevannet som tiltak.

Ved å overføre eksempelvis 100 l/s gir dette 3,16 millioner m<sup>3</sup> vann tilført pr. år. Om nå tilstanden i Tunevannet settes til 40 µg P/l og at konsentrasjonen av totalfosfor i Vestvannet er 10 µg P/l blir ny teoretisk oppholdstid ca. 2,5 år. Middelkonsentrasjonen i Tunevannet blir da 27 µg P/l. Dette tiltaket vil også kreve tillatelse fra NVE og fylkesmannen. Tiltaket vil dessuten være kostbart med tanke på utredning, investering og drift og anses dermed ikke aktuelt å gjennomføre.

Det er tidligere også gjort en vurdering av hevet vannstand på inntil to meter inkludert redusert uttak. En vannstandsheving vil ikke føre til vesentlige endringer i fosforkonsentrasjonen. Tiltaket anses ikke aktuelt å gjennomføre da det vil føre til konflikt ved jordbruksinteressene og andre brukerinteresser.

### **Lufting av bunnvann som tiltak mot interngjødsling av fosfor**

Bruk av oksygen for lufting av bunnvann har vært pekt på som et mulig tiltak mot interngjødsling i Tunevannet. Tiltaket benyttes blant annet i Kolbotnvannet (figur 26). Kommunen har derfor undersøkt om dårlige oksygenforhold i bunnvannet og mulig interngjødsling grunnet oksygensvikt kan være et problem. Tunevannet er ikke stabilt sjiktet. Overvåkingsdata og undersøkelser av sediment viser heller ingen lange perioder med oksygenfritt bunnvann. Utlufting av bunnvannet vil derfor ikke være et hensiktsmessig tiltak i Tunevannet.

### **Uttapping av vann fra Tunevannet**

Det har opp gjennom årene blitt tappet et betydelig vannvolum fra Tunevannet til industrien. Tidligere tiltaksanalyser har trukket frem mulige negative effekter på vannkvaliteten av redusert uttapping av vann. Det har blitt antatt at en økt uttapping av vann gir bedre vanngjennomstrømming og en fortykningseffekt på det næringsrike innsjøvannet. Det er gjennomført en vurdering av effekten av uttapping av vann fra Tunevannet og effekter på vannkvaliteten. Det er regnet på ulike nivåer av uttapping fra 0-2 mill. m<sup>3</sup> vann pr. år. Ulike nivåer i uttapping vil gi en forskjell i teoretisk oppholdstid i innsjøen på ett år. Til tross for en rekke usikkerheter så antyder modellen at vannuttapping er av liten betydning på beregnede fosfornivåene i Tunevannet. Mer uttapping vil faktisk gi en liten økning i fosforkonsentrasjon. Tunevannet har lang teoretisk oppholdstid også ved uttapping av vann og vil være sårbar for tilførsler av fosforrikt tilførselsvann. Så lenge innsjøen tilføres mye fosfor i innløpsbekkene, så vil fosforbelastningen på innsjøen være stor.

En uttapping av vann fra sørenden i Tunevannet vil kunne være positivt for vannkvaliteten i Tunevannet. Ved å tappe vann fra sørenden vil strømningsmønsteret i innsjøen være annerledes enn det er fra naturens side. Når innløp og utløp er i nordenden av innsjøen vil resten av innsjøen kunne være som en bakevje hvor vannet oppholder seg lenge. Det er i løpet av sommeren 2016 tatt enkelte prøver fra vannuttaket til Nordic Paper, for å kunne måle særlig fosforinnholdet. En antakelse har vært at dette vannet kan ha vært fosforrikt pga. interngjødsling. Analyseresultatene viser imidlertid at fosforinnholdet er likt det som måles i overflaten. Det kan derfor ikke hevdes av vannuttaket til Nordic Paper fjerner fosforrikt bunnvann, og at dette gir en fortykningseffekt. Det anbefales derfor ikke å øke vannuttaket i sørenden som et tiltak for å forbedre vannkvaliteten i Tunevannet.

Tapping av vann til Husqvarna påvirker ikke vannmengden i Tunevannet da mengden av vann som hentes ut også tilbakeføres. At vannet holder noe høyere temperatur når det tilbakeføres vil kunne påvirke livet i innsjøen og vannkvaliteten, men det er vanskelig å kvantifisere betydningen av dette.



Figur 26. Referansegruppa på studietur til Oppgård kommune for å lære av deres erfaringer med å bedre vannkvaliteten i Kolbotnvannet, mai 2015. Utlufting av bunnvann er bla. et av tiltakene som gjennomføres i Kolbotnvannet.

## 8. Tiltak og kostnadseffektivitet

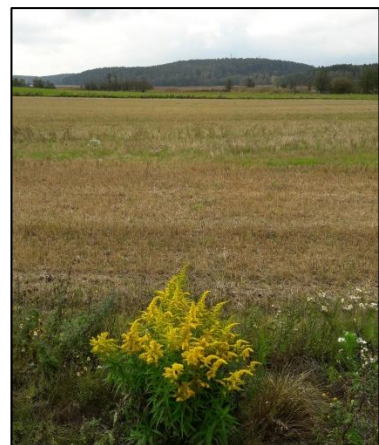
Effekter og kostnadseffektivitet er vurdert for de ulike tiltakene i nedbørfeltet til Tunevann (tabell 4). Nedenfor gis det en nærmere beskrivelse av tiltaksområdene. For en del tiltak er effekten ikke mulig å estimere siden det ikke foreligger opplysninger om problemomfanget, f.eks. gjødsling i boligområder.

### 8.1 Jordbruk

Avrenning av fosfor fra dyrket areal kommer først og fremst fra arealavrenning fra flateerosjon (partikkelbundet) og lekkasje av vannløselig fosfor gjennom drensvannet. Det er allerede gjennomført tiltak i jordbruket, men det er fortsatt mulig å redusere fosfortilførselene. Generelt er det meget god kostnadseffektivitet av jordbrukstiltakene. Det vil si at det koster lite sammenliknet med avløps-tiltakene. På den andre siden er biotilgjengeligheten av fosfor fra avløp mye større enn fra jordbruk og effekten på algevekst derfor mye større ved avløpstiltak. Jordbrukstiltakene er dessuten mye mer usikre og effekten av tiltakene varierer mye mer. Det skyldes at det er stor variasjon i både nedbør og temperatur, noe som er avgjørende for effekten, og dessuten er det stor variasjon i landskapet og lokale forhold som i mange tilfeller avgjør den lokale effekten av et tiltak. Effekten av landbrukstiltakene er ofte langsiktige.

#### Arealavrenning

De anbefalte tiltakene er fortsatt overvintring i stubb på alt kornareal samt redusert fosforgjødsling på arealer med fosfortall over 7. På arealer med fosfortall over 14 anbefales det å bruke fosforfri mineralgjødsel. Tidligere var redusert fosforgjødsling kun anbefalt på arealer nær vannet, men siden de fleste jordbruksarealer er drenert, vil de kunne bidra direkte til Tunevann selv om de ligger et stykke unna. Effekten av overvintring i stubb og redusert fosforgjødsling gir i sum ca. 20 kg redusert fosfortap/år (jf. tabell 4).



Figur 27. Jordbruksarealer i nordenden av Tunevannet. Bildet til høyre viser overvintring i stubb. (Foto: Marianne Bechmann)

#### Erosjon i dråg og hydrotekniske løsninger

Viktige tiltak for å redusere erosjon i dråg er:

- å lede overflatevann fra skogområdene utenom jordbruksarealene ved hjelp av avskjæringsgrøfter
- grasdekte vannveier
- hydrotekniske løsninger med inntakskummer for overflatevann

## Avgrense beiteområder fra vann

Beiteområdet mot innsjøen i nordenden kan fungere som en buffersone for partikkelbundet fosfor fra arealene med åpen åker, men på den andre siden kan det fungere som en kilde til løst fosfor på grunn av beitedyrenes avføring og direkte tilgang til åpent vann. Et tiltak for å redusere denne risikofaktoren er å sette opp et gjerde som gir en buffersone mellom beite og åpent vann. Tilførsler fra beite er estimert til maksimalt 5 kg løst fosfat/år. Dette er fosfor hvor det meste har umiddelbar tilgjengelighet for algene, men det er imidlertid meget stor usikkerhet rundt dette tallet, fordi det avhenger av hvor mye dyrene trækker i vannet og hvor mye gjødsel som legges igjen.

## Fangdammer og hydrotekniske tiltak

På slutten av 1990-tallet ble det etablert en fangdam for jordbruksarealene i den nordre enden av Tunevannet. Fangdammen er 1 500 m<sup>2</sup> og nedbørfeltet til fangdammen er ca. 1 400 daa. Fangdammen har en beregnet effekt på 20 kg fosfor per år når alt er høstpløyd. Effekten er mindre når det er gjennomført andre tiltak i nedbørfeltet. Det er viktig med tømning av dammen når den er full av sedimenter og det er kostnader til årlig vedlikehold på den eksisterende dammen.

Det foreslås også å etablere en mindre fangdam sør på jorden nordvest for Tunevannet. I tillegg foreslås det å gjennomføre på andre hydrotekniske tiltak iht. Bioforsks rapport med anbefalinger fra 2009.

Tabell 4. Tiltak, effekt og kostnadseffektivitet i Tunevannets nedbørfelt. Tabellen er hentet fra NIBIO-rapporten «Evaluering og revidering av tiltaksanalyse for Tunevannet», 2016

Fosforkilder	Tiltak	Estimert effekt Kg fosfor	Kostnadseffektivitet
Jordbruk	Overvintring i stubb	16	Meget god
	Redusert P-gjødsling	3	Meget god
	Fangdammer	5	Meget god
	Avskjæringsgrøfter	Ikke kvantifisert	-
	Grasdekte vannveier	Ikke kvantifisert	-
	Avgrensning av beitende kyr mot vann	5	Meget god
Kommunalt ledningsnett	Utskifting av eldre ledninger	32	Dyrt
Kommunalt overløp	Oppfølging	<1	Meget god
Spredt avløp	Ingen	0	Ikke aktuelt
Parkareal (gjødslet)	Redusert gjødsling på arealer mot vann	<1	Meget god
Parkareal (ugjødslet)	Ingen	0	Ikke aktuelt
Skog og utmark	Ingen	0	Ikke aktuelt
Boligområder	Redusert gjødsling i hager	Ikke kvantifisert	-
Deposisjon fra luft	Ingen	0	Ikke aktuelt
Innsjøinterne tiltak	Utfisking	Ikke kvantifisert	-
	Bruk av P-bindende stoffer	Ikke kvantifisert	Må utredes
Sum av kjente tiltakseffekter		Ca 60	
Tiltakseffekter – ikke kvantifisert		-	
Beregnet avlastningsbehov		100	



## 8.2 Avløpstiltak

### Kommunalt avløp – tap fra ledningsnett

Det er planlagt utskifting av gammelt ledningsnett (1930-1960) i perioden 2018-2021. Effekten av utskifting av eldre ledningsnett er estimert til 32 kg fosfor/år (se tabell 4). Fosfor fra lekkasjer på ledningsnett har stor betydning for vannkvaliteten fordi dette fosforet er lett tilgjengelig for algevekst i innsjøen. De kommunale pumpestasjonene blir overvåket og det anses som liten risiko for overløp.

### Private pumpestasjoner og ledningsnett

Det er gjennomført tilsyn med eiendommene som har private pumpestasjoner, eller som kommunen tror har private pumpestasjoner (ca. 20 eiendommer). Overløp fra de private pumpestasjonene er gjennomgått og følges opp med pålegg om utbedringer der forholdene ikke er i orden. Dette gjelder 3-4 eiendommer i nedbørfeltet til Tunevannet.

Det er viktig at private og offentlige ledninger separeres og oppgraderes samtidig, slik at området faktisk er separert ved anleggsslutt. Arbeidsmetoder for separering utarbeides i 2017. I tillegg til separering/skifte av private stikkledninger. Husstander som har gamle septiktanker bør også få pålegg om å fjerne/koble fra disse. Allerede nå anbefales det at huseiere kobler fra tak nedløp, og fører takvann ut til terreng.

### Spredt avløp

Basert på informasjon om eksisterende private avløpsløsninger anses ikke utslipp fra spredt avløp som et problem til Tunevannet. Det foreslås derfor heller ingen tiltak på dette området.

## 8.3 Tiltak på andre arealer

Gjødsling av parker og idrettsplasser omfattet i 1997 11 daa av de totalt 56 daa plenareal. Det ble gitt 30-40 kg/dekar fullgjødsel som svarer til om lag 1 kg fosfor/daa og 7 kg nitrogen/dekar. I 2016 har det gjødsle arealet økt til 33 dekar og det blir tilført tilsvarende mengder fosfor per dekar som i 1997. Gjødsling på skråninger ned mot innsjøen er spesielt problematiske da det kan skje avrenning direkte til innsjøen i nedbørepisoder.

Det er ikke tilgjengelig informasjon om gjødsling i private hager. For boligfelt som har avrenning til Tunevann kan dette potensielt være en kilde til fosfor. Tiltak mot fosforgjødsling i hager kan være et kostnadseffektivt tiltak, men tiltaket vil være vanskelig å ha oversikt over/kontroll med.

## 8.4 Vurdering av innsjøinterne tiltak

Det finnes en rekke utprøvde innsjøinterne tiltak som er brukt med ulik suksess i eutrofierte innsjøer. To innsjøinterne tiltak fremheves som vil kunne gi bedret vannkvalitet, gitt at det samtidig gjøres tiltak for å redusere de eksterne tilførselene til innsjøen; 1) *Bio-manipulering ved utfisking av karpefisk* 2) *Bruk av fosforbindende stoffer*. Andre innsjøinterne tiltak anses enten ikke å ha effekt (lufting av bunnvann) eller er for dyre (mudring av sedimenter, overføring av mindre næringsrikt vann fra nærliggende vannforekomster).

Utfisking av karpefisk er tidligere gjennomført i Tunevannet i 2003-2004 og i 2011 og dette er tidligere omtalt i kap. 7.3. Det er ulike oppfatninger innen fagmiljøet om utfisking som tiltak og eventuelt når utfiskingstiltak bør igangsettes. Noen anbefaler tiltaket iverksatt samtidig som det

observeres en reduksjon i eksterne tilførsler av næringsstoffer, mens andre mener det bør igangsettes som et strakstiltak. Med ønske om en rask bedring av vannkvaliteten ønsker kommunen å igangsette utfisking i tillegg til tiltak i nedbørfeltet så raskt som mulig. Før igangsetting må det lages et utfiskingsprogram der hyppighet, ønsket fangstvolum, analyse av fangstresultat, redskapsbruk m.m. framgår.

På lengre sikt kan det være aktuelt å ta i bruk fosforbindende stoffer. Det finnes en rekke ulike fosforbindende stoffer som kan brukes for å redusere fosformengden i selve innsjøen. Disse stoffene har den egenskapen at de kan tilføres vannsøylen, binde seg til fosfor og sedimentere (dvs. avsettes i et lag på bunnen). Fosforbindende stoffer kan grovt deles inn i følgende kategorier:

- Naturlig forekommende mineraler, suspenderte partikler, jordmaterialer
- Naturlig eller syntetisk fremstilte materialer
- Modifiserte leirrike mineraler

De fleste typer av fosforbindende stoffer, naturlige eller syntetiske, inneholder stoffer som kalsium, jern eller aluminium, eller en kombinasjon av disse. Dersom et slikt tiltak skal gjennomføres i Tunevannet vil det være svært viktig å gjøre en grundig utredning av mulige fordeler og ulemper ved tiltaket.

## 9. Handlingsprogram 2017-2021

For å nå miljømålet i Tunevannet må de eksterne fosfortilførselene reduseres med om lag 100 kg fosfor/år. Det er ca. 60 kg som stammer fra kjente kilder. Dessuten anbefales flere tiltak der effekten ikke er kvantifisert. Med bakgrunn i vurderinger av tidligere omtalte tiltak er det foreslått et handlingsprogram for Tunevannet. Tiltak er prioritert ut fra en kost/nytte vurdering samt en vurdering av hvilke tiltak som anses som realistiske å gjennomføre. Tiltakene er listet opp etter tiltaksområde, men ikke nødvendigvis i prioritert rekkefølge i tabell 5.

For å harmonere gjennomføring av tiltak i Tunevannet med tidsfristene og gjennomføringsfasen som vannforskriften angir, foreslås det å se handlingsprogram for Tunevannet i samme tidsperspektiv. I syklus med seks årlige intervaller, for planlegging, gjennomføring og evaluering.

Tabell 5. Handlingsprogram for Tunevannet 2017-2021

Nr.	Tiltak	Effekt (ca. kgP/år)	Ansvarlig	Kostnad- kr (eks. mva)	Starttidspunkt
<b>Tiltaksområde: AVLØP</b>					
1	Tilfredsstillende drift og vedlikehold av private pumpestasjoner i nedslagsfeltet til Tunevannet inkl. serviceavtale	+	Kommunen/Boligeiere med privat pumpestasjon i Tunevannets nedbørfelt		
2	Utskifting av eldre ledningsnett (private og offentlige ledninger) i nedbørfeltet Tunevannet syd/vest:	32	Kommunen og huseiere		Planlegging med oppstart i 2017, gjennomføring:
	-Syd for Madam Arnesensvei			12,5 mill.	2018
	-Nord for Madam Arnesensvei			18,5 mill.	2019
	-Lærer Nygårdvei			10 mill.	2020
3	Utrede mulige avløpsløsninger på tidligere Holleby skole		Kommunen	Kostander for gjennomføring må evt. innarbeides i budsjett for 2018 el. omprioriteringer innenfor 2017- budsjettet	2017/2018
<b>Tiltaksområde: JORDBRUK</b>					
4	Overvintring i stubb på arealer som ikke høstsås	+	Kommunen/gårdbrukere	I tillegg til RMP <sup>9</sup> -midler vil det være behov for en lokal tilskuddsordning (kostander for tiltaket er inkl. under punkt 5)	Høst 2017
5	Opphør av høstkorn, 100 % overvintring i stubb	16	Kommunen/gårdbrukere	I tillegg til RMP-midler vil det være behov for en lokal tilskuddsordning på ca. kr 350 000 årlig i perioden 2018-2021	Høst 2017
6	Redusert fosforgjødsling	3	Kommunen/gårdbrukere	I tillegg til RMP-midler vil det være behov for en lokal tilskuddsordning Anslagsvis kr. 60 000,- årlig	Høst 2017
7	Utbedring av hydrotekniske tiltak inkl. eksisterende fangdam	+	Kommunen/gårdbrukere	I tillegg til SMIL <sup>10</sup> -midler vil det være behov for en lokal tilskuddsordning på ca. kr. 600 000,- i	Høst 2017

<sup>9</sup> Regional miljøtilskudd for jordbruket (RMP)

<sup>10</sup> Tilskudd til spesielle miljøtiltak i jordbruket (SMIL)

				perioden for 2018-2021. For 2017 er det søkt nasjonale tilskuddsmidler.	
8	Etablering av ny fangdam nederst på søndre jorde, Grønli	+	Kommunen/ gårdbrukere	I tillegg til SMIL-midler vil det være behov for en lokal tilskuddsordning på ca. kr.100 000,-	Høsten 2017
9	Avgrense beiteområder fra vann	+	Kommunen/ gårdbrukere	I tillegg til SMIL-midler vil det være behov for en lokal tilskuddsordning på rundt kr. 50 000,-	Vår 2017
<b>Tiltaksområde: ANNET</b>					
10	Utfisking av karpefisk	+	Kommunen	Kr 600 000,- (for perioden 2017-2021)	Høst 2017/vår 2018 og høst 2020/vår 2021
11	Redusert gjødsling på offentlige friområder i nedslagsfeltet til Tunevannet	+	Kommunen		Vår 2017
12	Frakopling av tak nedløp i nedbørfeltet til Tunevannet		Kommunen/ huseiere		2017/2018
13	Diverse informasjonstiltak om Tunevannet og om gjennomføring av tiltak		Kommunen	Kr 150 000,-	Løpende fra 2017
14	Vedlikehold av Stenbekken (utløpsbekken)		Kommunen/ Sarpsborg og Omegn Jeger – og Fiskeforening	Kr 500 000,- (for perioden 2017-2021)	Løpende fra 2017
15	Vurdere behovet for egne miljøbestemmelser ved gjennomføring av tiltak i nedbørfeltet rundt Tunevannet.		Kommunen		2018/2019
16	Utredning av bruk av fosforbindende stoffer i Tunevannet		Kommunen	Kr 500 000,- (Søker nasjonale tilskuddsmidler for 2017)	2017/2018 (avhengig av tildeling av nasjonale tilskuddsmidler)
17	Sivklipp		Kommunen/ grunneierlag	Kr 50 000 (årlig i perioden 2017-2021)	Løpende fra 2017
18	Undersøke nærmere hvilken effekt skytebanen på Bekkhus har for helse og miljø. Foreslå tiltak dersom nødvendig.		Kommunen, fylkesmannen og Sarpsborg og omegn jeger- og fiskerforening	Ca. Kr 500 000,-	2018
19	Undersøke mulige effekter av «varmtvannsutslipp» fra Husqvarna på Tunevannets vannkvalitet? Hvordan påvirker det evt. livet i innsjøen og vannkvaliteten?		Kommunen i samarbeid m.fler		2018
<b>Kommunens utgifter til administrasjon, organisering og tilsyn</b>					
20	For veiledning og oppfølging av landbrukstiltak samt organisering av andre tiltak (sivklipp, utfisking, nye undersøkelser, utredning av nye tiltak m.m.) kreves økte personalressurser på anslagsvis 0,5 årsverk		Kommunen	Ca. kr 400 000	Fra 2018



## **Kommentarer til handlingsprogrammet:**

*Pkt. 1)* Kommunen må følge opp med pålegg og befaringskontroll.

*Pkt. 2)* I kommunens nye tiltaksprogram for vei, vann og avløp er det foreslått at arbeidet med separering av ledningsnett i området mot Tunevannet syd/øst skal starte i 2018. For å få fortløpende effekt av tiltaket vil arbeidet starte nedstrøms ved Kirkeveien og fortsette nordover mot Bakkeli. En forventer 2-3 års anleggstid. Arbeidet med ny overføringsledning fra Sørлие-torget til Kirkeveien hadde oppstart i 2016. I kommunens handlingsplan for 2017-2020 er delområdet «Nedslagsfeltet Brevikbekken (Tunevannet syd)» inne som et prioritert område.

Det er viktig at private- og offentlige ledninger separeres samtidig, slik at området faktisk er separert ved anleggsslutt. Arbeidsmetoder for separering utarbeides i 2017. Kommunen vil gi informasjon og varsel om pålegg i god tid før oppstart av separeringsprosjekter.

*Pkt. 4-9* Felles for landbruk: Det er avgjørende for gjennomføring av aktuelle landbrukstiltak at kommunen har tett dialog med gårdbrukerne. Både for utarbeidelse, gjennomføring og oppfølging av tiltakene. Det er ønskelig at dette arbeidet nedfelles i forpliktende miljøavtaler mellom kommunen og den enkelte gårdbruker. Årlige tiltak og avtalt kompensasjon m.m. bør framkomme av en slik avtale. Det bør være årlig kontroll/oppfølging med rom for justeringer i avtalen om dette viser seg formålstjenlig. For alle parter er det ønskelig med forutsigbarhet, og det anbefales avtaleperioder som følger vannforskriftens rulleringsperiode på 6 år. Første periode gjeldende fram til og med 2021. Miljøplaner vil forutsette kompensasjonsmidler, og årlig utbetaling bør baseres på stadfesting av riktig måloppnåelse.

*Pkt. 4 og 5)* Utarbeidning av kommunal kompensasjonsordning med formål om at alt jordbruksareal i nedslagsfeltet har etablert gode vekstkulturer gjennom høsten og vinteren for å forebygge jorderosjon. Dette knyttes opp mot den enkelte miljøplan i nedslagsfeltet der årlig kompensasjon og forutsetninger skal framkomme.

*Pkt. 6)* Fosforinnholdet i jorda på landbruksområdene er blitt redusert, men P-AL tall er fortsatt for høye og ujevne. Ytterligere oppfølging for bedre kartlegging med uttak av jordprøver og bedre tilpasset gjødselbruk for å komme under P-AL 10 på alle områder prioriteres. Årlig P-tilførsel bør generelt begrenses, maktsgrense vurderes opp mot planlagt produksjon og gjeldende P-tilstand. Det bør tilstrebes og ikke gjødsle over 3 kg P/daa/år. Det er behov for tilskuddsmidler for å sikre optimalisering av gjødsling. Et grovt kostnadsoverslag på kr 60 000,- årlig er angitt.

*Pkt. 7)* En gjennomgang av hydrotekniske anlegg/eksisterende fangdam med bakgrunn i Bioforsks rapport fra 2009 og tilgjengelig lokalkunnskap prioriteres. Det kreves midler til gjennomføring og vedlikehold av tiltak, og det bør avsettes fondsmidler til formålet.

*Pkt. 8)* NIBIO har anbefalt å etablere en fangdam nedenfor SØ jordet på Grønli gård. Fangdammen bør fange vann fra både lukkingstrase og drens vann, evt. også overflatevann. Også her kreves det at det avsettes anleggs- og vedlikeholdskostnader. NIBIO har tidligere også anbefalt fangdam nedenfor tidligere Holleby skole, langs Hollebyveien. Dette tiltaket forventes foreløpig.

*Pkt. 9)* Det er positivt med beiteområdet i nordenden av Tunevannet, men beitedyra bør avgrensnes fra åpent vann. Gjerder bør settes opp mot selve sjøen og mot fangdammen for å skjerme mot dyretrakk. Gjerdene som settes opp må være funksjonelle. Behov for anlegg av drikkehull avklares. Det kreves anleggs- og vedlikeholdskostnader for gjennomføring av tiltaket.

*Pkt. 10)* Tiltak i selve innsjøen bør gjennomføres for raskere bedring av vannkvaliteten. Utfisking av karpefisk er derfor ønskelig med et tilpasset uttak over tid, for beste kost – nytte verdi. Kostnadsoverslaget er noe usikkert. Estimaten er gjort på bakgrunn av erfaringene fra utfiskingen i 2011.

*Pkt. 11)* Redusert gjødsling på kommunens gras/parkområder tilstrebes.

*Pkt. 12)* Kommunen vurderer om frakopling av tak nedløp kan forskutteres før selve separeringsarbeidet skal gjennomføres.

*Pkt. 13)* Informasjonstiltak: aktuell informasjon/veiledning til brukere og husstander i området om aktuelle tiltak på privat eiendom, opplysningsskilt ved utfartssteder med informasjon om vannkvalitet/dyreliv i innsjøen etc. (gjærne på flere språk).

*Pkt. 14)* For å sikre et normalt bekkeløp og et tilstrekkelig flomløp må det avsettes fondsmidler til vedlikehold av Stenbekken, utløpsbekken til Tunevannet. Sarpsborg og Omegn Jeger- og Fiskeforening bør også involveres i opprydding og spleiselag da deres aktivitet på skytebanen på Bekkhus bidrar til at bekken tettes igjen. Dialogen bør også omfatte opprydding av tomme plasthylser/forladninger fra skyteaktiviteten.

*Pkt. 15)* Tiltak i nedslagsfeltet til Tunevannet bør underlegges strenge krav for å minimalisere mulige næringslekkasjer til Tunevannets nedslagsfelt. Dette bør gjennomføres i forbindelse med neste rullering av kommunens arealplan.

*Pkt. 16)* I tillegg til utfisking er bruk av fosforbindende stoffer mest aktuelt som innsjøinternt tiltak Tunevannet. Et slikt prosjekt krever en forhåndsutredning spesielt med tanke på uønskede bieffekter og en ren kost-nytte verdi m. m.

*Pkt. 17)* Tiltaket gjennomføres av «grunneierlaget». Hittil har sivklipp vært finansiert med 50 % kommunalt tilskudd og 50 % SMIL-tilskudd. Tildeling av SMIL-midler forutsettes for at tiltaket skal fortsette i samme omfang.

*Pkt. 18)* Det anslås at nærmere undersøkelser av hvilken påvirkning skytebanen på Bekkhus vil koste om lag 500 000 kr. Det finnes en tilskuddsordninger for kartlegging av opprydding i forurenset grunn og sjøbunn (miljødirektoratet). Søknadsfrist 15. oktober. Utover dette bør kommunen også avsette egne midler.

*Pkt. 19)* Tidligere rapporter har pekt på at utslipp av kjølevann med høyere temperatur kan ha en påvirkning på livet i innsjøen. Dette bør utredes nærmere i samarbeid med Husqvarna og aktuelle universitets- og forskningsmiljøer.

# VEDLEGG 1:

## Referanser

- Beckmann M. og Kværnø, S. m. flere 2016. Evaluering og revidering av tiltaksanalyse for Tunevannet, NIBIO rapport vol.:2, nr. 115
- Øgaard, A.F. og Pedersen, R. 2016. Kartlegging av fosfor i jord rundt Tunevannet. NIBIO rapport 2
- Leikanger, E. 2016. Bekkhus skytebane. Undersøkelser av tungmetaller og PAH i jord og sediment, NIBIO rapport vol.:2, nr. 23
- Haande, S. 2015. Effekt av uttapping av vann fra Tunevannet på vannkvalitet i innsjøen. NIVA-notat, 19.16.2016
- Haande, S. 2015. Lufting av bunnvann som tiltak mot interngjødsling av fosfor. NIVA-notat, 06.11.2015
- Hauge, A. 2009. Tiltak mot landbruksforurensing i Tunevannets nedbørfelt – hydroteknikk. Bioforsk rapport 4
- Årsrapport: Resipientkontroll Sarpsborg kommune 2015, Driftsassistansen i Østfold, 2015
- Tunevannet – Prøver av mulige overløpssteder. Bakkeli. Årsrapport 2015, Driftsassistansen i Østfold, 2015
- Tunevannet – Påvirkning av vannkvalitet fra kommunalt nett, Driftsassistansen i Østfold, 2015
- Løvstad, Ø. 1997. Tunevann – Konsekvenser av tiltak, Limno-Consult rapport