



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



Norsk institutt for vannforskning

Eutrofiering på Hadeland

Kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i fem nedbørfelt

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 115 | 2022



Marianne Bechmann¹, Jan-Erik Thrane², Sigrun Kværnø¹, Stein Turtumøygard¹

¹ NIBIO Divisjon for miljø og naturressurser; ² NIVA

TITTEL/TITLE

Eutrofiering på Hadeland - Kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i fem nedbørfelt

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
02.11.2022	8/115/2022	Åpen	52826	21/01728-1
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03135-2	2464-1162	32	5	

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Vannområde Randsfjorden

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Håvard Lucassen

STIKKORD/KEYWORDS:

Vannkvalitet, fosfor-avrenning, husdyrgjødsel, privat avløp

Water quality, phosphorus, nitrogen, runoff, waste water

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Vannkvalitet, næringsstoffavrenning

Water quality, nutrient loss

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Nedbørfeltet Hadeland består av flere mindre bekker og elver som renner ut i Randsfjorden. Det er preget av kalksjøer og stor andel jordbruksareal. Flertallet av kalksjøene på Hadeland har utfordringer med eutrofiering som følge av forhøyede næringsstofftilførsler. Formålet med denne rapporten er å gi en metodebeskrivelse med oppsummering av resultater for fem faktaark (vedlegg til denne rapporten), ett for hver av nedbørfeltene Askjumbekken, Vangselva, Grymyrbekken, Sløvikselva og Viggå. Tilførsler av totalfosfor til de fem elvene er dominert av arealavrenning fra jordbruksarealer og utslipp fra avløp. Tiltak som vil ha umiddelbar effekt på tilførslene omfatter blant annet oppgradering av private avløpsløsninger, overvintring i stubb på jordbruksarealer, grasdekte vannveier og kantsoner, og etablering av fangdammer. På lengre sikt er redusert gjødsling med fosfor også et viktig tiltak.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Innlandet

GODKJENT /APPROVED



NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Prosjektet er gjennomført og rapporten og faktaarkene skrevet på oppdrag fra Vannområde Randsfjorden ved Håvard Lucasen.

Jan-Erik Thrane, NIVA, har hatt ansvar for tema om vannkvalitet og næringsstoffkonsentrasjoner i bekker/elver. Benno Dillinger, NIVA, har bistått med uttrekk og analyse av data fra Vannmiljø. Fra NIBIO har Stein Turtumøygard gjort beregning av tilførsler fra avløp på grunnlag av data levert fra Lunner, Gran og Jevnaker kommuner samt innhentet grunnlagsdata for trender i jordbruket. Sigrun Kværnø har gjort beregning av tilførsler fra jordbruket og kildefordeling. Marianne Bechmann har vært prosjektleder i NIBIO. Rapporten og faktaarkene er skrevet med bidrag fra alle medforfattere.

Ås, 02.11.22

Marianne Bechmann

Innhold

1	Innledning og bakgrunn.....	6
2	Metode	7
2.1	Fem nedbørfelt på Hadeland.....	7
2.2	Økologisk tilstand og vannkvalitet.....	8
2.2.1	Datasett.....	8
2.3	Databearbeiding og klassifisering av økologisk tilstand	9
2.3.1	Økologisk tilstand i innsjøene	9
2.3.2	Økologisk tilstand i elvene	9
2.4	Kilder til fosfortilførsler i nedbørfeltene.....	10
2.4.1	Jord- og fosfortap fra jordbruksareal	10
2.4.2	Tilførsler av fosfor fra privat og kommunalt avløp.....	12
2.4.3	Tilførsler av fosfor fra andre kilder/arealer.....	15
2.5	Jordbruksdrift	16
2.5.1	Trender i vekstfordeling	16
2.5.2	Trender i gjødseldyrenheter	16
2.5.3	Trender i jordas fosforstatus.....	16
2.5.4	Gjennomførte tiltak i jordbruket.....	16
2.6	Tiltakseffekter.....	17
2.6.1	Avløpstiltak.....	17
2.6.2	Effekter av anbefalte jordbrukstiltak	17
3	Resultater	18
3.1	Vannkvalitet og økologisk tilstand i kalksjøene	18
3.1.1	Oppsummering av eutrofitilstand i alle innsjøene	18
3.1.2	Oppsummering av eutrofitilstand på nedbørfeltnivå	20
3.2	Næringsstoffkonsentrasjoner og økologisk tilstand i vassdragene	21
3.3	Kilder til fosfor	22
3.3.1	Avløp	25
3.3.2	Jordbruk	25
3.4	Aktuelle tiltak og effekter på fosfortilførsler til elva	26
3.4.1	Avløp	26
3.4.2	Jordbruk	27
3.4.3	Punktkilder	29
3.5	Andre effekter av tiltak.....	29
4	Konklusjon	30
	Vedlegg.....	33

1 Innledning og bakgrunn

Vannområde Randsfjorden omfatter selve Randsfjorden og flere mindre innsjøer og elver/bekker. Ifølge «Vassdragsovervåking i Randsfjorden og sidevassdrag 2020» har flere av delnedbørfeltene en tilstand som krever tiltak (Løvstad og Lucassen, 2021). I rapporten står det at «Mange lokaliteter var overgrodd med blågrønnbakterier og alger (spesielt grønnalger og kiselalger), som ofte ga et slimaktig og glatt belegg på steiner. Også i strandsonen i selve Randsfjorden har det blitt observert slimaktige belegg av grønnalger og kiselalger bl.a. ved stasjon RAN 1 v/Grymyr). Det er rapportert økende tilgroing av fiskegarn. Dette fenomenet er en første fase i eutrofieringsprosessen av rennende vann og innsjøer og må gis spesiell oppmerksomhet og er ikke blitt tatt høyde for i klassifiseringsveilederen.»

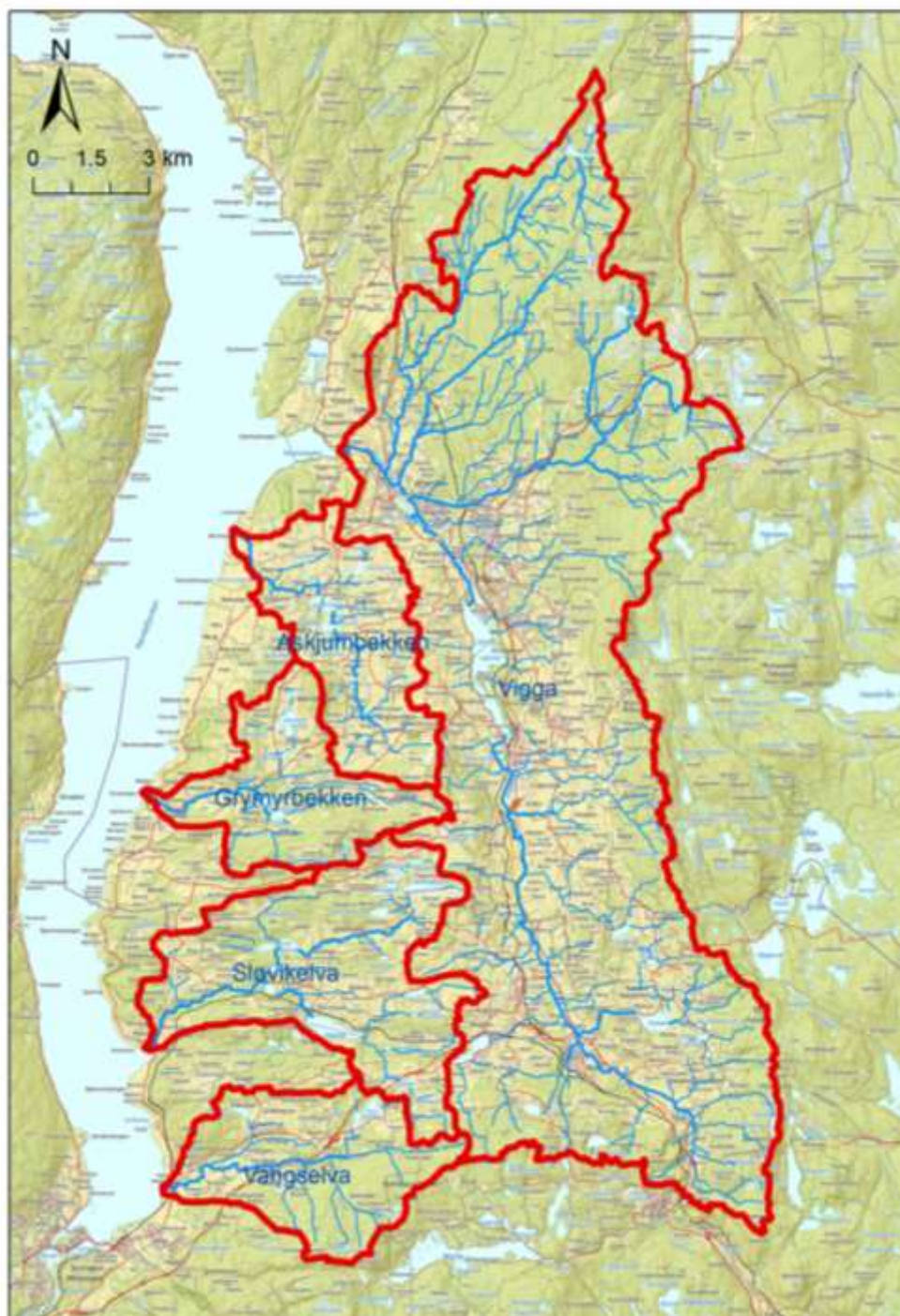
Nedbørfeltet Hadeland består av flere mindre bekker og elver som renner ut i Randsfjorden. Det er preget av kalksjøer (innsjøer med > 20 mg kalsium pr. liter) og stor andel jordbruksareal. De fleste kalksjøene har eller har hatt bestander av kransalger, som er en gruppe alger med svært mange rødlistede arter. Kalksjøer er relativt sjeldne i Norge og er definert som utvalgt naturtype i henhold til naturmangfoldloven. Flertallet av kalksjøene på Hadeland har utfordringer med eutrofiering som følge av forhøyede næringsstofftilførsler. Økologisk status er moderat på grensen til dårlig en del steder og det er behov for tiltak. Askjumbekken, Vangselva, Grymyrbekken og Sløvikselva inngår i nedbørfeltet Hadeland. I tillegg til disse er Vigga også karakterisert ved moderat/dårlig vannkvalitet og tidvis høye konsentrasjoner av næringsstoffer. Økologisk status er moderat, og det er også her nødvendig å gjennomføre tiltak.

Formålet med denne rapporten er å gi en oppsummering med metodebeskrivelse for fem faktaark (vedlegg til denne rapporten), ett for hver av nedbørfeltene Askjumbekken, Vangselva, Grymyrbekken, Sløvikselva og Vigga. Formålet med faktaarkene er å oppsummere status for vannkvalitet i innsjøer og vassdrag, og dessuten vurdere betydningen av endringer i jordbruksdrift, kilder til fosfor og mulige tiltak for å redusere fosfortilførslene.

2 Metode

2.1 Fem nedbørfelt på Hadeland

Det ble valgt ut fem elver/bekker med nedbørfelt på østsida av Randsfjorden for å beskrive de vesentligste tilførslene av næringsstoffer i disse vassdragene (figur 2.1). Størrelsen på nedbørfeltene varierer fra 19 til 180 km² og andelen jordbruksareal varierer fra 22 til 66 % (tabell 2.1). De fleste innsjøene i nedbørfeltene er kalksjøer, og antallet pr. nedbørfelt varierer fra fire til omkring 20 (tabell 2.1).



Figur 2.1. Kart over de fem nedbørfelt på Hadeland som er valgt ut for presentasjon i faktaark.

Tabell 2.1. Beskrivelse av de fem utvalgte nedbørfeltene.

Nedbørfelt	Størrelse på nedbørfelt	Andel jordbruksareal	Antall kalksjøer
	km ²	%	
Askjumbekken	21	66	Ca. 15
Grymyrbekken	19	39	Ca. 10
Sløvikselva	35	42	Ca. 20
Vangselva	22	22	Ca. 4
Vigga	180	28	Ca. 18

2.2 Økologisk tilstand og vannkvalitet

For hvert delnedbørfelt har vi sammenstilt og presentert data på økologisk tilstand for ulike eutrofirelevante parametere. Vi presenterer resultater både fra innsjøene i hvert nedbørfelt og fra overvåkingsstasjonen nederst i hvert hovedvassdrag (nær utløpet i Randsfjorden). Nedenfor følger informasjon om hvordan vi har sammenstilt og bearbeidet dataene, inkludert klassifisering av økologisk tilstand.

2.2.1 Datasett

Arbeidet er basert på data hentet fra Vannmiljø (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) for følgende eutrofirelevante parametere i innsjøer og ved elvestasjoner:

Innsjøer

- Planteplankton
 - o Klorofyll *a*
 - o Maksimum biomasse av cyanobakterier (Cyanomax)
 - o Normalisert EQR (nEQR) for planteplankton. Dette er en samlet vurdering av økologisk tilstand for planteplanktonsamfunnet som inkluderer både artssammensetning og biomasse.
- Næringssalter
 - o Totalfosfor og totalnitrogen
- Vannplanter
 - o Trofisk indeks (TIC) for vannplanter.
 - o nEQR for vannplanter

Elvestasjoner

- Næringssalter
 - o Totalfosfor og totalnitrogen
 - o Fosfat (PO₄-P) og nitrat + nitritt (NO₃-N + NO₂-N). Ca 90% av «nitratdataene» i Vannmiljø var målt som NO₃-N + NO₂-N. I noen få prøver (ca 10%) var det bare målt NO₃-N. Vi har for enkelthets skyld benyttet data fra begge målemetoder under antakelse om at andelen nitritt er lav.
- Begroingsalger
 - o Eutrofieringsindeksen PIT.

Datasettet ble supplert med data fra NIVAs database på vannplanter. NIVA har gjennomført mange undersøkelser av vannplanter (inkludert kransalger) i kalksjøene på Hadeland, som er dokumentert i en rekke NIVA-rapporter (se f.eks. Mjelde 2016a, 2016b og 2020).

Resultater for begroingsalgeindeksen PIT (eutrofieringsindeksen for begroingsalger) fra elvestasjonene i 2018, 2019 og 2020 ble tilgjengeliggjort av oppdragsgiver. Det samme ble data på planteplankton og

vannkjemi fra tre kalksjøer undersøkt av Norconsult i 2021 (Øvre og Nedre Falangtjern, samt Høybytjernet).

2.3 Databearbeiding og klassifisering av økologisk tilstand

2.3.1 Økologisk tilstand i innsjøene

Beregning av middelveier og økologisk tilstandsklasse for eutrofi-relevante parametere i innsjøene ble gjennomført etter samme metodikk som i NIVA-prosjektet *Eutrofiering av norske innsjøer* (Lyche Solheim mfl. 2022). I dette prosjektet ble økologisk tilstand og trender for eutrofi-parametere undersøkt for innsjøer i hele Norge, inkludert vannområde Randsfjorden. Til forskjell fra i Lyche Solheim mfl. (2022), som benyttet data fra perioden 2010-2020, avgrenset vi oss til perioden 2016-2021 ettersom vi var mest interessert i «dagens» økologiske tilstand. Gjennomsnittsverdier for relevante parametere kan dermed avvike litt mellom de to rapportene, siden tidsperioden for beregning av middelveier er forskjellig. De fleste av de overvåkede innsjøene på Hadeland har blitt undersøkt ≥ 3 år i perioden 2016-2021. For vannplanter er det pga. lav overvåkingsfrekvens i hovedsak benyttet data fra ett år, og da fra siste undersøkelses-år. Der det mangler nyere undersøkelser er det benyttet eldre data (fra perioden 2007-2016).

Fremgangsmåten for beregning av økologisk tilstand er oppsummert under:

- Kun data fra epilimnion i vekstsesongen ble inkludert.
- Innsjøer med data kun på næringsstoffer ble ikke inkludert, fordi eventuelle eutrofieringseffekter av disse på biologien da ikke kan vurderes.
- Alle innsjøer med data fra minst ett år i perioden 2016-2021 ble inkludert i analysen.
- Middelveier (maksverdi av cyanobakterier) ble først beregnet pr. år basert på data fra hele vekstsesongen, og deretter som gjennomsnitt av alle årsmiddelveier for perioden 2016-2021.
- Middelveien fra 2016-2021 ble benyttet for å klassifisere økologisk tilstand. For cyanobakterier benyttet vi maksimumsbiomassen i det året som hadde den største maksimumsbiomassen av alle årene i perioden 2016-2021.
- Klassifiseringen ble gjort iht. typespesifikke klassegrenser for de aktuelle parameterne gitt i Klassifiseringsveilederen (Direktoratgruppa 2018).
- Innsjøene ble typifisert ut fra vanntypen i Vann-nett, men korrigert ut fra typedata i Vannmiljø. Innsjøer på grensen mellom vanntyper mht. kalsium og humus ble typifisert til den typen som har strengest klassegrenser for de relevante parameterne. Dette prinsippet er i tråd med Klassifiseringsveilederen (Direktoratgruppa 2018).
- De fleste innsjøene på Hadeland ligger i klimasone skog (dvs. > 200 m.o.h) og har kalsiumkonsentrasjoner over 20 mg/L (kalkrike) – de er såkalte *kalksjøer*. For innsjøer i klimasone skog finnes det ikke egne vanntyper for kalkrike sjøer, og de er derfor typifisert som vanntype L-207 (moderat kalkrike klare) eller L208 (moderat kalkrike humøse), selv om de altså har kalsium-konsentrasjon over 20 mg/l.
- For klassifisering av planteplanktonparametere har vi benyttet klassegrenser for NGIG-typene L-N2a og L-N3 for hhv. de klare og humøse kalksjøene i klimasone skog. Disse NGIG-typene har tradisjonelt blitt benyttet for kalksjøene i de senere års overvåkingsrapporter fra Hadeland (f.eks. Stabell 2019).
- Vi har beskrevet om innsjøene har bestander av kransalger (en spesiell type alger karakteristiske for kalksjøer) eller ikke. Informasjon om dette er hentet fra NIVAs vannplantedatabase og ulike NIVA-rapporter (f.eks. Mjelde 2016).

2.3.2 Økologisk tilstand i elvene

Økologisk tilstand og vannkvalitet på stasjonene nederst i Vigga, Sløvikelva, Grymyrbekken, Askjumbekken og Vangselva ble vurdert basert på konsentrasjoner av næringsstoffer og

begroingsalgeindeksen PIT. Det ble beregnet middelværdier for totalfosfor, totalnitrogen, fosfat, nitrat + nitritt og PIT fra de tre siste årene (2019-2021). Vannprøvene er i hovedsak tatt ut fra mai – oktober, og prøver tatt utenom dette tidsrommet ble ikke inkludert beregningene. Antall prøver var 5-6 pr. år for alle vassdragene utenom Vigga, der det i 2014, 2017 og 2018 forelå data fra hhv. 9, 10 og 12 prøver. Totalfosfor, totalnitrogen og PIT-indeksen ble klassifisert i henhold til typespesifikke grenseverdier gitt i Klassifiseringsveilederen (Direktoratgruppa 2018). Totalnitrogen ble ikke tatt med i beregning av samlet tilstand ettersom fosfor antas å være begrensende næringsstoff, men parameteren totalnitrogen ble klassifisert ettersom høye nivåer er en god indikasjon på avrenning fra jordbruk. Vi benyttet vanntype R109 (kalkrik, klar, lavland) eller R110 (kalkrik, humøs, lavland) for alle stasjonene, siden alle ligger < 200 moh. nær utløpet i Randsfjorden.

For fosfat og nitrat finnes det ikke klassegrenser, men vi gjorde allikevel en vurdering av konsentrasjonene i forhold til forventet bakgrunnsnivå i upåvirkede vassdrag av samme type. Som sammenlikningsgrunnlag («referanseverdier») benyttet vi medianverdier (fra tre år med overvåking) av fosfat og nitrat fra tre kalkrike, klare referansevassdrag i lavlandet på Østlandet (Kjørstadelva i Kongsberg, Kjøgluelva og Lomma i Bærum). Disse er prøvetatt i forbindelse med det nasjonale overvåkingsprogrammet *Overvåking i Referanseelver* (se f.eks. Sandin mfl. 2021).

Alle vannkjemiparametere ble plottet i boksplokk slik at variasjonen i konsentrasjoner innad i hvert år kommer frem. I et boksplokk representerer endene av boksen første og tredje kvartil, mens medianen er vist som en horisontal strek i midten av boksen. Utliggere (mer enn 1,5 ganger interkvartilbredden unna medianen) vises som punkter, mens min- og maksverdier vises som korte horisontale streker i enden av de vertikale stiplede linjene. «Referansekonsentrasjoner» av nitrat og fosfat er vist med rosa horisontal strek i figurene.

2.4 Kilder til fosfortilførsler i nedbørfeltene

Kildefordelingen for tilførsler av fosfor er basert på tilgjengelig informasjon om kildene og modellberegninger der tilgjengelige data inngår. De beregnede tilførslene inkluderer ikke retensjonsprosesser i innsjøer, bekker og elver (sedimentasjon av partikler og partikkelbundet fosfor, utfelling av løst fosfat og opptak av løst fosfat i alger og cyanobakterier).

2.4.1 Jord- og fosfortap fra jordbruksareal

2.4.1.1 Partikkelbundet fosfor

Fosfortap fra jordbruksarealene er beregnet med Agricat 2 (Kværnø m.fl., 2014a). Agricat2-modellen inkluderer ikke tilbakeholdelse av partikler og fosfor (sedimentasjon av partikler og partikkelbundet fosfor) i nedbørfeltet. Dette er en enkel, empirisk modell som er utviklet ved Bioforsk (nå NIBIO). Modellen beregner jordtapet med utgangspunkt i kart over erosjonsrisiko ved høstpløying, modifisert gjennom empiriske formler («jordarbeidings-faktorer») for å representere effekten av aktuell drift (vekst og jordarbeiding). Verken erosjonsrisikokart eller jordarbeidingsfaktorer tar hensyn til andre erosjonsformer enn flateerosjon, f.eks. erosjon i dråg. Jordtapet modifiseres videre ved retensjon i en eventuell grasdekt kantsone, og deretter ved retensjon i en eventuell fangdam. Modellen tar hensyn til samspillseffekter mellom ulike tiltak. Grasdekte vannveier behandles i modellen ikke som et eget tiltak, men kun som et grasdekt areal, det vil si at effekten på sedimentasjon av partikler fra det tilførende arealet ikke er tatt med og effekten kan derfor være noe underestimert. Jordarbeidingsfaktorene og retensjonsprosentene beregnes utfra empiriske formler basert på målinger i norske feltforsøk. Tap av partikkelbundet fosfor beregnes basert på jordtapet og fosforinnhold på jordpartiklene. Fosforinnholdet beregnes vha. empiriske formler basert på fosforstatus i jord (P-AL) og jordart, og tar hensyn til at fosforinnholdet er høyere på de minste jordpartiklene.

Beregningene gjøres for små enheter (polygoner kalt GID) med unike egenskaper, og resultatene summeres deretter for å representere nedbørfeltene.

I tiltaksanalyser kjøres først Agricat2 for to referansesituasjoner: 1) faktisk/aktuell drift for arealene et gitt år, og 2) høstpløying på alt kornareal og på resten av arealet som i punkt 1). Deretter beregner Agricat 2 fosfortap for utvalgte «scenarier», som kan representere f.eks. ulike tiltakspakker. I dette prosjektet er året **2020** valgt som referanseår for faktisk drift og tilførselsberegninger. Effekter av tiltaksgjennomføringen viser endringer i forhold til referansesituasjon med høstpløying på alt kornareal.

Agricat2 bruker en rekke kart og tabeller som grunnlag (inputdata) for beregningene. Hvordan disse dataene brukes inn i beregningene er beskrevet i detalj av Kværnø m.fl. (2014a). I dette prosjektet er det brukt følgende datakilder som input til Agricat2:

- Kart over nedbørfelt - levert av oppdragsgiver. Vi har gjennomført en justering av nedbørfeltgrensene for å fjerne overlapp og hull.
- Eiendomskart med gårds- og bruksnummer er hentet fra Kartverket (Matrikkeldata).
- Jordsmonnkart med informasjon om jordart og bakkeplanering, og kart med kontinuerlige verdier for erosjonsrisiko ved høstpløying – fra NIBIO. Verdier for erosjonsrisiko (flateerosjon) er hentet fra det nye erosjonsrisikokartet (versjon 1,0, ferdigstilt 05.04.2019). Verdier for drågerosjon er ikke tilgjengelig, men det er i dette prosjektet antatt at jord- og fosfortap grunnet drågerosjon utgjør 30 % av totalt jord- og fosfortap. Dette er et høyst usikkert estimat.
- Informasjon om/kart over jordbruksdrift (vekst, jordarbeiding), grasdekte kantsoner og grasdekte vannveier i 2020 – fra Landbruksdirektoratet gjennom søknad om produksjonstilskudd og RMP-tilskudd (via eStil). Arealfordeling av de fem driftskategoriene stubb (= ingen jordarbeiding om høsten, direktesådd høstkorn og fangvekst), høstpløying (høstpløyd vårkorn og høstpløyd høstkorn), potet/grønnsaker, frukt/bær og gras (fulldyrka og overflatedyrka eng), er gjort i henhold til faktisk beliggenhet for driftskategori stubb, ettersom dette er kartfestet i e-Stil, og i henhold til prosentvis arealfordeling innenfor nedbørfeltet for resten av driftskategoriene, ettersom disse ikke er kartfestet. Det innebærer at 1) på areal med kartfestet drift, er modellen kun kjørt med kartfestet drift (stubb) og resultatene for jord- og fosfortap brukes direkte, og 2) på resterende areal kjøres modellen for alle driftskategorier unntatt stubb, og deretter beregnes et arealveid (jf. prosentvis fordeling av driftskategoriene) gjennomsnitt av resultatene for jord- og fosfortap. Grasdekte kantsoner og grasdekte vannveier er også lagt der de er kartfestet jf. e-Stil. Det er regnet med 6 m bredde på grasdekte kantsoner og vannveier, jf. krav i RMP. Tilførende areal til grasdekt kantsoner er bestemt utfra kartenhetenes nærhet til vann.
- Informasjon om fosforstatus i jord (P-AL) er hentet fra Jorddatabanken ved NIBIO. Der data mangler, brukes gjennomsnitt for nedbørfeltet.
- Kart over vannlinjer og vannflater er hentet fra NVE.

2.4.1.2 Løst fosfat

Det er gjort et estimat på avrenning av løst fosfat, ved bruk av en empirisk modell som nylig er utviklet basert på data fra norske nedbørfelt, småfelt/skifter og ruteforsøk (Kværnø m.fl., upubl.). Denne modellen beregner tap av løst fosfat fra jord (løst ut fra jordprofilen og løst ut fra løsrevne partikler), plantemateriale (utfrysing), og husdyrgjødsel (direktetap ved nedbørsepisoder). Følgende input-data er brukt i modellen:

- Tall for total årsavrenning i normalperioden 1961-1990 er hentet fra NVEs avrenningskart. Modellen bruker gjennomsnittlig avrenning per nedbørfelt (369-501 med mer for de ulike nedbørfeltene) som input.

- Informasjon om jordart/jordtype og hellingsgrad på jordbruksarealene hentes fra NIBIOs jordsmonnkart. Dette brukes til beregning av empiriske koeffisienter som gjenspeiler risiko for tap av løst fosfor grunnet jordas fysiske og kjemiske egenskaper, samt hellingsgraden. I nedbørfeltene er det på jordbruksarealene hovedsakelig morenejord (87-95 %), og noe organisk jord (5-13 %). Gjennomsnittlig hellingsgrad beregnet utfra klasseverdiene i kartet, er 10-12% for nedbørfeltene.
- Informasjon om fosforstatus i jord (P-AL) hentes fra Jorddatabanken ved NIBIO. Modellen bruker gjennomsnittlig P-AL per nedbørfelt (11 – 13 mg/100 g jord for de ulike nedbørfeltene) som input.
- Informasjon om husdyrtall og spredeareal per driftsenhet hentet fra Landbruksdirektoratet (søknad om produksjonstilskudd). Beregningen bruker gjennomsnittlig husdyrtetthet i gde/daa (0,06-0,14) som input. Det er antatt at 80 % av husdyrgjødselmengden som spres på åpen åker moldes ned etter spredning, og det er antatt at 8 % av all husdyrgjødsel spres om høsten, resten i vekstsesongen (Kolle og Aguz-Alper, 2019).
- Informasjon om fordeling av jordbruksvekster i 2020 hentes fra Landbruksdirektoratet gjennom søknad om produksjonstilskudd. Modellen bruker tall for andel gras (45-87 %), fangvekst (0-1 %) og høstkorn (0 %) til å beregne både utfrysing av fosfor fra plantemateriale. Grasandelen brukes også i beregning av en spredemetodefaktor for husdyrgjødsel.
- Klimasoner hentes fra Hageselskapets klimasonekart. Klimasonen er satt til H4. Denne brukes i beregning av utfrysing av fosfor fra plantemateriale.

Biotilgjengelig fosfor består av løst fosfat samt en del av det partikkelbundne fosforet, og er beskrevet nærmere i Øgaard m.fl. (2012). Avhengig av oppholdstiden i innsjøen og algenes evne til å trekke ut fosfor av partiklene vil en større eller mindre del av det partikkelbundne fosforet være tilgjengelig for algevekst. En del forskere mener at all fosfor, altså også det partikkelbundne, på lang sikt vil kunne bli tilgjengelig for algene. Det er i dette prosjektet antatt at fosfortap beregnet i Agricat 2 er partikkelbundet fosfor og ikke er biotilgjengelig, mens alt fosfortap beregnet i modellen for løst fosfat, antas å være biotilgjengelig.

2.4.2 Tilførsler av fosfor fra privat og kommunalt avløp

2.4.2.1 Privat avløp

Beregningene for spredt avløp er gjort med avløpsmodellen WebGIS avløp (Turtumøygard og Hensel, 2021), der datagrunnlaget har vært informasjon fra kommunale registre. Fosfortilførsler er beregnet for hvert anlegg på grunnlag av anleggets type, alder, bygningstype og avstand til resipient. Det er anslått en standard belastning (én husstand) per anlegg. I kilderegnskapet er andel biotilgjengelig fosfor for avløp satt til 80 %.



Beregningene bygger på et usikkert datagrunnlag, spesielt når det gjelder anleggstype, anleggsår, belastning og lokale infiltrasjonsforhold. Der data mangler, har vi generelt valgt å være pessimistiske, både når det gjelder anleggstype og anleggsår. Dette er nærmere beskrevet for de enkelte kommuner nedenfor. For å oppnå et mer sikkert datagrunnlag, bør det gjennomføres en feltkartlegging med besøk hos alle husstander.

Figur 2.2. De fem nedbørfelt med tilhørende kommuner.

Effekter av tiltak for reduksjon i fosforutslipp fra spredt avløp er beregnet.

Kvaliteten på mottatte data er kommentert herunder, og datagrunnlaget kan være noe mangelfullt:

Tre kommuner har levert data om anlegg for spredt avløp. Figur 2.2 viser hvilke kommuner som inngår i de fem nedbørfeltene.

Lunner kommune har levert data med anleggstype og koordinat. Dette er benyttet til å knytte anleggene til nedbørfelt og beregne korteste avstand til resipient. Kommunen opplyser at de i all hovedsak ikke har oversikt over anleggsår. De legger imidlertid til at anlegg som er registrert som infiltrasjonsanlegg og minirensanlegg, i all hovedsak vil være nyere anlegg bygget etter år 2000. For anlegg som er registrert som slamavskillere, vil det antagelig være noen infiltrasjonsanlegg, men av en så gammel årgang at de ikke bør vurderes som anleggstype 4.

På dette grunnlaget har vi valgt å benytte anleggsår før 2000 for alle anlegg, med unntak av infiltrasjonsanlegg og minirensanlegg.

Når det gjelder hytter, er disse anleggene markert som fritidsbolig, men dette er ikke gjennomført 100 %. Kommunen oppgir at det ikke er større hytteområder innenfor området, og at de relativt få hyttene som finnes, ligger spredt rundt omkring.

Gran kommune har levert data med anleggstype, bygningstype og gnr/bnr. Dette er koblet mot matrikkel og digitale kart over bygninger og derved brukt til å anslå stedfestingen av anleggene.

Anlegg som mangler bruksnummer, eller har et bruksnummer som ikke finnes i matrikkelen, er plassert på et av de andre bruksnumrene på dette gårdsnummeret. Et mindre antall anlegg mangler gårdsnummer. Disse er holdt utenfor ved beregningene.

Kommunen opplyser at de ikke har mulighet til å hente ut anleggsalder, men at ca. halvparten av infiltrasjonsanleggene er eldre enn år 2000. Mange av disse er vesentlig eldre, og man antar at de i realiteten ikke renser mer enn en slamavskiller. På dette grunnlag er anleggsåret antatt å være før år 2000 for alle anlegg, med unntak av minirensanleggene og ca. halvparten av infiltrasjonsanleggene.

Jevnaker kommune har levert data med anleggstype og koordinat. Dette er benyttet til å knytte anleggene til nedbørfelt og beregne korteste avstand til resipient. Det mangler data om anleggsår, dette er derfor antatt å være før år 2000. Det er ikke gitt opplysninger om hytter, så alle anlegg antas å være boliganlegg.

2.4.2.2 Kommunalt avløp

Følgende datakilder er brukt for å estimere fosfortilførsler fra kommunalt avløp:

Fra kommunene har vi mottatt digitale kart over kommunale avløpsledninger med data om anleggsår. Der anleggsåret ikke er oppgitt, har vi benyttet det mest pessimistiske alternativet, dvs. bygget før 1970.

For en del områder (Askjumbekken, Sløvikselva i Jevnaker og Vangselva) har vi fått oppgitt antall husstander tilknyttet offentlig avløpsnett. Dette er brukt til å beregne tilførte mengder P i avløpsvannet. Vi har benyttet gjennomsnittlig 2,6 personer pr husstand og 0,66 kg P/person/år.

For områder uten data om tilknyttede husstander (Grymyrbekken, Sløvikselva i Lunner og Vigga) har vi i stedet benyttet tilførte mengder til kommunale rensanlegg. Data er hentet fra SSBs avløpsstatistikk for 2019, med beregnet tillegg for lekkasje i ledningsnettet. Dette gjelder rensanleggene Grymyr RA, Brandbu RA og Grindvoll RA.

Lekkasje fra ledningsnettet er beregnet som 6% for ledninger bygget før 1970 og 3% for ledninger bygget etter 1970.

Metoden er relativt forenklet og basert på gjennomsnittstall. Den tar ikke hensyn til avstanden fra boligene til rensanlegget. Dersom ledningsnettet fører avløp over grensen til et annet nedbørfelt, øker

dermed usikkerheten i beregningene. Slike eksterne tilførsler vil bli transportert relativt langt, og gjennom to nedbørfelt. Man kunne anta at dette ville øke den samlede lekkasjen. På den annen side vil transportert mengde nederst i nettet gradvis bli redusert som følge av lekkasjer høyere oppe. Vi har ikke kunnskapsgrunnlag for å gjøre detaljerte beregninger av dette scenariet. Vi har derfor valgt å tilordne lekkasjene til det nedbørfeltet der avløpet er generert.

Et av de kommunale renseanleggene (Volla) har restutslipp innenfor nedbørfeltet til Vigga. Utslippstall fra SSB (97 kg P/år) er medregnet som lekkasje.

Vi har ikke mottatt data om overløp i ledningsnett.

P-tilførsel fra kommunalt avløp («P-lekkasje») er beregnet utfra den totale P-tilførselen til ledningsnett (P-tilført) og gjennomsnittlig andel av dette som kan antas å tapes ut i nedbørfeltet ved lekkasje fra ledningsnett (P-lekkasjeandel):

$$P\text{-lekkasje (kg P/år)} = P\text{-tilført (kg P/år)} \times P\text{-lekkasjeandel} \quad \text{Formel 1}$$

P-lekkasjeandel beregnes utfra prosent av ledningsnett som er bygd før og etter 1970 (hhv. F_{70} og E_{70}) og lekkasje-koeffisientene for ledningsnett bygd før og etter 1970, jf. punkt 4 i punktlisten over:

$$P\text{-lekkasjeandel (-)} = (3 \times E_{70} + 6 \times F_{70})/100 \quad \text{Formel 2}$$

P-tilførselen til ledningsnett (P-tilført) beregnes enten utfra antall husstander samt koeffisientene for antall personer per husstand og P-utslipp per person, jf. punkt 2 i punktlisten over, *eller* utfra tall for P-tilførsel i renseanlegg (P-RA), jf. punkt 3 i punktlisten over, og gjennomsnittlig andel lekkasje på vei inn til renseanlegget:

$$P\text{-tilført, husstander (kg P/år)} = \text{antall husstander} \times 2,6 \text{ (pe)} \times 0,66 \text{ (kg P/pe/år)} \quad \text{Formel 3}$$

$$P\text{-tilført, renseanlegg (kg P/år)} = P\text{-RA (kg P/år)} / (1 - P\text{-lekkasjeandel}) \quad \text{Formel 4}$$

Beregningene gir følgende resultater for fosfortilførsler til ledningsnett (P-tilført i formel 3 eller 4) i de fem nedbørfeltene:

Askjumbekken: Ledningsnett utgjør 2,4 km. Av dette er 92 % bygget etter 1970, 8 % bygget før 1970. Kommunen opplyser at det er 41 husstander tilknyttet kommunalt ledningsnett. Total fosfortilførsel til ledningsnett er beregnet til 70 kg P/år (tabell 2.2).

Grymyrbekken: Ifølge SSB mottar Grymyr RA i Gran 112 kg P/år. Digitale kart viser at 89 % av det tilknyttede ledningsnett er bygget etter 1970, mens 11 % er bygget før 1970. Total mengde i ledningsnett til Grymyr RA, med tillegg av lekkasjer underveis er beregnet til 116 kg P/år. Ledningsnett til Grymyr RA utgjør 5,3 km. Kartet viser at mesteparten av nettet egentlig ligger utenfor Grymyrbekkens nedbørfelt, kun ca. 0,8 km ligger i nedbørfeltet. Vi velger derfor å anta at $0,8/5,3 = 15\%$ av de 116 kg P/år til Grymyr RA kommer fra ledningsnett i Grymyrbekken. For den delen av avløpsnett som ligger i Grymyrbekkens nedbørfelt, viser digitale kart at 98 % er bygget etter 1970, og 2 % før 1970. Total fosfortilførsel til ledningsnett i Grymyrbekkens nedbørfelt blir dermed 17 kg P/år (tabell 2.2).

Sløvikselva i Lunner: Ledningsnett utgjør 9,4 km. Det mangler informasjon om anleggsår. Det er antatt at alt er bygget før 1970. Avløpet ledes til Grindvoll RA. Ifølge SSB mottar dette 121 kg P/år. Total fosfortilførsel til ledningsnett er beregnet til 129 kg P/år (tabell 2.2).

Sløvikselva i Jevnaker: Kommunen opplyser at det er 36 tilknyttede husstander i nedbørfeltet. I tillegg er det en campingplass helt nederst i nedbørfeltet, omtrent på fjordnivå. Den går nærmest direkte til pumpestasjon og overføringsledning, og vi antar derfor at den ikke gir noen tilførsler til Sløvikselva. Alt avløp overføres via sjøledning til et annet nedbørfelt. Det mangler informasjon om anleggsår. Det er antatt at alt er bygget før 1970. Total fosfortilførsel til ledningsnett er beregnet til 62 kg P/år (tabell 2.2).

Vangselva i Jevnaker: Kommunen opplyser at det er 476 husstander og 2-3 forsamlingslokaler tilknyttet avløpsnett. Det finnes ikke data om tilførsler fra forsamlingslokalene, men som et løst anslag har vi satt dette til 3 husstander. Avløpsnett utgjør 60,5 km, og av dette er 48 % bygget etter 1970. Total fosfortilførsel til ledningsnett blir da 822 kg P/år (tabell 2.2). Tallet er svært usikkert, fordi vi ikke vet nok om utslippet fra forsamlingslokalene. Dette bør derfor tallfestes bedre før man evt. går i gang med å planlegge tiltak.

Vigga i Gran: 171 km av ledningsnett (85 %) er bygget etter 1970. Avløpet ledes til Brandbu renseanlegg. Ifølge SSB mottar dette anlegget 4643 kg P/år. I dette tallet inngår også utslipp fra 41 husstander i nedbørfeltet til Askjumbekken. Vi har valgt å anta at denne delen av lekkasjene i sin helhet går til Askjumbekken. Tilsvarende har vi holdt utenfor tilførslene fra ca. 200 husstander nord for Røykenvika. De er tilknyttet Brandbu RA, men ligger utenfor Viggas nedbørfelt. Tilførslene fra Viggas nedbørfelt til Brandbu RA er dermed redusert med hhv. 70 og 343 kg P/år, totalt 413 kg P/år. Mengde inn til Brandbu RA fratrukket eksterne ledningsnett blir da 4230 kg P/år. Total fosfortilførsel til ledningsnett er beregnet til 4383 kg P/år (tabell 2.2).

Vigga i Lunner: Ledningsnett utgjør 36 km. Det mangler informasjon om anleggsår. Det er antatt at alt er bygget før 1970. Avløpet ledes til Volla renseanlegg. Ifølge SSB mottar dette anlegget 1046 kg P/år. Total fosfortilførsel til ledningsnett er beregnet til 1113 kg P/år (tabell 2.2).

Tabell 2.2. Informasjon om kommunalt avløp, brukt i beregninger av fosforlekkasjer fra kommunalt avløp.

Nedbørfelt	Antall husstander	Lengde på ledningsnett (KM)	P-RA (kg P/år)	P-tilført, renseanlegg (kg P/år)	P-tilført, husstander (kg P/år)	Ledningsnett fra etter 1970 (%)	P-lekkasjeandel (%)
Askjumbekken	41	2,4	-	-	70	92	3,24
Grymyrbekken (Grymyr RA)*	-	5,3 (RA) 0,8 (nbf)	112 (RA)	116 (RA) 17 (nbf)	-	89 (RA) 98 (nbf)	3,3 (RA) 3 (nbf)
-Sløvikselva i Lunner (Grindvoll RA)	-	9,4	121	129	-	0	6
Sløvikselva i Jevnaker	36	1,1	-	-	62	0	6
Vangselva	479	60,5	-	-	822	48	4,6
Vigga i Gran (Brandbu RA)	-	201	4230	4383	-	85	3,45
Vigga i Lunner (Volla RA)	-	36	1046	1113	-	0	6

*To sett med verdier, der «RA» er for hele ledningsnett, mens «nbf» er kun for den delen av ledningsnett som ligger innenfor Grymyrbekkens nedbørfelt.

2.4.3 Tilførsler av fosfor fra andre kilder/arealer

Fosfortilførsler fra andre kilder enn jordbruk og avløp er beregnet ved å multiplisere en koeffisient (Kværnø m.fl., 2014b; Bechmann m.fl., 2016) med arealet av den aktuelle arealtypen. Arealet avledes fra arealressurskart AR5. Disse tallene representerer summen av antropogene og naturlige tilførsler. Kildene omfatter:

1. «Våtavsetning»: Deposisjon av fosfor fra regnvær og støvavsetninger direkte på vannflater (ARTYPE = 81). Koeffisienten er satt til 16 g TP/daa/år (Bechmann m.fl., 2016). Andel biotilgjengelig P er satt til 50 %.
2. «Beite» er avrenning fra beite (ARTYPE = 23). Koeffisienten er satt til 15 g TP/daa/år. Andel biotilgjengelig P er satt til 50 %.

3. «Utmark» er avrenning fra skog (ARTYPE = 30) og annen utmark som åpen fastmark/fjell (ARTYPE = 50), og myr (ARTYPE = 60). Koeffisientene er satt lik hhv. 6, 5 og 8 g TP/daa/år. Andel biotilgjengelig P er satt til 10 %.

4. «Samferdsel og bebyggelse» omfatter samferdsel (ARTYPE = 12), som er avrenning fra veier, og bebyggelse (ARTYPE = 11), som er diffus avrenning fra bebygde arealer (bebygd areal og tunarealer). Koeffisienten er satt til 7,5 g TP/daa/år. Andel biotilgjengelig P er satt til 33 %.

I tillegg ble faktaarkene sendt til Landbrukskontoret for Hadeland og Nittedal ved Anne Okkenhaug Bentsen m.fl. De ga innspill til andre påvirkninger og spesielle hendelser i nedbørfeltene.

2.5 Jordbruksdrift

Informasjon om jordbruksdrift er hentet fra Landbruksdirektoratet og knyttet til det nedbørfeltet der driftssenteret ligger. Det betyr at data blir ufullstendige for driftsenheter som har areal i mer enn ett nedbørfelt. Slike feil har størst betydning for forholdsvis små nedbørfelt og/eller nedbørfelt med lite jordbruksareal. Jordleie som skifter fra år til år vil også gi usikkerheter/feil på arealstatistikken.

2.5.1 Trender i vekstfordeling

Data om areal av ulike vekster er hentet fra årlige søknader om produksjonstilskudd hos Landbruksdirektoratet.

2.5.2 Trender i gjødseldyrenheter

Data er hentet fra årlige søknader om produksjonstilskudd hos Landbruksdirektoratet. Fra 2017 er registerdata oversendt på nytt format, og dette har medført noe større usikkerhet i datakvaliteten for årene 2017-2020. Det er dessuten hull i enkelte årganger av tallene, spesielt for slaktekylling og livkylling. I flere tilfeller vil dette gjelde ett eller flere av årene 2017-2020, og da vil gjennomsnittsverdien pr eiendom bli for lav. Hvis vi antar at mangelen på data gjelder alle eiendommer i nedbørfeltet, vil den innbyrdes rangeringen av eiendommene likevel være ganske riktig.

Årlige gjødseldyrenheter (GDE) er beregnet ved å multiplisere husdyrtall med standardverdi per dyreslag, som angitt i Lovdata (Forskrift om husdyrgjødsel, FOR-2002-02-11-337).

2.5.3 Trender i jordas fosforstatus

Data er hentet fra Jorddatabanken hos NIBIO. Den inneholder analyser av jordas fosforstatus (P-AL) i jordprøver for årene 1990-2016. Jordprøver etter 2016 har ikke vært tilgjengelige i Jorddatabanken. Det er ikke alle arealer som prøvetas hvert år, noe som kan bidra til variasjon mellom år (Svendgård-Stokke m.fl. 2020). Fosforstatus i jordprøver er for et nedbørfelt beregnet som gjennomsnitt for alle jordprøver fra hvert enkelt år.

2.5.4 Gjennomførte tiltak i jordbruket

Areal til regionale miljøtiltak er hentet fra søknadsdata hos Landbruksdirektoratet. Fra 2013 er disse mottatt som digitale kart (eStil), og kvaliteten er derfor meget god. For eldre årganger er arealer med tiltaksgjennomføring registrert i Regionale miljøprogram knyttet til det nedbørfeltet der driftssenteret ligger. Det er ikke tatt hensyn til jordleie. Eventuell leiejord i andre nedbørfelt vil derfor være en feilkilde.

2.6 Tiltakseffekter

2.6.1 Avløpstiltak

En oppgradering av private avløpsløsninger kan skje dels ved å oppgradere dårlige anlegg, dels gjennom å knytte disse husstandene til offentlig avløpsnett. Vi har valgt å beregne et scenario der alle private avløpsanlegg er oppgradert til en anleggstype som tilfredsstillende 90 %-kravet.

Lekkasje fra det kommunale ledningsnettet er estimert på bakgrunn av tall fra en utredning for Tunevannet i 2016, der en valgte å benytte 0-2 % lekkasjer for ledningsnett bygget etter 1980 (Bechmann m.fl. 2016). Vi har valgt et scenario for Hadeland der man klarer å redusere lekkasjene i spillvannsnettet til 1 %. Norsk Vann utarbeidet i 2017 en nasjonal bærekraftstrategi for vannbransjen. Her anbefales det en gjennomsnittlig fornyelsestakt for avløpsnettet på 1 % hvert år frem til 2040. I tillegg forutsettes det kontinuerlig utbedring av ledningsnettet basert på blant annet lekkasjelytting og innvendig rørinspeksjon med kamera. Effekten av disse tiltakene er beheftet med stor usikkerhet.

Ved vurdering av tiltakeffekter for avløpstiltak er det antatt at 80 % av totalfosfor er biotilgjengelig.

2.6.2 Effekter av anbefalte jordbrukstiltak

Effekter av jordbrukstiltak er beregnet med Agricat 2, og inkluderer:

- Ingen jordarbeiding om høsten (overvintring i stubb) på alt kornareal;
- Grasdekte kantsoner på alt areal som er indentifisert som tilførende areal til bekker, elver og innsjøer, og som ikke er grasareal;
- Grasdekte vannveier i dråg;
- Redusert fosforstatus i jord, til P-AL = 10 og P-AL = 7 på alt areal der disse verdiene overskrides
- Kombinasjon av tiltakene over

Utgangspunktet for scenariene er arealfordeling av vekster slik den var i 2020, og høstpløying på alt kornareal.

Det er antatt at tiltakene har samme effekt på jord- og fosfortap fra både flateerosjon og drågerosjon. Det er videre antatt at grasdekt vannvei eliminerer jord- og fosfortap fra drågerosjon (30 % av totalt jord- og fosfortap) helt. Tiltaket reduksjon i jordas fosforstatus er inkludert i beregning av både partikkelbundet fosfor og løst fosfat. For løst fosfat er effekten av dette tiltaket litt underestimert, ettersom husdyrtettheten ikke er endret samtidig. Dette pga. at det mangler grunnlag for å vurdere hvor mye husdyrtettheten må reduseres for å oppnå et bestemt P-AL-nivå.

3 Resultater

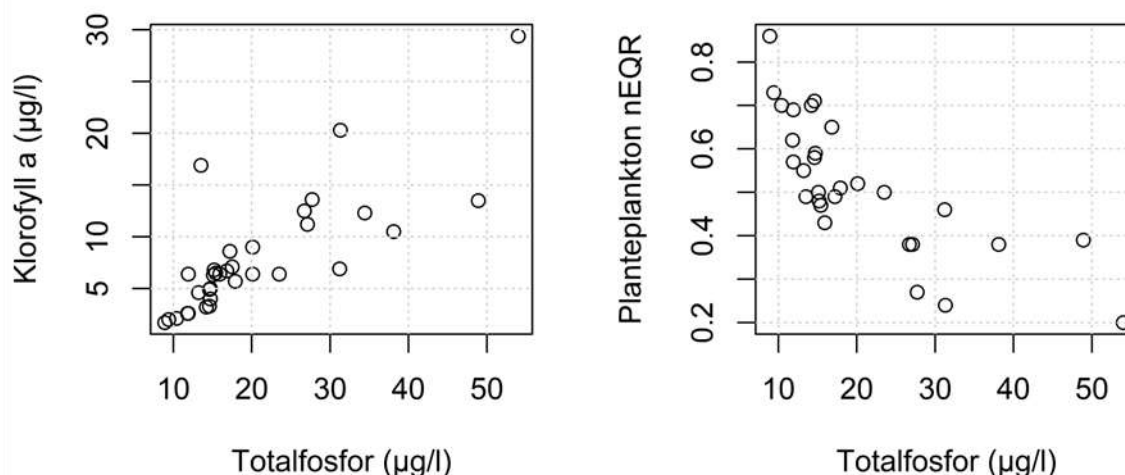
3.1 Vannkvalitet og økologisk tilstand i kalksjøene

3.1.1 Oppsummering av eutrofitilstand i alle innsjøene

De fleste av kalksjøene med overvåkingsdata fra perioden 2016-2021 viser tegn på eutrofiering som følge av forhøyede fosfortilførsler (tabell 3.1). Blant de 33 innsjøene med data på totalfosfor er det kun seks som oppnår god eller svært god økologisk tilstand for denne parameteren. Flertallet er i moderat tilstand, mens 9 er i dårlig eller svært dårlig tilstand for totalfosfor (tabell 3.1).

Konsentrasjonene av totalnitrogen er svært høye i de fleste innsjøene, og hele 29 av 33 innsjøer er i dårlig eller svært dårlig tilstand for totalnitrogen (tabell 3.1). Nitrogen utelates ofte i samlet tilstandsklassifisering, ettersom det vanligvis er fosfor som er det begrensende næringsstoffet for algevekst i innsjøer. Fosforbegrensning gjelder også for kalksjøene som er undersøkt her, siden både nitrogenkonsentrasjonen og forholdet mellom nitrogen og fosfor (N:P-forholdet) er svært høyt (median N:P-forhold = 78; variasjonsbredde: 24 – 170). Det er allikevel relevant å klassifisere parameteren totalnitrogen alene, ettersom høye nitrogenkonsentrasjoner er et tydelig tegn på avrenning fra jordbruk. For mye nitrogen er muligens også ugunstig for kransalger (Mjelde 2014; Stabell 2019).

Som følge av fosforbegrensningen bestemmes biomassen av planktonalger i hovedsak av fosforkonsentrasjonen. Det er en sterk signifikant positiv korrelasjon (målt som r^2 fra enkel lineær regresjon) mellom totalfosfor og klorofyll a ($r^2 = 0,62$), samt en signifikant negativ sammenheng mellom totalfosfor og planteplankton nEQR ($r^2 = 0,7$ på log-log skala) i innsjøene (figur 3.1). Sammenhengen med totalnitrogen er en betydelig svakere (r^2 er hhv. 0,08 og 0,17 for tilsvarende korrelasjoner).



Figur 3.1. Sammenhengen mellom totalfosfor og klorofyll a -konsentrasjon (venstre) og planteplankton nEQR (høyre) for de undersøkte innsjøene på Hadeland.

Blant de 33 innsjøene med gode data på planteplankton havner 23 i moderat eller dårligere tilstand basert på planteplankton nEQR. Ti innsjøer havner i god eller svært god tilstand basert på samme parameter. For klorofyll a oppnår 15 av 33 innsjøer miljømålet om god tilstand. Økologisk tilstand basert på planteplankton nEQR (en samlet vurdering av både biomasse og artssammensetning) er dermed betydelig dårligere enn om en kun ser på klorofyll a . Dette mønsteret var også til stede i en

landsomfattende analyse av eutrofidata (Lyche Solheim m.fl. 2022) og viser at det er viktig ikke bare å overvåke algemengden, men også artssammensetningen, for å få et godt bilde av eutrofitilstanden.

På grunn av lokalt stor forekomst av truede vegetasjonstyper er vannvegetasjonen i kalksjøene på Hadeland relativt godt undersøkt (se bl.a. Langangen 2008 & 2010; Mjelde 2014, 2016a, 2016b & 2020). Blant de 38 innsjøene med «nyere» vannplanteundersøkelser (data fra tidsrommet 2007-2021) er 14 vurdert til dårlig eller svært dårlig tilstand, og 9 er i moderat tilstand. De resterende 15 oppnår god eller svært god tilstand for vannplanter. Vannvegetasjonen, inkludert kransalgebestandene, i flertallet av innsjøene er dermed betydelig negativt påvirket av eutrofiering. Sannsynlige mekanismer er reduserte lysforhold som følge av forhøyet planteplanktonbiomasse, nedslamming og muligens også forhøyede nitrogenkonsentrasjoner (Mjelde 2014, Stabell 2019). I flere av innsjøene er kransalgebestandene gått tilbake og stedvis er de også forsvunnet. Mer informasjon om vannvegetasjonen i de enkelte kalksjøer er tilgjengelig i en rekke NIVA-rapporter og faktaark for enkeltinnsjøer (f.eks. Mjelde 2016a og 2020).

Tabell 3.1. Samlet oversikt over økologisk tilstand i innsjøer med relevante overvåkingsdata i de fem nedbørfeltene. Data er hentet fra vannmiljø (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) og det er beregnet gjennomsnittsverdier for perioden 2016 – 2021. For vannplanter (inkl. kransalger) er det supplert med data fra NIVAs database. Økologisk tilstand for klorofyll (klf a), totalfosfor (Tot-P), totalnitrogen (Tot-N), maksimal biomasse av cyanobakterier (Cyanomax) og planteplankton (nEQR) er markert med farge, der blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Ca (mg/L) angir konsentrasjonen av kalsium. For noen av innsjøene mangler nyere undersøkelser av vannplanter, og økologisk tilstand for vannplanter er basert på eldre data (2007 – 2015) fra NIVAs database. Dette gjelder innsjøene der tilstanden for vannplanter er angitt med bokstav. I lokaliteter markert med fet skrift var en eller flere arter kransalger til stede ved siste undersøkelse. Tomme ruter betyr manglende data.

Lokalitet	Vannforekomst ID	Nasjonal vann-type	Ca (mg/L)	År med klf-data	Klf a (µg/L)	Tot-P (µg/L)	Tot-N (µg/L)	Cyano max (mg/L)	Planteplankton nEQR	Vannplanter nEQR
Nedbørfelt Askjumelva										
Stortjernet	012-4762-L	L207	78	3	11,2	27,1	1014	0,72	0,38	0,56
Askjuntjernet	012-734-R	L109	90							D
Bildenstutjernet			60							D
Grunningen	012-4771-L	L207	62	3	6,4	20,1	2380	0,11	0,52	D
Elgtjernet	012-4772-L	L207	72	3	6,9	31,2	2655	0,07	0,46	D
Oksetjernet	012-196332-L	L208	68	3	16,9	13,5	955	0,01	0,49	D
Breidtjernet	012-4781-L	L207	74	3	13,5	48,9	2810	0,21	0,39	D
Langtjernet	012-4788-L	L207	78	3	10,5	38,1	3213	0,05	0,38	M
Nedbørfelt Vigga										
Omdalsvann	012-4915-L	L207	39							G
Oppentjernet	012-4909-L	L207	26							G
Kalvsjøtjernet	012-4891-L	L207	40	3	5,7	17,9	598	0,16	0,51	M
Raknerudtjernet	012-4832-L	L207	64	3	20,3	31,3	2101	0,1	0,24	
Jarevatnet	012-557-L	L109	54	2	6,4	11,9	2023	1,69	0,57	0,35
Krugerudtjern	012-4849-L	L207	29	3	1,7	8,9	1046	0,02	0,86	M
Stumnetjernet	012-4858-L	L207	43	3	8,6	17,2	1682	0,23	0,49	-
Harpetjernet	012-3303-R	L207	26							D
Grønntjernet	012-3303-R	L207								D
Bergstjern	012-4742-L	L109	73	1	7,1	17,5	1735	0,14	0,81	0,34

Tabell 3.1 fortsetter.

Lokalitet	Vannforekomst ID	Nasjonal vann-type	Ca (mg/L)	År med klif-data	Klf a (µg/L)	Tot-P (µg/L)	Tot-N (µg/L)	Cyano max (mg/L)	Planteplankton nEQR	Vannplanter nEQR
Nedbørfelt Vangselva										
Kårstادتjern	012-4917-L	L208	62	3	3,3	14,6	1242	0,033	0,71	0,45
Storetjern	012-4910-L	L207	46	3	3,2	14,2	677	0,023	0,7	0,78
Finnerudputten			54							G
Nedbørfelt Sløvikelva										
Sverigetjernet	012-4881-L	L208	54	3	9	20,1	1341	0,16	0,52	0,44
Bråtåtjernet	012-4875-L	L208	59	3	6,7	16,8	1389	0,57	0,65	0,38
Velotjernet	012-4865-L	L207	57	3	6,8	15,2	1554	1,13	0,48	0,62
Orentjernet	012-4861-L	L207	61	3	4,9	14,6	1585	0,29	0,58	0,56
Vassjøtjernet	012-4890-L	L207	48	3	4,6	13,2	908	0,08	0,55	G
Høltjernet	012-4867-L	L208	41							G
Korsrudtjernet	012-4850-L	L207	37	3	2	9,4	428	0,25	0,73	G
Rokotjernet	012-4838-L	L207	58	3	6,5	15,4	748	0,34	0,47	G
Korsrudputten	012-196461-L	L207	60							G
Øyskogtjernet	012-4843-L	L207	38	3	2,6	11,9	1007	0,03	0,69	G
Høybytjernet	012-4844-L	L207	46	1	2,6	11,8	919	0,66	0,62	G
Bråtåtjernet (Vienbråtåtjernet)	012-196447-L	L207	67	3	29,4	54	1343	0,31	0,2	0,18
Østtjernet (Vientjernet)	012-4837-L	L207	67	3	5	14,7	1952	1,92	0,59	0,56
Kjevlingen	012-4878-L	L208	60	3	12,3	34,4	1642	0,15	0,42	
Nyborgtjernet	012-196502-L	L208	55	4	2,1	10,4	948	0,11	0,7	0,88
Hallomtjernet	012-4903-L	L207	54	3	6,4	23,5	1006	0,11	0,5	
Nedbørfelt Grymyrbekken										
Skirstادتjern	012-4802-L	L207	53	3	6,4	15,9	1232	0,75	0,43	G
Glorudtjernet	012-4814-L	L207	55	3	6,3	15,1	1172	0,5	0,5	SG
Falangtjernet, nedre	012-4828-L	L208	54	6	13,6	27,7	1616	9,64	0,27	0,15
Falangtjernet, øvre	012-4833-L	L208	53	6	12,5	26,7	1528	8,24	0,38	D
Lønntjernet	012-196391-L	L207	76	1	4	14,7	1793	0,41	0,77	0,59

3.1.2 Oppsummering av eutrofitilstand på nedbørfeltnivå

De fem delnedbørfeltene inneholder et ulikt antall kalksjøer, og graden av eutrofipåvirkning varierer mellom nedbørfeltene. I tabell 3.2 oppsummeres andelen innsjøer som *ikke* når vannforskriftens miljømål om god økologisk tilstand for totalfosfor, planteplankton og vannplanter.

Nedbørfeltene til Askjumbekken og Grymyrbekken har høyest andel innsjøer med moderat eller dårligere tilstand for de tre parameterne. Men også i de andre nedbørfeltene er andelen som ikke oppnår god tilstand høy.

Tabell 3.2. Andelen av innsjøene som ikke når vannforskriftens miljømål om god økologisk tilstand (i.e. har moderat eller dårligere tilstand) for totalfosfor, planteplankton nEQR og vannplanter. Tallene i parentes angir antallet innsjøer med < god tilstand og totalt antall innsjøer med overvåkingsdata for den aktuelle parameteren.

Nedbørfelt	Totalfosfor	planteplankton nEQR	Vannplanter
Askjumbekken	83 % (5/6)	100 % (6/6)	100 % (8/8)
Vigga	67 % (4/6)	67 % (4/6)	75 % (6/8)
Vangselva	50 % (1/2)	0 % (0/2)	33 % (1/3)
Sløvikelva	86 % (12/14)	64 % (9/14)	36 % (5/14)
Grymyrbekken	100 % (5/5)	80 % (4/5)	60 % (3/5)

3.2 Næringsstoffkonsentrasjoner og økologisk tilstand i vassdragene

Målinger fra perioden 2019 – 2021 viser moderat økologisk tilstand for eutrofiering ved stasjonene nederst i Askjumbekken, Vigga, Vangselva og Grymyrbekken (tabell 3.3). I Askjumbekken er det god overenstemmelse mellom tilstanden for begroingsalger og totalfosforkonsentrasjon (moderat for begge parametere). I Vigga, Vangselva og Grymyrbekken er totalfosforkonsentrasjonen i god eller svært god tilstand, mens begroingsalgene viser moderat tilstand. Dette indikerer at vassdragene har en større fosforbelastning enn det som fanges opp av vannprøvene. Biologiske indikatorer (som begroingsalger) anses som en mer robust indikator enn fosforkonsentrasjon, siden vannprøvene er stikkprøver, mens begroingsalgene integrerer fosforbelastningen i vassdraget over tid.

Ved stasjonen nederst i Sløvikselva er økologisk tilstand god både med hensyn til begroingsalger og totalfosfor, noe som indikerer en lavere fosforbelastning her. Det er allikevel tegn til noe forhøyede fosfatkonsentrasjoner (tabell 3.3), og i 2018 var konsentrasjonene av både totalfosfor og spesielt fosfat høyere enn i 2019 – 2021 (se faktaark). Også i Vangselva, Askjumbekken og Grymyrbekken var konsentrasjonene av fosfat og til dels totalfosfor betydelig høyere i 2018 enn de tre etterfølgende årene (se faktaark). Dette kan muligens skyldes lavere fortykning av eventuelle punktutslipp gjennom den ekstremt tørre sommeren 2018.

Tabell 3.3. Gjennomsnittsverdier og økologisk tilstand for totalfosfor ($\mu\text{g/l}$), totalnitrogen ($\mu\text{g/l}$) og PIT-indeksen for påvekstlger fra stasjonene nederst i de fem hovedvassdragene. Verdiene er beregnet som gjennomsnitt for siste treårsperiode (2019 – 2021). Middelkonsentrasjoner er også oppgitt for fosfat ($\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$) og nitrat ($\mu\text{g NO}_3\text{-N/l}$), men her er det kun gjort en kvalitativ vurdering av konsentrasjonene (se metodekapittel) siden det ikke finnes grenseverdier. Fargen indikerer økologisk tilstand, der blå = svært god, grønn = god, gul = moderat og rød = svært dårlig tilstand. Tot-N benyttes ikke i samlet tilstandsvurdering fordi fosfor er det begrensende næringsstoffet for algevekst.

Lokalitet	Vannmiljø-ID	Vannforekomst	Vann-type	Tot-P	Tot-N	Fosfat	Nitrat	PIT	Samlet tilstand
Askjumbekken (ASK1)	012-42316	012-734-R	R109	25	4600	7 (noe forhøyet)	4075 (sterkt forhøyet)	M	M
Vigga (VIG1)	012-30637	012-3315-R	R110	19	2533	2 (nær bakgrunn)	2125 (sterkt forhøyet)	M	M
Vangselva (VAN1)	012-28770	012-1681-R	R109	13	1630	3 (nær bakgrunn)	1400 (sterkt forhøyet)	M	M
Sløvikelva (SLØ1)	012-28759	012-400-R	R109	21	2091	6 (noe forhøyet)	1642 (sterkt forhøyet)	G	G
Grymyrbekken (GRY1)	012-53731	012-366-R	R109	23	2300	7 (noe forhøyet)	1900 (sterkt forhøyet)	M	M

Konsentrasjonene av totalnitrogen er i svært dårlig tilstand i alle vassdragene (tabell 3.3). Nitrat, som utgjør hoveddelen av totalnitrogenet, er også til stede i meget høye konsentrasjoner. Askjumbekken skiller seg ut med i størrelsesorden 2-3 ganger høyere konsentrasjoner enn de andre stasjonene. Vangselva har de laveste nitrogenkonsentrasjonene, men nivåene her er også meget høye. Særlig 2019 skiller seg ut med høye nitrogenkonsentrasjoner i alle vassdragene (se vedlegg), men årsaken til dette er usikker. De høye nitrogenkonsentrasjonene er et tydelig tegn på avrenning fra jordbruk, men er ikke årsak til eutrofiering siden det er fosfor som er det begrensende næringsstoffet for algevekst i systemet. Totalnitrogen benyttes derfor ikke i samlet tilstandsvurdering.

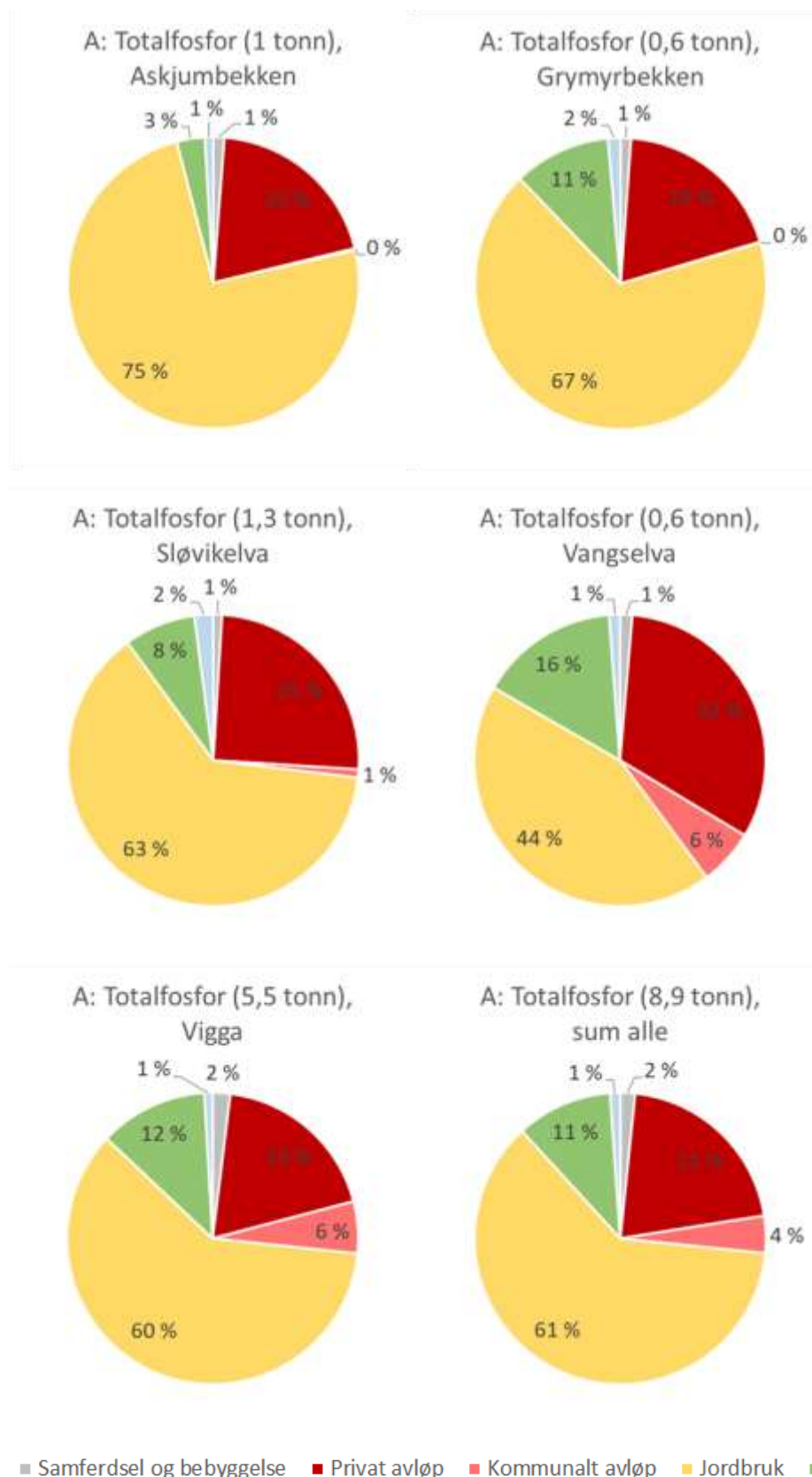
Nitrogen holdes i mindre grad tilbake i innsjøene sammenliknet med fosfor, og dette kan være noe av årsaken til at tilstanden for nitrogen er såpass mye dårligere enn for fosfor. Tilbakeholdelse av fosfor i kalksjøene i vassdraget er trolig ganske høy som følge av utfelling sammen med kalsiumkarbonat ved høy pH og sedimentasjon av partikkelbundet fosfor. I tillegg kommer opptak i kransalger og annen vannvegetasjon.

3.3 Kilder til fosfor

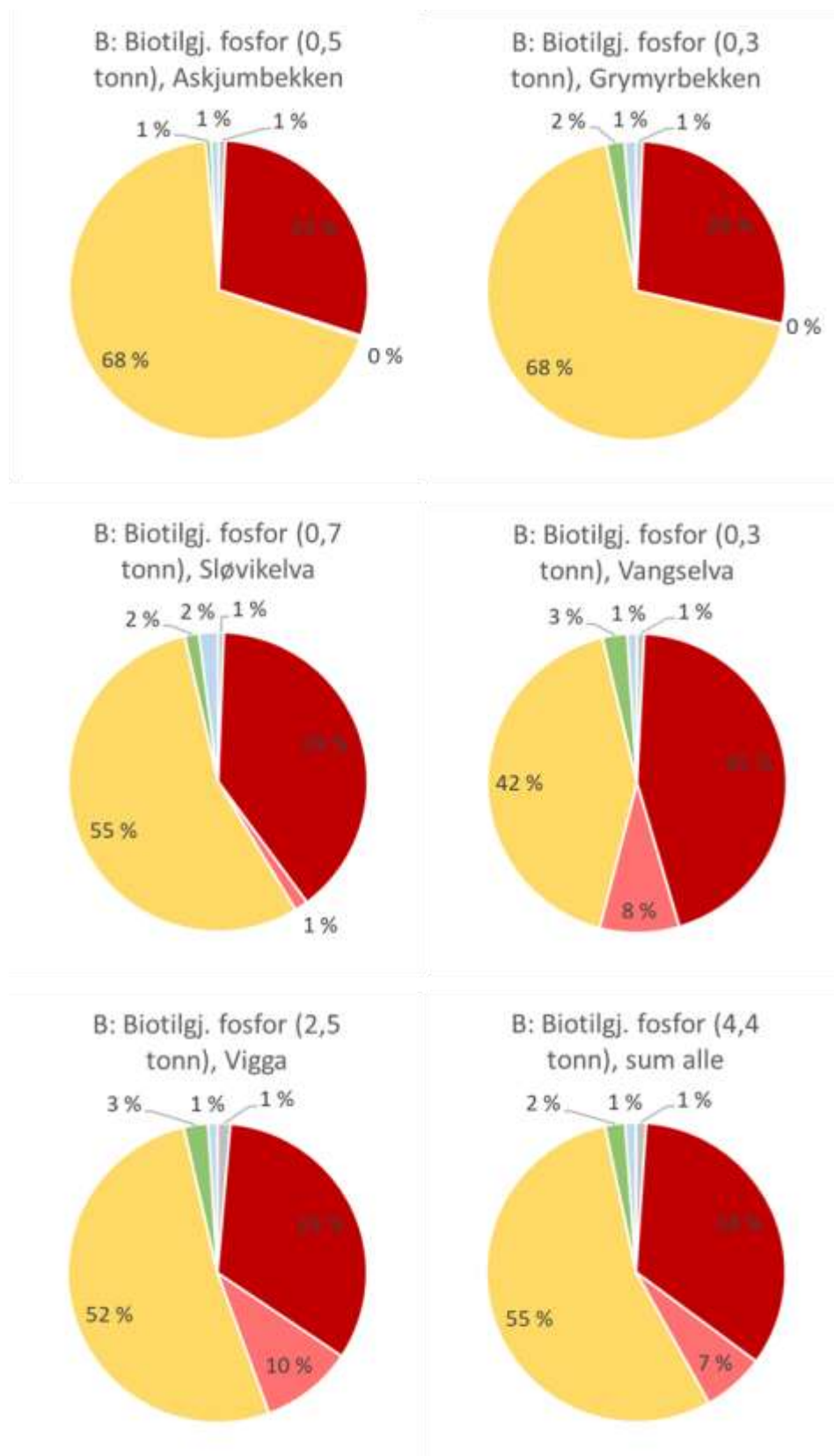
De viktigste kildene til totalfosfor i de fem nedbørfeltene er jordbruk og avløp (tabell 3.4, figur 3.2). De to kildene utgjør hhv. 43-75 % og 19-38 % av de totale tilførslene. Fosfortilførslene fra kildene skog og utmark, deponisjon på vannflater og samferdsel og bebyggelse utgjør til sammen mellom 5 og 18 % av de totale fosfortilførslene. Totalfosfor fra jordbruksarealene består av 40-56 % biotilgjengelig fosfor fra jord, planterester og gjødsel, mens resten er partikkelbundet fosfor som er lite biotilgjengelig. For avløp regnes 80 % av totalfosfor som biotilgjengelig. Biotilgjengelig fosfor fra jordbruk utgjør 42-68 % av totalt biotilgjengelig fosfor i nedbørfeltet (lavest i Vangselva og høyest i Askjumbekken og Grymyrbekken), mens andelen fra avløp er 28-53 % (lavest i Grymyrbekken og høyest i Vangselva). Biotilgjengelig fosfor kan tas effektivt opp av alger og planter og dermed bidra til eutrofiering. Det kan også transporteres lenger, siden det i motsetning til partikkelbundet fosfor, ikke sedimenteres så lett. Løst fosfat er mest biotilgjengelig, men også en del av det partikulære fosforet er biotilgjengelig. Biotilgjengeligheten avhenger bl.a. av en rekke kjemiske prosesser og typen sediment/partikler som fosforet er bundet til, som igjen avhenger av arealbruken i nedbørfeltet (Ellison & Brett 2006). Generelt er biotilgjengeligheten til partikkelbundet fosfor lavere i nedbørfelt dominert av skog og fjell enn i nedbørfelt dominert av landbruk eller urbane områder (Ekholm & Krogerus 2003; Ellison & Brett 2006), og vil derfor også variere mellom de fem elvene som her er omtalt. I nedbørfeltene er det i tillegg til de beregnede fosfortilførslene også utslipp av partikler og partikkelbundet fosfor fra andre aktiviteter i nedbørfeltene. Det omfatter utbygging av hytte- og industrifelt, hogst, veibyging og aktivitet fra bever i elver/bekker, men disse inngår ikke i kildefordelingen.

Tabell 3.4. Kildefordeling på tilførsler av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor (kg) i fem nedbørfelt på Hadeland.

Nedbørfelt	Jordbruk		Avløp		Skog og utmark		Deponisjon		Samferdsel og bebyggelse	
	TP	Bio. P	TP	Bio. P	TP	Bio. P	TP	Bio. P	TP	Bio. P
Askjumbekken	716	359	194	155	30	3	9	4	12	4
Grymyrbekken	375	209	108	86	60	6	8	4	6	2
Sløvikselva	821	366	338	270	104	10	27	14	12	4
Vangselva	258	145	229	183	92	9	7	4	8	3
Vigga	3330	1319	1363	1090	667	67	50	25	108	35
Totalt	5500	2398	2232	1785	952	95	101	51	146	48



Figur 3.2. Tilførsel av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B, neste side) fordelt på kilder.



■ Samferdsel og bebyggelse ■ Privat avløp ■ Kommunalt avløp ■ Jordbruk ■ Utmark ■ Vannflater

Figur 3.2 fortsetter.

3.3.1 Avløp

I tabell 3.5 er beregnede fosforutslipp fra privat og kommunalt avløp i de fem nedbørfeltene oppsummert. Totalt utslipp fra avløp er ca. 2,2 tonn til de fem vassdragene, og varierer fra ca. 0,1 tonn i Grymyrbekken til 1,4 tonn i Vigga.

Tabell 3.5. Antall husstunder med privat avløp, andel uten tilstrekkelig rensing (%), og tilførsler av totalfosfor fra spredt og kommunalt avløp (kg fosfor/år).

Nedbørfelt	Antall husstunder med privat avløp	Andel uten tilstrekkelig rensing (%)	P-utslipp fra privat avløp (kg P/år)	P-utslipp fra kommunalt avløp (kg P/år)	P-utslipp fra avløp totalt (kg P/år)
Askjumbekken	435	94	192	2	194
Grymyrbekken	225	92	107	0,5	108
Sløvikselva	438	92	326	12	338
Vangselva	150	89	192	37	229
Vigga	2012	93	1046	317	1363
Totalt	3260	93	1864	369	2233

I de fem nedbørfeltene er det til sammen drøyt 3200 husstunder med private avløpsløsninger (tabell 3.5). Dette gir et utslipp på om lag 1,9 tonn totalfosfor i de fem nedbørfeltene. Utslippene varierer fra ca. 0,1 tonn P/år i Grymyrbekken og 1,1 tonn P/år i Vigga. For hvert nedbørfelt har 89 til 94 % en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor.

I sum for de fem nedbørfeltene, er fosforutslipp fra kommunalt avløp beregnet til ca. 0,4 tonn P/år (tabell 3.5). For de enkelte nedbørfeltene varierer utslippene fra <1 kg P/år i Grymyrbekken til ca. 0,3 tonn P/år i Vigga. Utslippene fra private avløpsløsninger er altså betydelig høyere enn utslippene fra kommunalt avløp, og utgjør for de ulike nedbørfeltene mellom ca. 80 % og 100 % av de totale utslippene fra avløpssektoren.

3.3.2 Jordbruk

Kildefordelingen viser at fosfortilførsler fra jordbruksarealet utgjør totalt 5,5 tonn for de fem nedbørfeltene samlet (tabell 3.4). Det er beregnet totalt 8,9 tonn fosfor fra alle kilder samlet, og jordbruket er dermed den største kilden (62 %) til totalfosfor. Når det gjelder biotilgjengelig fosfor, bidrar jordbruksarealene også med mer enn avløp i fire av feltene.

Tabell 3.6. Beskrivelse av de fem utvalgte nedbørfeltene i gjennomsnitt for 2018-2020.

Nedbørfelt	Andel kornareal (% av jordbruksareal)	Overvintring i stubb (% av kornareal)	Grastiltak (kantsoner og vannveier) (m/daa kornareal)	Husdyrtall- og tetthet (GDE/daa totalt jordb.a.)	Jordas fosforstatus i gjns. for 2007-2016 (mg P-AL/100 g)
Askjumbekken	48	38	0,35	810 (0,06)	14
Grymyrbekken	19	33	~0	1040 (0,14)	13
Sløvikselva	42	43	0,15	875 (0,06)	12
Vangselva	8	57	~0	451 (0,09)	13
Vigga	42	44	0,07	3200 (0,06)	12

Kornarealet utgjorde mellom 8 (Vangselva) og 48 % (Askjumbekken) av jordbruksarealet hvorav mellom 33 (Grymyrbekken) og 57 % (Vangselva) overvintret i stubb i gjennomsnitt for årene 2018-2020 (tabell 3.6). Det var lite grasdekte kantsoner og vannveier på kornareal i nedbørfeltene. Det var grasdyrking på resten av jordbruksarealene, bortsett fra noen få prosent med potet og grønnsaker (vedlegg 1-5). Husdyrtettheten varierte fra 0,06 til 0,14 GDE/daa, flest husdyr i forhold til jordbruksarealet i nedbørfeltet til Grymyrbekken. Jordas fosforstatus er høy, gjennomsnittlig 14 mg P-AL/100g i nedbørfeltet til Askjumbekken og tilsvarende 12-13 i de andre fire nedbørfelt (tabell 3.6).

3.4 Aktuelle tiltak og effekter på fosfortilførsler til elva

En stor utfordring for vannkvaliteten i de fem vassdragene er utslipp fra privat avløp. Oppgradering av avløpsanleggene bør derfor prioriteres. Jordbruksarealene bidrar også vesentlig til fosforavrenningen. På kornarealene vil overvintring i stubb, og grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner være viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva. På grasarealer vil ugjødsle kantsoner kunne bidra til å redusere risiko for fosfortilførsler til elver og bekker. Disse tiltakene vil ha umiddelbar effekt på fosforavrenningen der de gjennomføres. På lang sikt vil fordeling av husdyrgjødsel på alt tilgjengelig spredeareal og bruk av fosforfri mineralgjødsel bidra til å redusere jordas fosforstatus og dermed redusere risiko for fosforavrenning.

3.4.1 Avløp

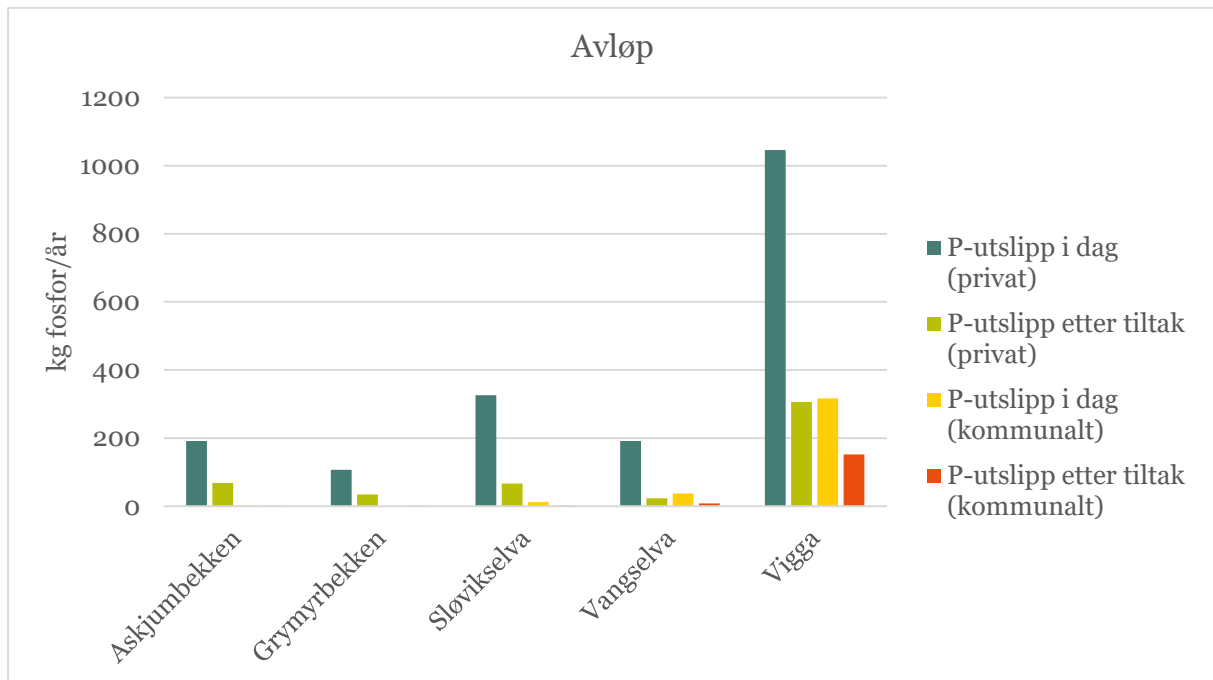
Private avløpsløsninger: Det er drøyt 3200 husstander med privat avløp i de seks nedbørfeltene og herav har ca. 93 % en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. Oppgradering til 90 % rensing vil totalt innebære at utslippene reduseres med ca. 1,4 tonn P/år, fra ca. 1,9 til ca. 0,5 tonn P/år (tabell 3.7).

Lekkasjer og utslipp fra kommunalt avløpsnett: Norsk Vann utarbeidet i 2017 en nasjonal bærekraftstrategi for vannbransjen. Her anbefales det en gjennomsnittlig fornyelsestakt for avløpsnettet på 1 % hvert år frem til 2040. I tillegg forutsettes det kontinuerlig utbedring av ledningsnettet basert på blant annet lekkasjelytting og innvendig rørinspeksjon med kamera.

Dersom en klarer å redusere lekkasjene i spillvannnettet til 1 % vil fosfor-utslippet bli redusert med ca. 0,2 tonn P/år, fra ca. 0,4 til 0,2 tonn P/år (tabell 3.7, figur 3.3).

Tabell 3.7. Dagens utslipp (kg fosfor/år) fra privat og kommunalt avløp, utslipp etter tiltak, og reduksjon i utslipp etter tiltak.

Nedbørfelt	Privat avløp			Kommunalt avløp			Total
	P-utslipp i dag (kg P/år)	P-utslipp etter tiltak (kg P/år)	Reduksjon i P-utslipp (kg P/år)	P-utslipp i dag (kg P/år)	P-utslipp etter tiltak (kg P/år)	Reduksjon i P-utslipp (kg P/år)	Samlet reduksjon i P-utslipp (kg P/år)
Askjumbekken	192	68	124	2	0,7	1,3	125
Grymyrbekken	107	35	73	0,5	0,2	0,3	73
Sløvikselva	326	67	259	12	2	10	269
Vangselva	192	23	169	37	8	29	198
Vigga	1046	306	740	317	152	165	905
Sum	1863	499	1365	369	163	206	1571



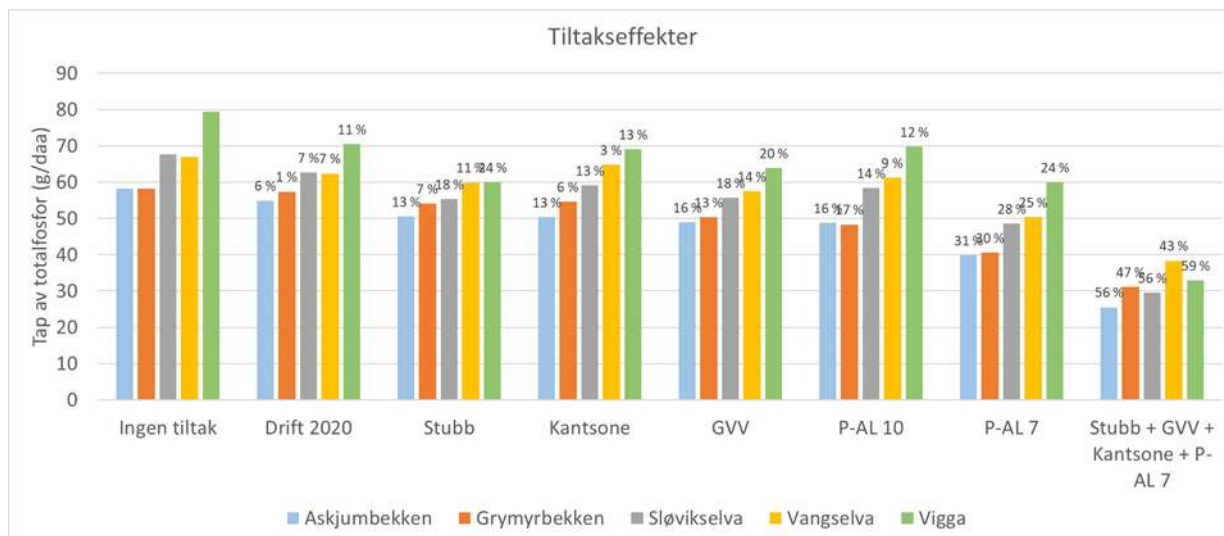
Figur 3.3. Dagens utslipp (kg fosfor/år) fra privat og kommunalt avløp og utslipp etter tiltak.

3.4.2 Jordbruk

Tiltakseffekten for jordbruksarealer viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg, samt for en tiltakspakke med flere tiltak der samspillseffekter inngår (tabell 3.8, figur 3.4). Tallene i tabellen er angitt som % reduksjon i fosfortap relativt til totalt fosfortap fra alle kilder samlet. Ytterligere informasjon om mulige tiltak og tiltakseffekter finnes på Veileder for miljø- og klimatiltak i landbruket (nibio.no/tiltak). Jordbrukstiltakene vil i tillegg til reduserte fosfortilførsler også gi reduserte tilførsler av partikler fra jordbruksarealer, noe som blant annet vil føre til bedre tilstand for bunndyr.

Overvintring i stubb. Overvintring i stubb (ingen jordarbeiding om høsten) på kornarealer, eller gras på arealer utsatt for erosjon, er viktige tiltak. Det bidrar til å redusere erosjon både på flater og i forsengkninger. Med utgangspunkt i høstpløying på alt kornareal, vil stubb på alt kornareal (100 %) gi en reduksjon i fosfortap på totalt ca. 1,2 tonn fosfor (20 % i forhold til totalt fosfortap fra jordbruksareal, 13 % i forhold til totalt fosfortap fra alle kilder samlet) i sum for de fem nedbørfeltene. Overvintring i stubb gir også redusert tap av nitrogen fra kornarealene.

Grasdekte vannveier og kantsoner. Grasdekte vannveier er et målrettet tiltak for å redusere erosjon i vannførende dråg og forsengkninger, og grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på totalt 1,1 tonn fosfor (18 % i forhold til totalt fosfortap fra jordbruksareal, 12 % i forhold til totalt fosfortap fra alle kilder samlet) i sum for de fem nedbørfeltene, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon på totalt 0,7 tonn fosfor (12 % i forhold til totalt fosfortap fra jordbruksareal, 8 % i forhold til totalt fosfortap fra alle kilder samlet) hvis de anlegges langs alle bekker, elver og vann.



Figur 3.4. Tap av totalfosfor per arealenhet fra jordbruksareal, for en situasjon uten tiltak (alt kornareal høstpløyd, ingen grasdekte kantsoner, ingen grasdekte vannveier, drift ellers som i 2020), for drift som registrert i 2020 (inkl. stubbareal, grasdekte kantsoner og grasdekte vannveier) og for ulike tiltak (GVV = grasdekt vannvei) lagt til situasjonen med ingen tiltak. Reduksjon i totalfosfortap i %, sammenliknet med situasjon med ingen tiltak, over hver stolpe.

Fangdammer. Etablering av fangdammer, der forholdene ligger til rette for det, vil kunne holde tilbake jord og næringsstoffer og redusere den negative effekten av fosfor nedstrøms fangdammen. Norske studier viser at renseeffekten av fangdammer er målt til 20-45 % for fosfor med størst effekt på partikkelbundet fosfor (Braskerud og Hauge, 2008).

Redusert gjødsling. Når husdyrtallene øker, blir det mer tilgjengelig husdyrgjødsel. Bruk av mineralgjødsel kommer ofte i tillegg til husdyrgjødsel. Innholdet av fosfor i mineralgjødsel må tilpasses til mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres. Fosforfri mineralgjødsel bør brukes for å unngå at jordas fosforstatus blir for høy, noe som er særlig viktig på arealer med torvjord. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i de fem nedbørfeltene til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til totalt 1,5 tonn (26 % i forhold til totalt fosfortap fra jordbruksareal, 17 % i forhold til totalt fosfortap fra alle kilder samlet) fosfortapsreduksjon for de fem delnedbørfeltene. En reduksjon av P-AL til 10 eller lavere gir 0,7 tonn (13 % i forhold til totalt fosfortap fra jordbruksareal) fosfortapsreduksjon. Reduksjonen i jordas fosforstatus tar tid og vil først få effekt etter noen år. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

Tabell 3.8. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter i % reduksjon i tap av totalfosfor (TP) og biotilgjengelig fosfor (Bio-P).

Tiltak	Askjum-bekken		Grymyr-bekken		Sløvikselva		Vangselva		Vigga		Totalt	
	TP	Bio-P	TP	Bio-P	TP	Bio-P	TP	Bio-P	TP	Bio-P	TP	Bio-P
Opprydding i spredt avløp	13	19	13	19	20	31	28	39	13	23	15	25
Kommunalt avløp – drift/overløp	0	0	0	0	1	1	5	7	3	5	2	4
Jordbruk												
Overvintring i stubb	10	4	5	2	12	5	5	2	16	7	13	6
Grasdekte vannveier	12	5	9	3	12	5	6	2	13	6	12	5
Grasdekte kantsoner	10	4	4	1	8	3	1	0	9	4	8	3

Fangdammer	Ikke estimert											
Reduksjon i jordas fosforstatus (P-AL 10)	12	16	11	15	9	11	4	5	8	11	9	11
Reduksjon i jordas fosforstatus (P-AL 7)	24	30	20	25	18	22	11	13	16	21	17	22
Kombinasjon av arealavrenningstiltak (inkl. P-AL 10)	31	24	22	20	28	20	12	8	31	23	29	21
Kombinasjon av arealavrenningstiltak (inkl. P-AL 7)	43	40	30	31	37	33	19	17	39	34	37	33
Miljøvennlig soresdning av husdyrgjødsel	Ikke estimert											
Reduksjon i punktkilder	Ikke estimert											
Sum** (inkl. P-AL 10)	44	43	35	39	48	53	46	54	48	51	46	50
Sum*** (inkl. P-AL 7)	56	59	43	50	57	65	52	63	55	62	55	62

*Tiltakseffekter for jordbruksarealer er beregnet med Agricat2-modellen, og sammenlikningsgrunnlag er vekstfordeling som i 2020, med alt kornareal høstpløyd.

/ Sum av avløpstiltak og kombinasjonstiltaket mot arealavrenning.

Tiltak i potet og grønnsaker. På arealer der det dyrkes poteter og rotgrønnsaker bør det etableres jorddekke for å hindre erosjon og fosforavrenning, f.eks. fangvekster sådd etter høsting og brede kantsoner langs bekker og elver. Gras i vannførende dråg, og fangdammer eller sedimentasjonsdammer i jordbruksbekker, bør også vurderes. På lang sikt vil reduksjon i fosforgjødsling ha betydning både for fosforstatus i jorda og for risikoen for avrenning av partikkelbundet fosfor og løst fosfat.

Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Spredning av husdyrgjødsel om våren eller i vekstsesongen fører til bedre utnyttelse av næringsstoffene og mindre risiko for avrenning av fosfor og nitrogen. Hele spredearealet bør benyttes, særlig arealene med de laveste fosfortallene. Husdyrtettheten i alle nedbørfeltene tilsier at det er tilstrekkelig spredeareal i området. Hvis husdyrgjødsel spres på tilgjengelig spredeareal med god avstand til åpent vann vil det redusere risikoen for utslipp til elva. For husdyr på beite bør det også være god avstand fra fôringsplass til åpent vann.

3.4.3 Punktkilder

Dersom lagring og håndtering av gjødsel, silo og vaskevann gjennomføres i henhold til gjeldende forskrifter, skal det ikke forekomme lekkasjer som fører til forurensning av vassdragene.

3.5 Andre effekter av tiltak

Tiltak innenfor avløp og avrenning fra husdyrgjødsel vil, i tillegg til effekten på eutrofiering i innsjøene, også gi redusert organisk belastning, og dermed bedre oksygenforhold for bunndyr og fisk i elvene. Det vil også redusere bakterieforurensningen. Redusert erosjon og avrenning av partikler vil også kunne bedre leveforholdene for bunndyr og fisk, som f.eks. er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

4 Konklusjon

De fleste av kalksjøene med overvåkingsdata fra perioden 2016-2021 viser tegn på eutrofiering som følge av forhøyede fosfortilførsler. Blant de 33 innsjøene med data på totalfosfor er det kun seks som oppnår god eller svært god økologisk tilstand for denne parameteren. Flertallet er i moderat tilstand, mens 9 er dårlig eller svært dårlig tilstand for totalfosfor

Målinger fra perioden 2019 – 2021 viser moderat økologisk tilstand for eutrofiering ved stasjonene nederst i Askjumbekken, Vigga, Vangselva og Grymyrbekken. I Askjumbekken er det god overenstemmelse mellom tilstanden for begroingsalger og totalfosforkonsentrasjon (moderat for begge parametere). Ved stasjonen nederst i Sløvikselva er økologisk tilstand god både med hensyn til begroingsalger og totalfosfor, noe som indikerer en lavere fosforbelastning her.

Tilførsler av totalfosfor til de fem elvene er dominert av arealavrenning fra jordbruksarealer og utslipp fra avløp. Arealavrenning fra jordbruk er den største kilden for tilførsler av biotilgjengelig fosfor i fire av de fem elvene. I disse fire elvene er avløp den nest største kilden til biotilgjengelig fosfor. I det femte nedbørfeltet (Vangselva) er avløp den største kilden.

Tiltakene omfatter oppgradering av private avløpsløsninger, reduksjon i eventuelle lekkasjer og overløp fra det kommunale ledningsnett. Jordbrukstiltak som har umiddelbar effekt omfatter overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner på kornarealene. Ugjødsle kantsoner i eng vil sammen med bruk av fosforfri mineralgjødsel og utnyttelse av alt spredeareal bidra til å redusere fosfortilførslene til vassdragene på Hadeland. Fosforgjødslingstiltakene vil først ha full effekt på lang sikt.

Med klimaendringer som fører til økt avrenning er det en risiko for at fosfortilførslene kan øke og overskride grensen for den belastningen vassdragene tåler. Dersom det ikke settes inn tiltak kan tilstanden i innsjøene forverres.

Litteraturreferanser

- Bechmann, M., Kværnø, S., Turtumøygard, S., Haande, S., Poverud, L.M. 2016. Evaluering og revidering av tiltaksanalyse for Tunevann. NIBIO Rapport 2(115).
- Braskerud, B., Hauge, A. 2008. Fangdammer for partikkel- og fosforrensing. Bioforsk fokus 3(12).
- Direktoratsgruppen vanndirektivet. 2018. Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Ellison, M. E., & Brett, M. T. 2006. Particulate phosphorus bioavailability as a function of stream flow and land cover. *Water Research*, 40(6), 1258–1268.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.01.016>
- Ekholm, P., & Krogerus, K. 2003. Determining algal-available phosphorus of differing origin: Routine phosphorus analyses versus algal assays. *Hydrobiologia*, 492, 29–42.
<https://doi.org/10.1023/A:1024857626784>
- Kværnø, S.H., Turtumøygard, S., Grønsten, H.A. og Bechmann, M. 2014a. Modellverktøy for beregning av jord- og fosfortap fra jordbruksdominerte områder. Dokumentasjon av modellen Agricat 2. Bioforsk rapport nr. 9(108).
- Kværnø, S.H., Borch, H., Greipsland, I., Buseth-Blankenberg, A.-G., Eggestad, H.O., Bechmann, M. 2014b. Beregning av landbruksavrenning i et utvalg av vannområder i vannregion Glomma. Bioforsk rapport 9(37).
- Langangen A. 2008. Innsjøene på Hadeland. En vurdering av deres nåværende tilstand med spesiell vekt på forekomsten av kransalger. Del 1. Innledning og innsjøene i Gran kommune. *Blyttia* 66: 104-120.
- Langangen, A. 2010. Innsjøene på Hadeland. En vurdering av deres nåværende tilstand med spesiell vekt på forekomsten av kransalger. Del 2. Lunner og Jevnaker kommuner. *Blyttia* 68: 17 - 46.
- Lyche Solheim, A; Haande, S; Dillinger, B; Persson, J; Skjelbred, B; Mjelde, M. 2022. Eutrofiering av norske innsjøer. Tilstand og trender. NIVA rapport 7744-2022. 182 s.
- Mjelde, M; Jenssen, M. T. S. 2020. Undersøkelse av vannplanter i innsjøer i Gran og Lunner kommuner 2019. NIVA-rapport 7475. 28 s.
- Mjelde, M. 2016 a. Oppsummering av kunnskap om kalksjølokaliteter som er «utvalgt naturtype». NIVA-rapport 6998-2016. 224 s.
- Mjelde, M. 2016 b. Undersøkelse av kalksjøer: Tilstandsundersøkelser i kalksjøer og Undersøkelse, problemkartlegging og tiltaksutredning i Nyborgtjern. NIVA-rapport 7101-2016. 77 s.
- Mjelde, M. 2014. Handlingsplan for kalksjøer Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer - videreføring. NIVA-rapport 6685-2015. 73 s.
- Sandin, Leonard; Thrane, Jan-Erik; Persson, Jonas; Kile, Maia Røst; Bækkelie, Knut Andreas Eikland; Myrvold, Knut Marius; Garmo, Øyvind Aaberg; Grung, Merete; Guerrero, Jose-Luis; de Wit, Heleen; Moe, Therese Fosholt. 2021. Overvåking av referanseelver - Utprøving av klassifiseringssystemet for basisovervåking i referansevassdrag , Norsk institutt for vannforskning. ISBN 978-82-577-7376-2. No 7640 (208 sider).
- Stabell, T. 2019. Faun rapport R017-2019. Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018. 32 s.
- Turtumøygard, S., Hensel, G.R. 2021. WebGIS avløp, fagsystem for avløp fra private rensesanlegg. NIBIO POP 7(31).

Øgaard, A.F., Skarbøvik, E., Bechmann, M., Krogstad, T. 2012. Biotilgjengelighet av fosfor fra

Vedlegg

1. Faktaark: Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Askjumelva og innsjøene i nedbørfeltet.
2. Faktaark: Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Grymyrbekken og innsjøene i nedbørfeltet.
3. Faktaark: Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Sløvikselva og innsjøene i nedbørfeltet.
4. Faktaark: Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Vangselva og innsjøene i nedbørfeltet.
5. Faktaark: Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Viggja og innsjøene i nedbørfeltet.



Foto: Håvard Lucassen

Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i

Askjumbekken og innsjøer i nedbørfeltet

Askjumbekken drenerer et nedbørfeltareal på 21,2 km² i Gran kommune nord på Hadeland. Nedbørfeltet til Askjumbekken inneholder i overkant av 15 kalkrike innsjøer og tjern, hvorav flere har eller har hatt bestander av kransalger. Alle seks innsjøene der det foreligger overvåkingsdata viser tydelige tegn på eutrofiering som følge av forhøyede fosfortilførsler. Overvåking av økologisk tilstand nederst i Askjumbekken i perioden 2019–2021 viser samlet sett moderat tilstand med hensyn til eutrofiering og konsentrasjonen av totalfosfor ligger nær grensen mellom moderat og god tilstand. Konsentrasjonene av nitrogen i Askjumbekken og i alle de overvåkede innsjøene i nedbørfeltet er svært høye. Nitrogen er ikke begrensende for algevekst her, men indikerer en

betydelig avrenning fra jordbruk. Fulldyrka jordbruksareal utgjør 59 % av nedbørfeltarealet og arealavrenning fra jordbruket er den største (75 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Askjumbekken. Avløp bidrar med 20 % av fosfortilførselene. Det er estimert at oppgradering av private avløpsløsninger sammen med de beregnede effektene av jordbrukstiltak (reduksjon i jordas fosforstatus, grasdekte vannveier i forsengkninger, kantsoner langs vassdrag, og overvintring i stubb) kan redusere fosfortilførselene med 56 %. I tillegg kan andre tiltak, som det ikke er beregnet effekt av, bidra til å redusere fosfortilførselene til vassdraget og oppnå god vannkvalitet i innsjøene i nedbørfeltet og i Askjumbekken.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I INNSJØER I NEDBØRFELTET

Nedbørfeltet til Askjumbekken inneholder i overkant av 15 innsjøer og tjern. Alle er kalkrike (≥ 20 mg kalsium pr. liter) og har eller har trolig hatt bestander av kransalger. Slike kalksjøer er definert som utvalgt naturtype i henhold til naturmangfoldloven. Blant de seks innsjøene med gode overvåkingsdata fra perioden 2016–2021, viser alle tydelige tegn på eutrofiering (tabell 1). Alle havner i moderat eller dårlig tilstand basert på forekomst av planteplankton, og konsentrasjonen av totalfosfor viser dårlig tilstand i fire og svært dårlig tilstand i én av disse. I Oksetjern er fosforkonsentrasjonene lavere og den er i god tilstand. Konsentrasjonene av totalnitrogen viser svært dårlig tilstand i Grunningen, Elgtjernet, Breidtjernet og Langtjernet. I Oksetjern og Storetjernet er nitrogenkonsentrasjonene betydelig lavere, men fortsatt i hhv. moderat og dårlig tilstand. Nitrogen er ikke begrensende for vekst av planteplankton i kalksjøene, men for mye nitrogen er trolig ugunstig for kransalger (Mjelde 2014; Stabell 2019). Høye nitrogenkonsentrasjoner er vanligvis en tydelig indikasjon på avrenning fra jordbruk. Til tross for høye næringsstoffkonsentrasjoner er det ikke registrert store oppblomstringer av cyanobakterier i overvåkingen i perioden 2016–2021. Alle innsjøene havner i god eller svært god tilstand med hensyn til maksimal biomasse av cyanobakterier (Cyanomax).

Undersøkelser av vannplanter (inkludert kransalger) viser at ingen av innsjøene når målet om god økologisk tilstand, og i seks av åtte innsjøer er vannplante-

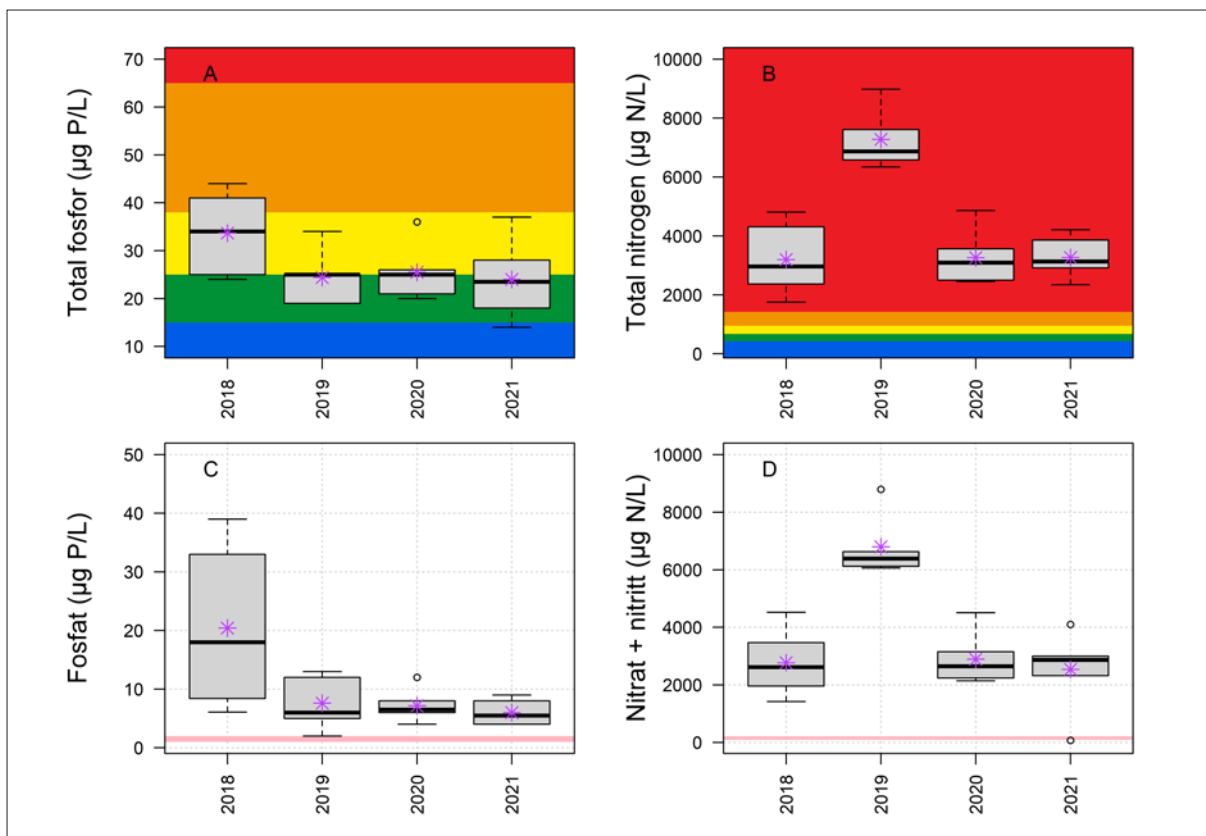


Figur 1. Nedbørfeltet til Askjumbekken (Kilde: Norges Vassdrags- og energidirektorat).

samfunnet i dårlig tilstand. For en del av innsjøene foreligger det ikke nyere vannplanteundersøkelser og resultatene er basert på undersøkelser fra 2007–2015.

Tabell 1. Økologisk tilstand for innsjøer med relevante overvåkingsdata i nedbørfeltet til Askjumbekken. Data er hentet fra vannmiljø (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) og det er beregnet gjennomsnittsverdier for perioden 2016 – 2021. For vannplanter (inkl. kransalger) er det supplert med data fra NIVAs database. Økologisk tilstand for klorofyll (*Klf a*), totalfosfor (Tot-P), totalnitrogen (Tot-N), maksimal biomasse av cyanobakterier (Cyanomax) og planteplankton (nEQR) er markert med farge, der blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Ca (mg/L) angir konsentrasjonen av kalsium. For noen av innsjøene mangler nyere undersøkelser av vannplanter, og økologisk tilstand for vannplanter er basert på eldre data (2007 – 2015) fra NIVAs database. Dette gjelder innsjøene der tilstanden for vannplanter er angitt med bokstav. I lokaliteter markert med fet skrift var en eller flere arter kransalger til stede ved siste undersøkelse. Tomme ruter betyr manglende data.

Lokalitet	Vannforekomst ID	Nasjonal vanntype	Ca (mg/L)	År med klf-data	Klf a (µg/L)	Tot-P (µg/L)	Tot-N (µg/L)	Cyanomax (mg/L)	Planteplankton nEQR	Vannplanter nEQR
Stortjernet	012-4762-L	L207	78	3	11,2	27,1	1014	0,72	0,38	0,56
Askjuntjernet	012-734-R	L109	90							D
Bildenstutjernet			60							D
Grunningen	012-4771-L	L207	62	3	6,4	20,1	2380	0,11	0,52	D
Elgtjernet	012-4772-L	L207	72	3	6,9	31,2	2655	0,07	0,46	D
Oksetjernet	012-196332-L	L208	68	3	16,9	13,5	955	0,01	0,49	D
Breidtjernet	012-4781-L	L207	74	3	13,5	48,9	2810	0,21	0,39	D
Langtjernet	012-4788-L	L207	78	3	10,5	38,1	3213	0,05	0,38	M



Figur 2. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/l}$) av totalfosfor (A), totalnitrogen (B), fosfat (C) og nitrat (D) for årene 2018 – 2021 ved stasjon ASK1 nederst i Askjumbekken. Prøvene er tatt i perioden fra mai – oktober. Antall observasjoner pr. år er 2018 = 6, 2019 = 5, 2020 = 6 og 2021 = 6. Medianverdi er representert med svart, horisontal linje, mens årsgjennomsnitt er vist med lilla stjerne. Nedre og øvre del av boksen viser hhv. første og tredje kvartil hvert år. Bakgrunnsfargene i A) og B) representerer økologisk tilstandsklasse iht. klassegrensene for vanntype R109, der blå = svært god; grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig. For nitrat og fosfat finnes det ikke klassegrenser, men de rosa horisontale linjene i C) og D) viser forventet referansenivå av hhv. fosfat og nitrat basert på data fra tre kalkrike referansevasdrag i lavlandet på Østlandet.

NÆRINGSSTOFFKONSENTRASJONER OG ØKOLOGISK TILSTAND I ASKJUMBEBEKKEN

Ved prøvetakingsstasjonen nederst i Askjumbekken viser overvåkingsdata fra siste treårsperiode (2019–2021) at konsentrasjonen av totalfosfor har ligget på grensen mellom moderat og god tilstand (fig. 2A; tabell 2). I 2018 var konsentrasjonen betydelig høyere og i moderat tilstand. Når det gjelder løst fosfat (fig. 2C) er konsentrasjonene i Askjumbekken noe forhøyede sammenliknet med upåvirkede vassdrag av samme type (rosa linje i fig. 2C). I 2018 var konsentrasjonene av fosfat betydelig forhøyede. Undersøkelser av begroingsalger på stasjonen nederst i Askjum-

bekken viser moderat tilstand, noe som sammenfaller godt med hva fosforkonsentrasjonene viser (tabell 2). Biologiske indikatorer som begroingsalger anses som en mer robust indikator enn fosforkonsentrasjon, siden vannprøvene (ofte 5–6 stk. pr. år) er stikkprøver, mens begroingsalgene integrerer fosforbelastningen over tid.

Nivåene av totalnitrogen i Askjumbekken er ekstremt høye og i svært dårlig tilstand alle fire år (figur 2B). Det samme gjelder nitrat, som utgjør hoveddelen av totalnitrogenet (figur 2D). Det finnes ikke grenseverdier for nitrat, men konsentrasjonene er i størrelses-

Tabell 2. Gjennomsnittsverdier og økologisk tilstand for totalfosfor ($\mu\text{g tot-P/l}$), totalnitrogen ($\mu\text{g tot-N/l}$) og PIT-indeksen for påvekstlger fra stasjon ASK1 nederst i Askjumbekken. Verdiene er beregnet som gjennomsnitt for siste treårsperiode (2019 – 2021). Middelkonsentrasjoner er også oppgitt for fosfat ($\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$) og nitrat ($\mu\text{g NO}_3\text{-N/l}$), men her er det kun gjort en kvalitativ vurdering av konsentrasjonene siden det ikke finnes grenseverdier. Fargen indikerer økologisk tilstand, der gul = moderat og rød = svært dårlig tilstand. Tot-N benyttes ikke i samlet tilstandsvurdering fordi fosfor er det begrensende næringsstoffet for algevekst.

Lokalitet	VannmiljøID	Vannforekomst	Vanntype	Tot-P	Tot-N	Fosfat	Nitrat	PIT	Samlet tilstand
Askjumbekken (ASK1)	012-42316	012-734-R	R109	25	4600	7 (noe forhøyet)	4075 (svært forhøyet)	27	M

orden 20 ganger høyere enn det som er forventet i upåvirkede vassdrag av samme type (rosa linje i fig. 2D). Særlig 2019 skiller seg ut med høye nitrogenkonsentrasjoner. De høye nitrogenkonsentrasjonene er et tydelig tegn på avrenning fra jordbruk, men er ikke årsak til eutrofiering. Det er fosfor som er det begrensende næringsstoffet for algevekst i systemet. Fosforkonsentrasjonene nederst i Askjumbekken påvirkes av tilbakeholdelse i nedbørfeltet. Tilbakeholdelse av fosfor i kalksjøene i vassdraget er trolig ganske høy som følge av utfelling sammen med kalsiumkarbonat ved høy pH og sedimentasjon av partikkelbundet fosfor. I tillegg kommer opptak i kransalger og annen vannvegetasjon. Nitrogen holdes i mindre grad tilbake i innsjøene sammenliknet med fosfor.

Askjumbekkens nedbørfelt er 21,2 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør ca. 59 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 7 %, skog og utmark 24 %, vannflater 3 % og samferdsel og bebyggelse 7 %. Det er ca. 435 husstander med privat avløpsløsning i nedbørfeltet til Askjumbekken, mens 41 husstander er tilknyttet offentlig avløpsnett.

KILDER TIL FOSFOR

I løpet av et gjennomsnittsårl tilføres det om lag ett tonn totalfosfor til Askjumbekken. Arealavrenning fra jordbruket er den største (75 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Askjumbekken (figur 3A). Samlet tilførsel fra privat og kommunalt avløp utgjør 20 % av de totale fosfortilførselene. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er på totalt 0,5 tonn/år. Jordbruk bidrar med 68 % av dette, og avløp med ca. 30 % (figur 3B).

Skog og utmark utgjør 24 % i nedbørfeltet og det er lite fosforavrenning per arealenhet, disse arealene bidrar derfor med lite totalfosfor (figur 3A). Fosfor i avrenning fra skog og utmark har dessuten lav biotilgjengelighet, og disse arealene bidrar derfor i følge beregningene med ubetydelige mengder biotilgjengelig fosfor (figur 3B). Tilførselene av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor fra samferdsel og bebyggelse, og deponisjon av fosfor på vannflater er små (figur 3A og 3B).

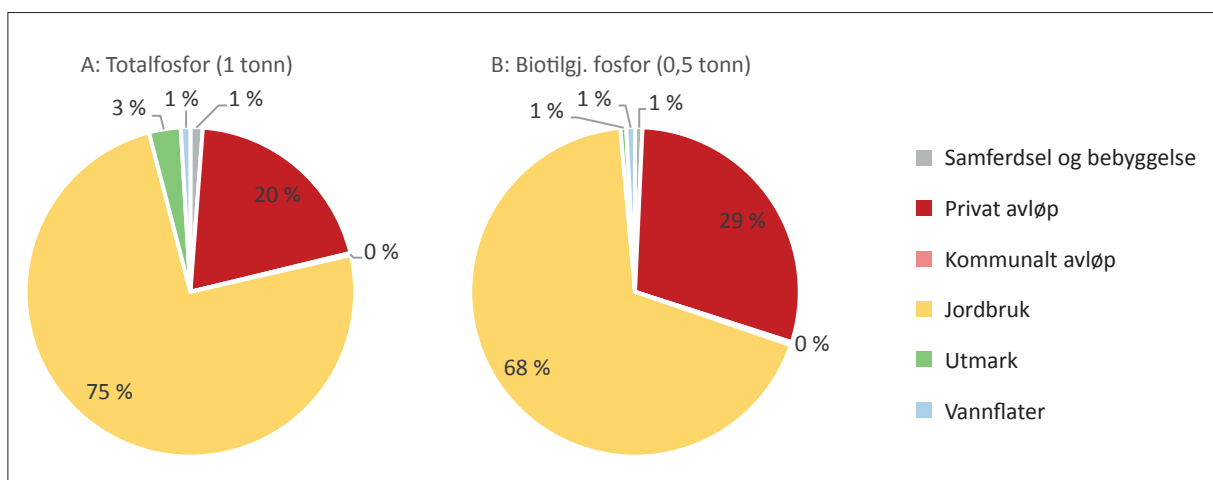
Totalfosfor kan deles i partikkelbundet fosfor og løst fosfat. Fosforet som kan utnyttes av alger (biotilgjengelig fosfor) inkluderer løst fosfat og en del av det partikkelbundne fosforet.

PRIVAT OG KOMMUNALT AVLØP

Det er ca. 435 husstander med private avløpsløsninger i nedbørfeltet, hvorav ca. 410 (94 %) ifølge beregningene ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. Lekkasje fra det kommunale ledningsnettet utgjør kun ca. 1 % av de totale fosfortilførselene fra avløpssektoren. Det er ikke kjennskap til overløp i ledningsnettet.

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Askjumbekken endret seg. Det har blitt mer eng, mindre korn og mindre potet og grønnsaker på jordbruksarealene, noe som kan bidra til redusert erosjon og tap av partikkelbundet fosfor. Samtidig har det vært en periode (2012–2018) med flere husdyr og en økning av jordas fosforstatus, noe som kan bidra til økte fosfortilførsler til bekken over tid.



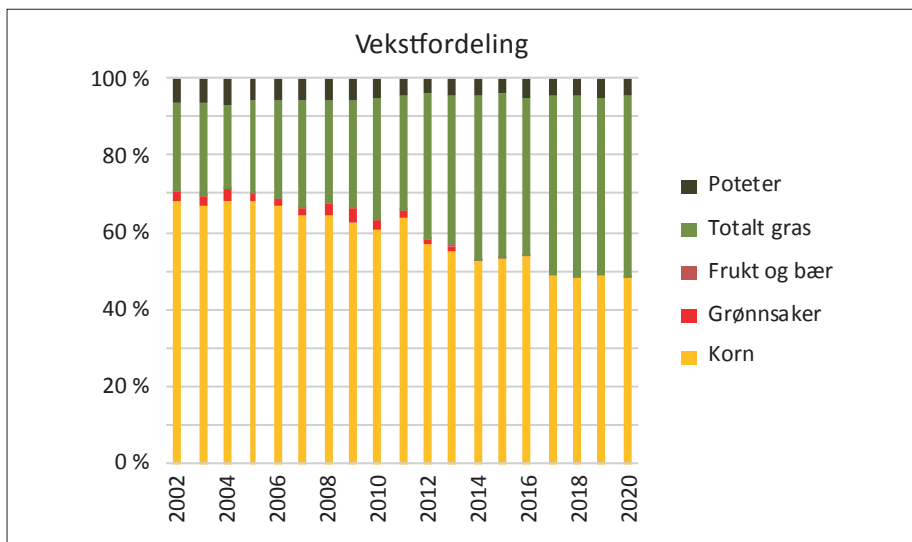
Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (%) i nedbørfeltet til Askjumbekken. Tilførselsberegninger basert på Kværnø m.fl. 2014 (jordbruk), Turtumøygard og Hensel 2021 (avløp) og Bechmann m.fl. 2016 (øvrige kilder).

Vekstfordeling

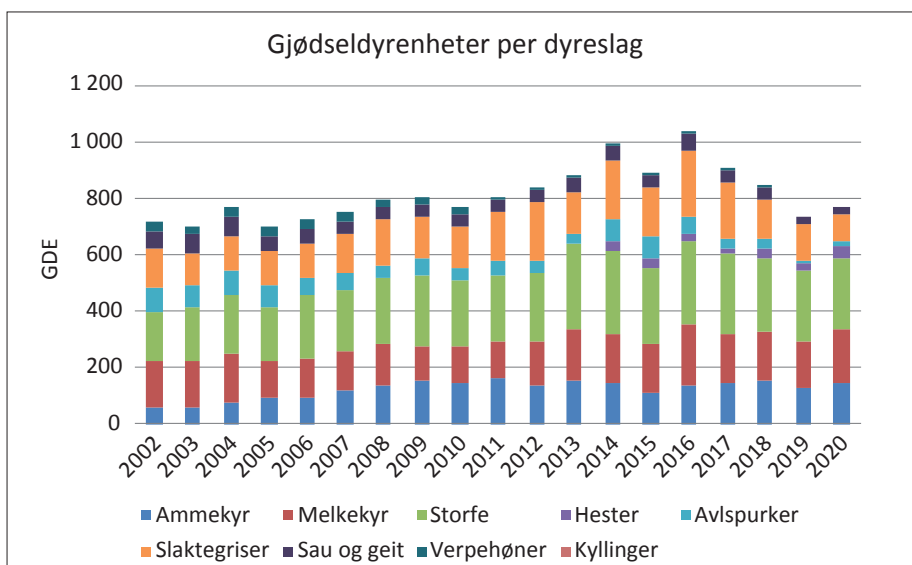
I nedbørfeltet til Askjumbekken ble det i 2020 dyrket hhv. gras og korn på i underkant av 50 % av jordbruksarealet. Fra 2002 til 2020 var det en økning i grasareal og en reduksjon i areal med korn (figur 4), noe som kan bidra til å redusere erosjon og fosforavrenning. Det var poteter på ca. 4 % av arealet i 2020, mens det i 2002 var 7 % (figur 4). Grønnsaksdyrking har ifølge registreringene forsvunnet fra jordbruksarealene i nedbørfeltet i løpet av de knapt 20 årene. Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året noe som medfører risiko for erosjon og fosforavrenning. Nedgang i areal med grønnsaker og potet bidrar til redusert risiko for erosjon og fosfortap fra jordbruksarealene.

Husdyrtetthet

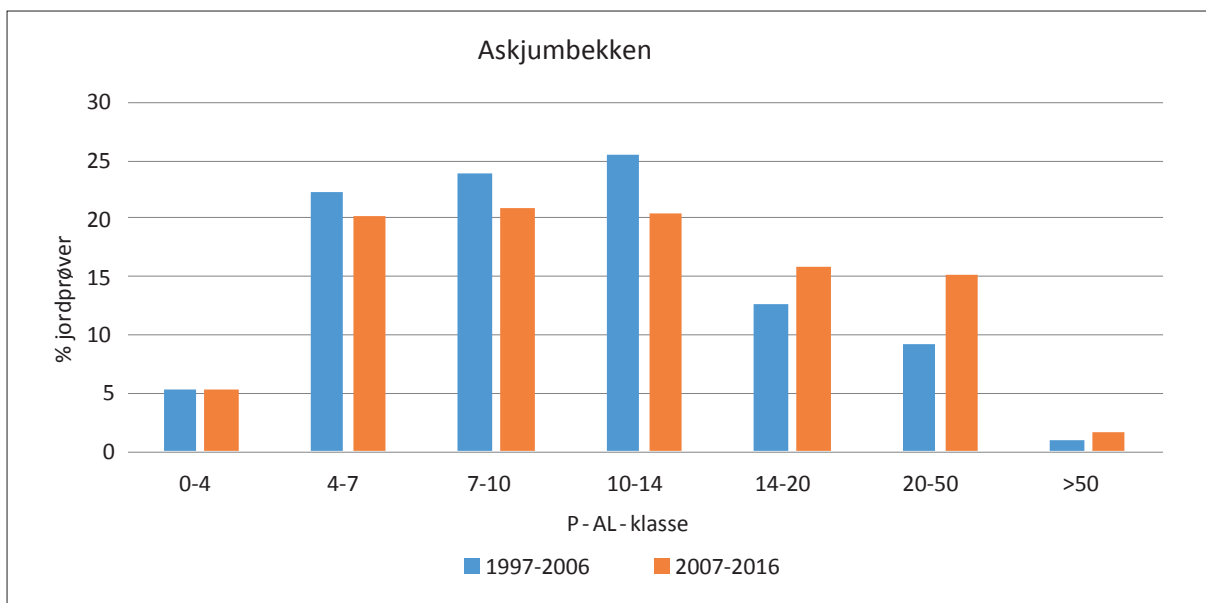
Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av fosfor rett etter spredning og som følge av høy fosforstatus i jorda. Dessuten kan det være lekkasje av næringsstoffer fra gjødsellager. I perioden fra 2002 til 2016 har husdyrtallet økt fra ca. 700 til ca. 1000 gjødseldyrenheter (GDE), etterfulgt av en reduksjon til under 800 GDE i 2020 (figur 5). I 2020 ble det dermed produsert totalt totalt ca. 11 tonn fosfor i husdyrgjødsel i nedbørfeltet, basert på husdyr registrert som hører hjemme på eiendommer i nedbørfeltet. Denne mengden husdyrgjødsel svarer årlig til 0,8 kg fosfor/dekar jordbruksareal. Det er ikke kjent hvor mye av husdyrgjødsel som faktisk spres innenfor nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av maksimalt 3,5 kg fosfor/dekar.



Figur 4. Vekstfordeling på jordbruksareal i nedbørfeltet til Askjumbekken 2002–2020 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 5. Trend i antall gjødseldyrenheter (GDE, en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 2002–2020 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Askjumbekken fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 6. Andel av jordprøver med ulik fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997–2006 og 2007–2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Askjumbekken (Jord databanken, NIBIO).

Det er ikke tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel.

Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus (P-AL) har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer fosfor ved høy fosforstatus og dels fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når fosforstatus øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker dessuten med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn- og grasdyrking er 5–7 mg P-AL/100g. Fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet til Askjumbekken har i gjennomsnitt økt fra 12 mg P-AL/100 g til 14 mg P-AL/100 g fra perioden 1997–2006 til perioden 2007–2016 (figur 6). Fosfortallet øker når det tilføres mer fosfor med gjødsel, både husdyrgjødsel og mineralgjødsel, sammenlignet med det som tas ut i avling. Mellom de to periodene var det dessuten en økning i antall jordprøver med fosforstatus over 14. I siste periode (2007–2016) var fosforstatus over P-AL 14 i ca. 30 % av prøvene (figur 6). Når fosforstatus er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor til korn og gras. Økning i husdyrtall og dermed husdyrgjødselmengden i perioden 2012–2018 kan være forklaringen på at fosforstatus i jorda har økt.

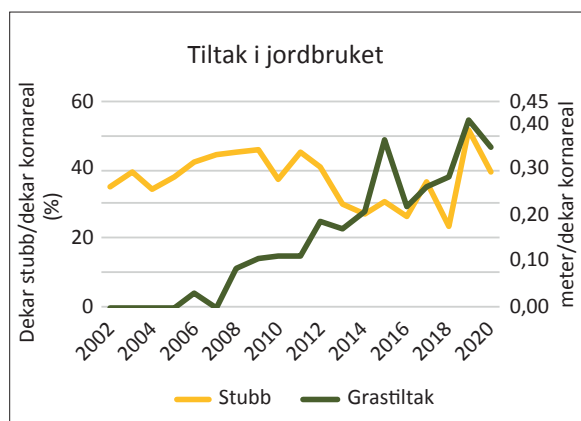
ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

Bekke- og elveerosjon kan forekomme. Det har vært noe beveraktivitet i vassdraget de siste årene og det er skiftet kulvert under Fjordsvegen, men det er ikke kjent at det har medført bekkeerosjon. Flom på jordbruksareal kan bidra til økt erosjon og tilførsel av næringsstoffer til vassdraget. I skogsdriften er det

ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, men det har vært episoder med snauhogst av kantsoner i jordbruksområder innenfor nedbørfeltet. Generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer. I noen tilfeller kan hogst i tillegg føre til økt erosjon og avrenning av fosfor.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

Ifølge registreringer i Regionalt miljøprogram overvintret rundt 40 % av kornarealet i stubb i 2020 (figur 7). Det har dessuten vært en økende trend i antall meter med grastiltak (grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner). Overvintring i stubb og grastiltak er viktige tiltak for å redusere erosjon og tap av fosfor fra jordbruksarealene.



Figur 7. Overvintring i stubb, grastiltak (grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner) i nedbørfeltet til Askjumelva 2002–2020 (Kilde: Regionalt miljøprogram, eStil).

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL VASSDRAGET

Ettersom størsteparten av fosfortilførselene til Askjumbekken kommer fra jordbruket, vil jordbrukstiltak kunne bidra vesentlig til å redusere tilførselene. Redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus, sammen med overvintring i stubb og grasdekte vannveier på kornarealene, er viktige jordbrukstiltak som bidrar til å bedre vannkvaliteten i Askjumbekken og innsjøene i nedbørfeltet. Dessuten vil oppgradering av private avløpsløsninger bidra til reduserte tilførsler, særlig når det gjelder biotilgjengelig fosfor.

Privat og kommunalt avløp

En oppgradering av private avløpsløsninger vil potensielt kunne redusere total fosfortilførsel til Askjumbekken med ca. 13 % (tabell 3). Tilførsel av biotilgjengelig fosfor reduseres tilsvarende med 19 %. Utbedring av det kommunale ledningsnett vil gi liten reduksjon tilførselene (<1 %).

Jordbruksarealer

Tabell 3 viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg, samt effekt av å kombinere flere av tiltakene. Ved en kombinasjon av tiltak vil effekten være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak. Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til arealfordeling av vekster slik den var i 2020. Tiltakseffektene er angitt som prosent reduksjon i fosfortap i forhold til total fosfortilførsel fra alle kilder.

Overvintring i stubb. Overvintring i stubb (ingen jordarbeiding om høsten) på kornarealer, eller gras på arealer utsatt for erosjon, bidrar til å redusere erosjon og fosfortap både på flater og i forsengkninger. Det er beregnet at stubb på alt kornareal kan gi en reduksjon i fosfortap på 10 % sammenlignet med om alt ble høstpløyd. De siste årene har ca. 40 % av arealene overvintret i stubb og en del av tiltakseffekten er dermed allerede tatt ut. Overvintring i stubb gir også redusert tap av nitrogen fra kornarealene.

Grasdekte vannveier og kantsoner. Grasdekte vannveier er et målrettet tiltak for å redusere erosjon i vannførende dråg og forsengkninger, og grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i Askjumbekken nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 12 %, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon i fosfortap på 10 % hvis de anlegges langs alle bekker, elver og vann/innsjøer.

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter. TP=totalfosfor, Bio-P=biotilgjengelig fosfor.

Tiltak i nedbørfeltet til Askjumbekken	Reduksjon i fosfortilførsler* % av total tilførsel	
	TP	Bio-P
Oppgradering av privat avløp	13	19
Kommunalt avløp – tiltak i ledningsnett	<1	0
Overvintring i stubb	10	4
Grasdekte vannveier	12	5
Grasdekte kantsoner	10	4
Ugjødsla kantsoner i eng	Ikke est.	Ikke est.
Fangdammer	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	12	16
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 7	24	30
Kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	31	24
Tiltak i potet og grønnsaker	Ikke est.	Ikke est.
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i punktkilder	Ikke est.	Ikke est.
Sum** P-AL 10	44	43

*Tiltakseffekter på jordbruksareal er beregnet med utgangspunkt i at alt kornareal er høstpløyd, og at vekstene ellers er fordelt som i 2020.

**Sum av tiltakene opprydding i spredt avløp, kommunalt avløp og kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10.

Fangdammer. Etablering av fangdammer, der forholdene ligger til rette for det, vil kunne holde tilbake jord og næringsstoffer og redusere den negative effekten av fosfor nedstrøms fangdammen. Norske studier viser at renseeffekten av fangdammer er målt til 20–45 % for fosfor med størst effekt på partikkelbundet fosfor.

Redusert gjødsling. Når husdyrtettheten og fosforstatus i jorda øker, øker risikoen for fosforavrenning. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel brukes der jordas fosforstatus er høy, noe som særlig er viktig på arealer med torvjord. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Askjumbekken nedbørfelt til middels nivå (P-AL 10) er beregnet til 12 % reduksjon i fosfortap. Effekten er beregnet til det dobbelte ved å redusere P-AL til 7. Dette tiltaket har ikke umiddelbar effekt på vannkvaliteten, det tar tid å redusere jordas fosfor-

status. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

Tiltak i potet og grønnsaker. Arealet med potet er lite i nedbørfeltet til Askjumbekken, men på slike arealer er det høy risiko for næringsstoffavrenning. Tiltak som bidrar til å redusere erosjon og fosforavrenning er f.eks. fangvekster sådd etter høsting og brede kantsoner langs bekker og elver. Gras i vannførende dråg, og fangdammer eller sedimentasjonsdammer i jordbruksbekker er også viktige tiltak. På lang sikt vil reduksjon i fosforgjødsling ha betydning for fosforstatus i jorda og dermed for risikoen for avrenning av partikkelbundet fosfor og løst fosfat.

Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Spredning av husdyrgjødsel om våren eller i vekstsesongen fører til bedre utnyttelse av næringsstoffene og mindre risiko for avrenning av fosfor og nitrogen. Husdyrgjødsel bør prioriteres på arealene med lavest fosforstatus.

Utgjødsel kantsoner i eng. Gjødsling med god avstand til åpent vann vil redusere risikoen for utslipp til elva. For beiter bør det være god avstand fra fôringsplass til åpent vann. Redusert risiko for avrenning av husdyrgjødsel vil bidra til å redusere tap av fosfor og nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i elva.

Jordbrukets punktkilder

Lagring og håndtering av gjødsel, silo og vaskevann uten lekkasjer er viktige tiltak i områder med mange husdyr.

ANDRE EFFEKTER AV TILTAK

Tiltak innenfor avløp og avrenning fra husdyrgjødsel vil, i tillegg til effekten på eutrofiering, også gi redusert organisk belastning, og dermed bedre oksygenforhold for bunndyr og fisk i bekken. Det vil også redusere bakterieforurensingen. Redusert erosjon og avrenning av partikler vil også kunne bedre leveforholdene for bunndyr og fisk, som f.eks. er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- Kværnø, S.H., Turtumøygard, S., Grønsten, H.A. og Bechmann, M., 2014. Modellverktøy for beregning av jord- og fosfortap fra jordbruksdominerte områder. Dokumentasjon av modellen Agricat 2. Bioforsk rapport nr. 9(108).
- Mjelde, M., 2014. Handlingsplan for kalksjøer Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer – videreføring. NIVA-rapport 6685-2015. 73 s.
- Mjelde, M., 2016. Oppsummering av kunnskap om kalksjølokaliteter som er «utvalgt naturtype». NIVA-rapport 6998-2016. 224 s.
- Mjelde, M. & Jenssen, M. T. S., 2020. Undersøkelse av vannplanter i innsjøer i Gran og Lunner kommuner 2019. NIVA-rapport 7475-2020. 28 s.
- Stabell, T., 2019. Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018. FAUN rapport R017-2019. 28 s.
- Turtumøygard, S. & G. Hensel, 2021. WebGIS avløp – Fagsystem for avløp fra private renseanlegg. NIBIO-pop 7(31).

Faktaarket er utarbeidet på oppdrag for Vannområde Randsfjorden.

FORFATTERE:

Marianne Bechmann (NIBIO), Jan-Erik Thrane (NIVA), Sigrun Kværnø (NIBIO) og Stein Turtumøygard (NIBIO).



Foto: Håvard Lucassen

Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Grymyrbekken og innsjøer i nedbørfeltet

Grymyrbekken drenerer et nedbørfeltareal på 18,9 km² i Gran kommune. Nedbørfeltet til Grymyrbekken inneholder rundt 10 innsjøer og tjern, hvorav flere har eller har hatt bestander av kransalger. Alle fem innsjøene der det foreligger overvåkingsdata viser tydelige tegn på eutrofiering. I Øvre Falangtjern har det vært en bedring i vannkvalitet de to siste årene. Overvåking av økologisk tilstand nederst i Grymyrbekken viser samlet sett moderat tilstand for eutrofiering, og fosforkonsentrasjonen har variert mellom god og moderat tilstand i perioden 2018–2021. Konsentrasjonene av nitrogen i Grymyrbekken og i alle innsjøene er svært høye. Nitrogen er ikke begrensende for algevekst her, men indikerer betydelig avrenning fra jordbruk. Fulldyrka jordbruksareal

utgjør 32 % av nedbørfeltarealet og arealavrenning fra jordbruket er den største (67 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Grymyrbekken. Avløp bidrar med 19 % av fosfortilførselene. Det er estimert at oppgradering av private avløpsanlegg sammen med de beregnede effektene av jordbrukstiltak (reduksjon i jordas fosforstatus, grasdekte vannveier i forsenknninger, kantsoner langs vassdrag, og overvintring i stubb) kan redusere fosfortilførselene med 43 %. Ugjødsle kantsoner i eng er også et viktig tiltak for å redusere fosfortilførselene til vassdraget og oppnå god vannkvalitet i innsjøene i nedbørfeltet og i Grymyrbekken. Lokalt kan inngjerding mot vassdrag og plassering av vanningsposter med god avstand til vassdrag være bra tiltak der det er husdyr på beite.

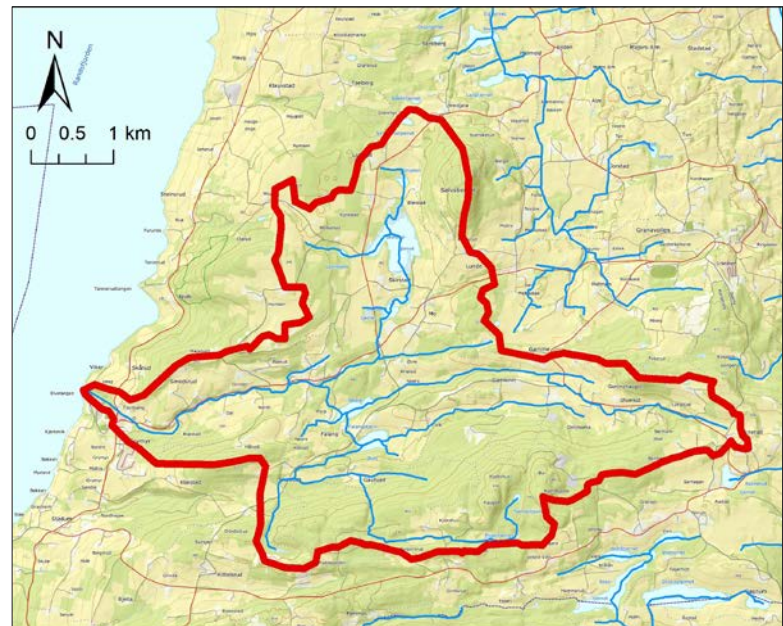
VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I INNSJØER I NEDBØRFELTET

Nedbørfeltet til Grymyrbekken inneholder i rundt 10 innsjøer og tjern. Alle er kalkrike (≥ 20 mg kalsium pr. liter) og har eller har trolig hatt bestander av kransalger. Slike kalksjøer er definert som utvalgt naturtype i henhold til naturmangfoldloven. Blant de fem innsjøene med gode overvåkingsdata fra perioden 2016 – 2021, viser de fleste tydelige tegn på eutrofiering (tabell 1). Alle innsjøene med data om forekomst av planteplankton vurderes til moderat eller dårlig tilstand, med unntak av Lønntjern, hvor tilstanden for planteplankton er god. Konsentrasjonen av totalfosfor tilsier moderat tilstand i alle innsjøene. Nitrogenkonsentrasjonene er meget høye i alle innsjøene og i dårlig eller svært dårlig tilstand. Nitrogen er ikke begrensende for vekst av planteplankton i kalksjøene, men for mye nitrogen er trolig ugunstig for kransalger (Mjelde 2014; Stabell 2019). Høye nitrogenkonsentrasjoner er vanligvis en tydelig indikasjon på avrenning fra jordbruk.

Både Nedre og Øvre Falangtjern har hatt utfordringer med oppblomstringer av cyanobakterier (*Dolichospermum*), spesielt i årene 2016–2018. I Øvre Falangtjern viser nye overvåkingsdata en oppsiktsvekkende bedring i vannkvaliteten de siste to årene (selv om gjennomsnittverdier for perioden 2016–2021 gir dårlig økologisk tilstand; tabell 1). Det var ingen oppblomstringer av cyanobakterier verken i 2020 eller i 2021, og i 2021 var tilstanden god både for planteplankton og fosfor (overvåkingsdata fra Norconsult i 2021). Dersom fosforkonsentrasjonen holdes på dette nivået eller reduseres ytterligere, vil sannsynligheten for større cyanobakterieoppblomstringer reduseres kraftig. Nedre Falangtjern er også inne i en positiv utvikling, selv om tilstanden der fortsatt er dårlig.

Tabell 1. Økologisk tilstand for innsjøer med relevante overvåkingsdata i nedbørfeltet til Grymyrbekken. Data er hentet fra vannmiljø (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) og det er beregnet gjennomsnittverdier for perioden 2016 – 2021. For vannplanter (inkl. kransalger) er det supplert med data fra NIVAs database. Økologisk tilstand for klorofyll (Klf α), totalfosfor (Tot-P), totalnitrogen (Tot-N), maksimal biomasse av cyanobakterier (Cyanomax) og planteplankton (nEQR) er markert med farge, der blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Ca (mg/L) angir konsentrasjonen av kalsium. For noen av innsjøene mangler nyere undersøkelser av vannplanter, og økologisk tilstand for vannplanter er basert på eldre data (2007 – 2015) fra NIVAs database. Dette gjelder innsjøene der tilstanden for vannplanter er angitt med bokstav. I lokaliteter markert med fet skrift var en eller flere arter kransalger til stede ved siste undersøkelse. Tomme ruter betyr manglende data.

Lokalitet	Vannforekomst ID	Nasjonal vanntype	Ca (mg/L)	År med Klf-data	Klf α ($\mu\text{g/L}$)	Tot-P ($\mu\text{g/L}$)	Tot-N ($\mu\text{g/L}$)	Cyano max (mg/L)	Planteplankton nEQR	Vannplanter nEQR
Skirstadtjern	012-4802-L	L207	53	3	6,4	15,9	1232	0,75	0,43	G
Glorudtjern	012-4814-L	L207	55	3	6,3	15,1	1172	0,50	0,50	SG
Falangtjernet, nedre	012-4828-L	L208	54	6	13,6	27,7	1616	9,64	0,27	0,15
Falangtjernet, øvre	012-4833-L	L208	53	6	12,5	26,7	1528	8,24	0,38	D
Lønntjern	012-196391-L	L207	76	1	4,0	14,7	1793	0,41	0,77	0,59



Figur 1. Nedbørfeltet til Grymyrbekken (Kilde: Norges Vassdrags- og energidirektorat).

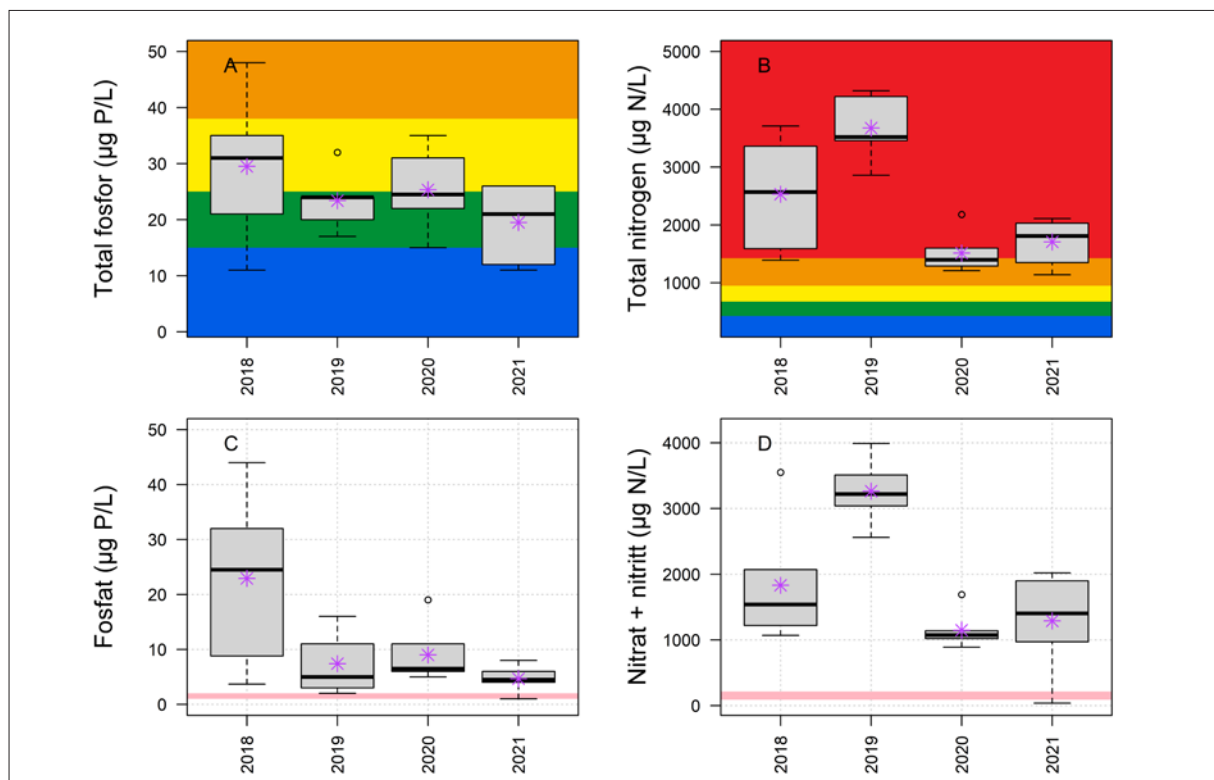
Til tross for noe forhøyet fosforkonsentrasjon og planteplanktonbiomasse viser undersøkelser av vannplanter (inkludert kransalger) hhv. god og svært god tilstand i Skirstadtjern og Glorudtjern, som begge har gode bestander av kransalger. Lønntjern har også kransalger, men her var tilstanden moderat. I Falangtjerna ble det registrert kransalger i 1968, men de har ikke blitt gjenfunnet siden. Tilstanden for vannplantesamfunnet var dårlig ved siste undersøkelse i begge Falangtjerna. For Skirstadtjern, Glorudtjern og Øvre Falangtjern foreligger det ikke nyere vannplanteundersøkelser og resultatene er basert på data fra 2007–2015.

NÆRINGSSTOFFKONSENTRASJONER OG ØKOLOGISK TILSTAND I GRYMYRBEKKEN

Ved prøvetakingsstasjonen nederst i Grymyrbekken viser overvåkingsdata for perioden 2018–2021 i hovedsak god tilstand for totalfosfor (figur 2A; tabell 2). Konsentrasjonene i 2018 var høyest og i moderat tilstand. For løst fosfat (figur 2C) foreligger det ikke grenseverdier iht. vannforskriften, men konsentrasjonene i Grymyrbekken er noe forhøyede sammenliknet med upåvirkede vassdrag av samme type (rosa linje i fig. 2C). I 2018 var konsentrasjonene av fosfat betydelig forhøyede. Undersøkelser av begroingsalger på stasjonen nederst i Grymyrbekken i perioden 2019–2021 viser moderat økologisk tilstand. Moderat tilstand for begroing kan tyde på at bekken får noe

større fosfortilførsler enn det vannprøvene tilsier. Biologiske indikatorer, som begroingsalger, anses som en mer robust indikator enn fosforkonsentrasjon, siden vannprøvene (ofte 5–6 stk. pr. år) er stikkprøver, mens begroingsalgene integrerer fosfortilførslene over tid.

Grymyrbekkens nedbørfelt er 18,9 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 32 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 7 %, skog og utmark 53 %, vannflater 3 % og samferdsel og bebyggelse 4 %. Det er ca. 225 husstander med privat avløpsløsning i nedbørfeltet til Grymyrbekken. Noen få husstander i området ved Grymyr skole er tilknyttet kommunalt avløpsnett.



Figur 2. Konsentrasjoner (µg/l) av totalfosfor (A), totalnitrogen (B), fosfat (C) og nitrat (D) for årene 2018 – 2021 fra stasjon GRY1 nederst i Grymyrbekken. Prøvene er tatt i perioden fra mai – oktober. Antall observasjoner pr. år er 2018 = 6, 2019 = 5, 2020 = 6 og 2021 = 6. Medianverdi er representert med svart, horisontal linje, mens årsgjennomsnitt er vist med lilla stjerne. Nedre og øvre del av boksen viser hhv. første og tredje kvartil. Bakgrunnsfargene i A) og B) representerer økologisk tilstandsklasse iht. klassegrensene for vanntype R109, der blå = svært god; grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig. For nitrat og fosfat finnes det ikke klassegrenser, men de rosa horisontale linjene i C) og D) viser forventet referansenivå av hhv. fosfat og nitrat basert på data fra kalkrike referansevasdrag i lavlandet på Østlandet.

Tabell 2. Gjennomsnittsverdier og økologisk tilstand for totalfosfor (tot-P, µg/l), totalnitrogen (tot-N, µg/l) og PIT-indeksen for påvekstlger fra stasjon GRY1 nederst i Grymyrbekken. Verdiene er beregnet som gjennomsnitt for siste treårsperiode (2019 – 2021). Middelkonsentrasjoner er også oppgitt for fosfat (µg PO₄-P/l) og nitrat (µg NO₃-N/l), men her er det kun gjort en kvalitativ vurdering av konsentrasjonene siden det ikke finnes grenseverdier. Fargen indikerer økologisk tilstand, der grønn = god, gul = moderat og rød = svært dårlig tilstand. Tot-N benyttes ikke i samlet tilstandsvurdering fordi fosfor er det begrensende næringsstoffet for algevekst.

Lokalitet	VannmiljøID	Vannforekomst	Vanntype	Tot-P	Tot-N	Fosfat	Nitrat	PIT	Samlet tilstand
Grymyr-bekken (GRY1)	012-53731	012-366-R	R109	23	2300	7 (noe forhøyet)	1900 (svært forhøyet)	25	M

Nivåene av totalnitrogen i Grymyrbekken er ekstremt høye og i svært dårlig tilstand alle fire år (figur 2B). Det samme gjelder nitrat, som utgjør hoveddelen av totalnitrogenet. Det finnes ikke grenseverdier for nitrat, men konsentrasjonene er i størrelsesorden 10 ganger høyere enn forventet i upåvirkede vassdrag av samme type. Særlig 2019 skiller seg ut med høye nitrogenkonsentrasjoner. De høye nitrogenkonsentrasjonene er et tydelig tegn på avrenning fra jordbruk, men er ikke årsak til eutrofiering. Det er fosfor som er det begrensende næringsstoffet for algevekst i systemet. Fosforkonsentrasjonene nederst i Grymyrbekken påvirkes av tilbakeholdelse i nedbørfeltet. Tilbakeholdelse av fosfor i kalksjøene i vassdraget er trolig ganske høy som følge av utfelling sammen med kalsiumkarbonat ved høy pH og sedimentasjon av partikkelbundet fosfor. I tillegg kommer opptak i kransalger og annen vannvegetasjon. Nitrogen holdes i mindre grad tilbake i innsjøene sammenliknet med fosfor.

KILDER TIL FOSFOR

I løpet av et gjennomsnittsårl tilføres det om lag 0,6 tonn totalfosfor til Grymyrbekken (figur 3A). Arealavrenning fra jordbruket er den største (67 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Grymyrbekken. Samlet tilførsel fra privat og kommunalt avløp utgjør 19 %. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er på totalt 0,3 tonn/år. Jordbruk bidrar med 68 % av dette, og avløp med 28 % (figur 3B).

Skog og utmark utgjør om lag halvparten av arealet i nedbørfeltet, men pga. lite fosforavrenning per arealenhet, blir det forholdsvis lite tilførsel av totalfosfor fra disse arealene (figur 3A). Fosfor i avrenning fra skog og utmark har dessuten lav biotilgjengelighet,

og disse arealene bidrar derfor med ubetydelige mengder biotilgjengelig fosfor (figur 3B). Tilførselene av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor fra samferdsel og bebyggelse, og deposisjon av fosfor på vannflater er små (figur 3A og 3B).

Totalfosfor kan deles i partikkelbundet fosfor og løst fosfat. Fosforet som kan utnyttes av alger (biotilgjengelig fosfor) inkluderer løst fosfat og en del av det partikkelbundne fosforet.

PRIVAT OG KOMMUNALT AVLØP

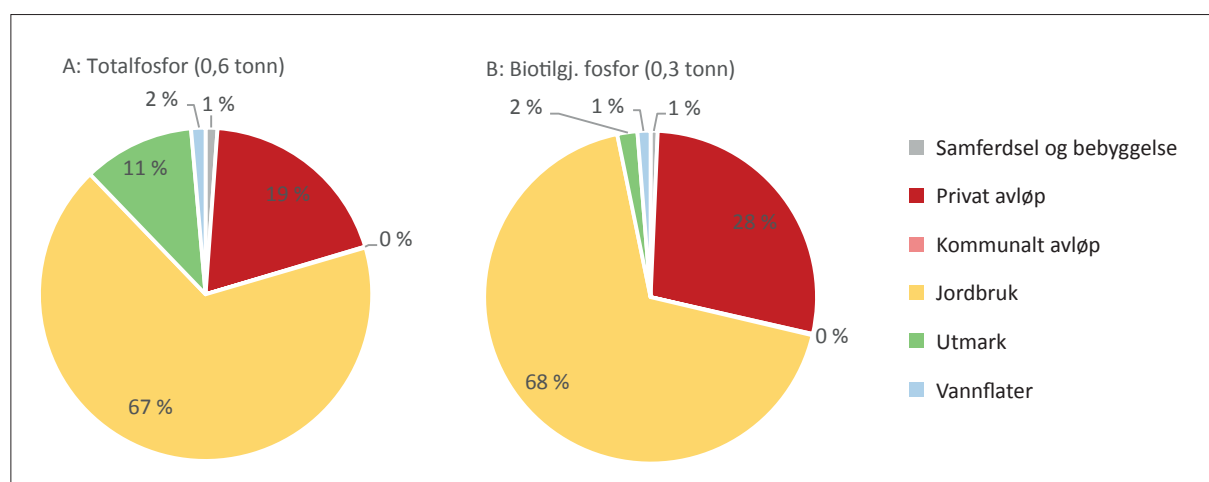
Det er ca. 225 husstander med private avløpsløsninger i nedbørfeltet og herav har ca. 210 (92 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstillende kravet i forureningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. Ifølge tilgjengelig informasjon er det kun ubetydelige utslipp til Grymyrbekken fra det kommunale ledningsnett.

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Grymyrbekken endret seg. Det har vært en økning i antall husdyr og derav økt tilgang på husdyrgjødsel. Jordas fosforstatus er høy og bidrar til fosforavrenning, men det er ikke registrert økning i jordas fosforstatus som følge av den økte tilgangen på husdyrgjødsel. Samtidig har det blitt mer eng, mindre korn og mindre potet og grønnsaker på jordbruksarealene, noe som bidrar til redusert erosjon og avrenning av partikkelbundet fosfor.

Vekstfordeling

I nedbørfeltet til Grymyrbekken ble det i 2020 dyrket gras på ca. 80 % av jordbruksarealet. Fra 2002 til 2020 var det en kraftig økning i grasareal og en reduksjon



Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (%) i nedbørfeltet til Grymyrbekken. Tilførselsberegninger basert på Kværnø m.fl. 2014 (jordbruk), Turtumøygard og Hensel 2021 (avløp) og Bechmann m.fl. 2016 (øvrige kilder).

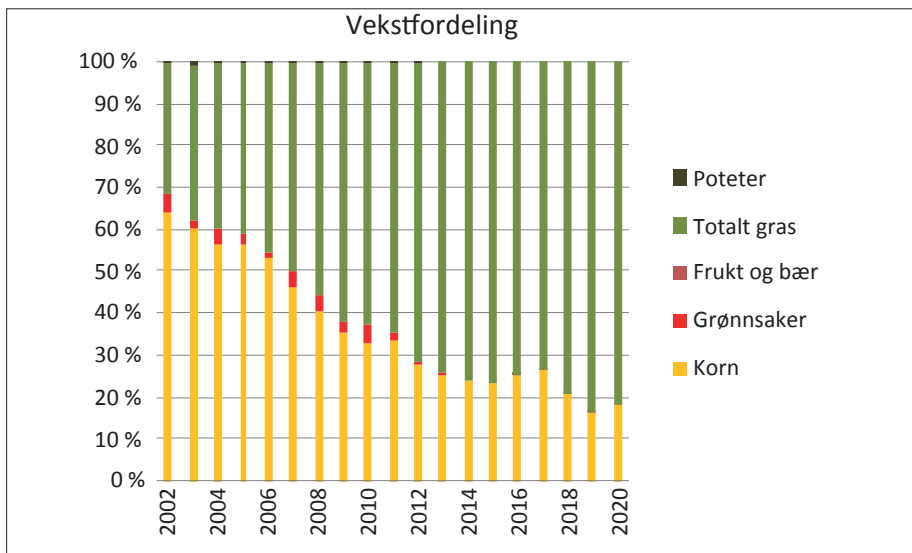
i areal med korn (figur 4), noe som bidrar til redusert erosjon og dermed redusert avrenning av fosfor. Det var grønnsaker på ca. 5 % av jordbruksarealet i 2002, men grønnsaksarealet har ifølge registreringene forsvunnet fra nedbørfeltet i løpet av perioden (figur 4). Potet dyrkes i liten grad. Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året noe som medfører risiko for erosjon og fosforavrenning. Nedgang i areal med grønnsaker bidrar til redusert risiko for erosjon og fosfortap fra jordbruksarealene.

Husdyrtetthet

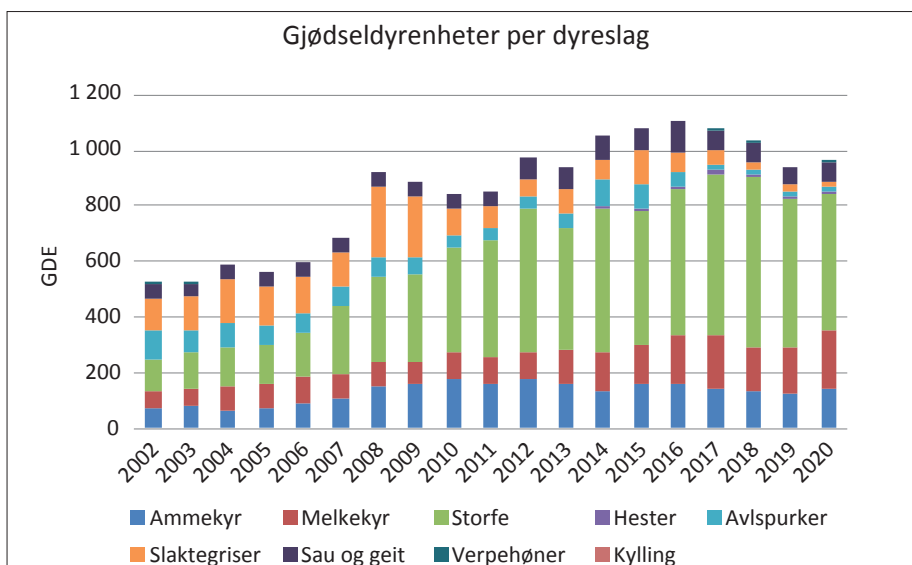
Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av fosfor rett etter spredning og evt. som følge av høye fosfortall i jorda. Dessuten kan det være lekkasje av næringsstoffer fra gjødsellager. I perioden fra 2002 til 2020 har husdyrtallet økt fra vel 500 til ca. 1000 gjødseldyrenheter (GDE) (figur 5).

En økning i husdyrtall på 500 GDE svarer i fosformengde til 7 tonn fosfor/år, det vil si at det i nedbørfeltet ble produsert totalt ca. 14 tonn fosfor/år i husdyrgjødsel de siste årene. Den totale mengde husdyrgjødsel svarer til 2,3 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig, basert på husdyr som hører hjemme på eiendommer i nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av maksimalt 3,5 kg fosfor/dekar. Det er ikke kjent hvor mye av husdyrgjødsel som faktisk spres innenfor nedbørfeltet. Det er registrert at det i perioder er mange utegangere lokalt og det kan bli store tilførsler av husdyrgjødsel til terreng i enkelte delnedbørfelt.

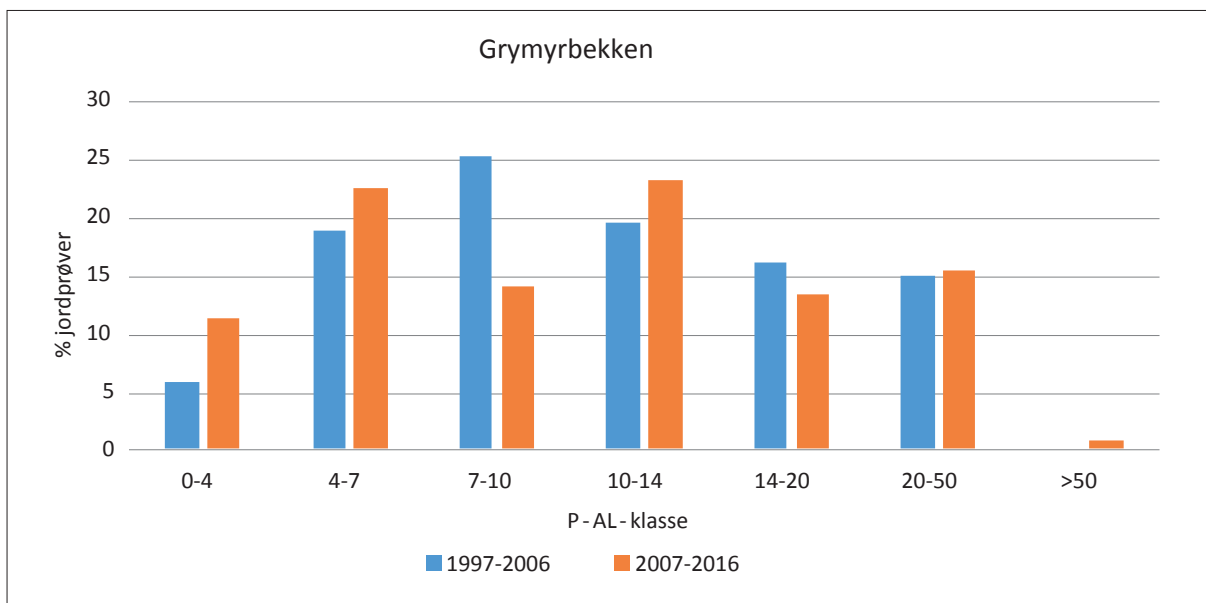
Det er ikke tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel.



Figur 4. Vekstfordeling på jordbruksareal i nedbørfeltet til Grymyrbekken 2002–2020 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 5. Trend i antall gjødseldyrenheter (GDE, en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 2002–2020 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Grymyrbekken fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 6. Andel av jordprøver med ulik fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997–2006 og 2007–2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Grymyrbekken (Jord databanken, NIBIO).

Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer fosfor ved høy fosforstatus og dels fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når fosforstatus øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker dessuten med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn- og grasdyrking er 5–7 mg P-AL/100g. Gjennomsnittlig fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet til Grymyrbekken er 13 mg P-AL/100 g og har ikke endret seg mellom de to periodene 1997–2006 og 2007–2016 basert på tilgjengelige jordanalyser (figur 6). Det var imidlertid en økning i jordanalyser med meget lave og meget høye verdier og en reduksjon i antall jordprøver med fosforstatus 7–10 (figur 6). I jordprøver fra jordbruksarealene i nedbørfeltet til Grymyrbekken ligger fosforstatus over P-AL 14, det vil si meget høyt, i ca. 30 % av prøvene. Når fosforstatus er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor til korn og gras (nibio.no/gjodslingshandboka).

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

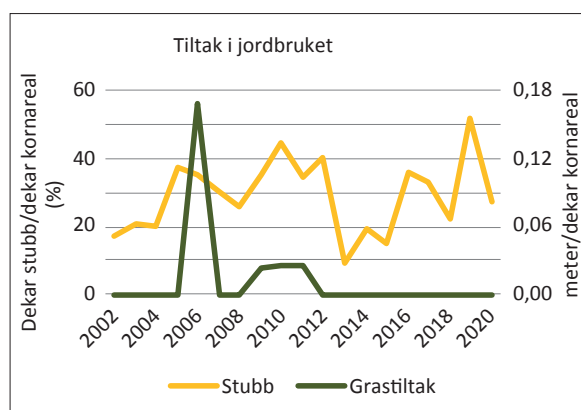
Bekke- og elveerosjon kan forekomme, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, og det har heller ikke vært kjente episoder med hogst av kantsoner i jordbruksområder. Generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer. I noen tilfeller kan hogst i tillegg føre til økt erosjon og avrenning av fosfor.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

Ifølge registreringer i Regionalt miljøprogram var det nesten 30 % av dette arealet som overvintret i stubb i 2020 (figur 7). Det har vært lite grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner. Overvintring i stubb og gras-tiltak er viktige tiltak for å redusere erosjon og tap av fosfor.

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL VASSDRAGET

Ettersom størsteparten av fosfortilførselene til Grymyrbekken kommer fra jordbruksarealene, vil jordbrukstiltak kunne bidra vesentlig til å redusere tilførselene. Redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus og ugjødsle kantsoner



Figur 7. Overvintring i stubb, grasiltak (grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner) i nedbørfeltet til Grymyrbekken 2002–2020 (Kilde: Regionalt miljøprogram, eStil).

i eng, er viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Grymyrbekken og innsjøene i nedbørfeltet. Dessuten vil oppgradering av private avløpsløsninger bidra til reduserte tilførsler, særlig når det gjelder biotilgjengelig fosfor.

Kommunalt og privat avløp

En oppgradering av private avløpsløsninger vil potensielt kunne redusere total fosfortilførsel til Grymyrbekken med ca. 13 % (tabell 3). Tilførsel av biotilgjengelig fosfor reduseres tilsvarende med 19 %. Det er ubetydelige utslipp til Grymyrbekken fra kommunalt avløp.

Jordbruksarealer

Tabell 3 viser effekten av en del av tiltakene gjennomført hver for seg, samt effekt av å kombinere tiltakene. Ved en kombinasjon av tiltak vil effekten være

litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak. Tiltaks-effekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til arealfordeling av vekster slik den var registrert i 2020. Tiltakseffektene er angitt som prosent reduksjon i fosfortap i forhold til total fosfortilførsel fra alle kilder.

Redusert gjødsling. Når husdyrtettheten øker, øker risikoen for fosforavrenning. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel bør brukes der jordas fosforstatus er høy, noe som særlig er viktig på arealer med torvjord. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Grymyrbekkens nedbørfelt til middels nivå (P-AL 10) er beregnet til 11 % reduksjon i fosfortap. Effekten er beregnet til det dobbelte ved å redusere P-AL til 7. Tiltak som reduserer jordas fosforstatus har ikke umiddelbar effekt, men virker over lang tid. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Spredning av husdyrgjødsel om våren eller i vekstsesongen fører til bedre utnyttelse av næringsstoffene og mindre risiko for avrenning av fosfor og nitrogen. Husdyrtettheten (0,14 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). Husdyrgjødsel bør prioriteres på arealene med lavest fosforstatus.

Ugjødsla kantsoner. Gjødsling med god avstand til åpent vann vil redusere risikoen for utslipp til bekken. For beiter bør det være god avstand fra fôringsplass til åpent vann. Lokalt kan inngjerding mot vassdrag og plassering av vanningsposter med god avstand til vassdrag være bra tiltak der det er husdyr på beite. Redusert risiko for avrenning av husdyrgjødsel vil bidra til å redusere tap av fosfor og nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i bekken.

Overvintring i stubb. Overvintring i stubb (ingen jordarbeiding om høsten) på kornarealer, eller gras på arealer utsatt for erosjon, er viktige tiltak i åpen åker. Det bidrar til å redusere erosjon både på flater og i forsengkninger. Det er beregnet at stubb på alt kornareal kan gi en reduksjon i fosfortap på 5 % sammenlignet med om alt ble høstpløyd. De siste årene har ca. 20-50 % av arealene overvintret i stubb og en del av tiltakseffekten er dermed allerede tatt ut. Overvintring i stubb gir også redusert tap av nitrogen fra kornarealene. Det dyrkes korn på kun ca. 20 % av jordbruksarealet.

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter. TP=totalfosfor, Bio-P=biotilgjengelig fosfor.

Tiltak i nedbørfeltet til Grymyrbekken	Reduksjon i fosfortilførsler* % av total tilførsel	
	TP	Bio-P
Oppgradering av privat avløp	13	19
Kommunalt avløp – tiltak i ledningsnett	Ubetydelig	0
Overvintring i stubb	5	2
Grasdekte vannveier	9	3
Grasdekte kantsoner	4	1
Ugjødsla kantsoner i eng	Ikke est.	Ikke est.
Fangdammer	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	11	15
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 7	20	25
Kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	22	20
Tiltak i potet og grønnsaker	Ikke est.	Ikke est.
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i punktkilder	Ikke est.	Ikke est.
Sum** P-AL 10	35	39

*Tiltakseffekter på jordbruksareal er beregnet med utgangspunkt i at alt kornareal er høstpløyd, og at vekstene ellers er fordelt som i 2020.

**Sum av tiltakene opprydding i spredt avløp, kommunalt avløp og kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10.

Grasdekte vannveier og kantsoner. Grasdekte vannveier er et målrettet tiltak for å redusere erosjon i vannførende dråg og forsenkninger, og grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken. Etablering av grasdekte vannveier i Grymyrbekken nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 9 %, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon i fosfortap på 4 % fosfor hvis de anlegges langs alle bekker og vann/innsjøer.

Fangdammer. Etablering av fangdammer, der forholdene ligger til rette for det, vil kunne holde tilbake jord og næringsstoffer og redusere den negative effekten av fosfor nedstrøms fangdammen. Norske studier viser at renseseffekten av fangdammer er målt til 20–45 % for fosfor med størst effekt på partikkelbundet fosfor.

Jordbrukets punktkilder

Lagring og håndtering av gjødsel, silo og vaskevann uten lekkasjer er viktige tiltak i områder med mange husdyr.

ANDRE EFFEKTER AV TILTAK

Tiltak innenfor avløp og avrenning fra husdyrgjødsel vil, i tillegg til effekten på eutrofiering, også gi redusert organisk belastning, og dermed bedre oksygenforhold for bunndyr og fisk. Det vil også redusere bakterieforurensingen. Redusert erosjon og avrenning av partikler vil også kunne bedre leveforholdene for bunndyr og fisk, som f.eks. er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- Kværnø, S.H., Turtumøygard, S., Grønsten, H.A. og Bechmann, M., 2014. Modellverktøy for beregning av jord- og fosfortap fra jordbruksdominerte områder. Dokumentasjon av modellen Agricat 2. Bioforsk rapport nr. 9(108).
- Mjelde, M., 2014. Handlingsplan for kalksjøer Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer – videreføring. NIVA-rapport 6685-2015. 73 s.
- Mjelde, M., 2016. Oppsummering av kunnskap om kalksjølokalteter som er «utvalgt naturtype». NIVA-rapport 6998-2016. 224 s.
- Mjelde, M. & Jenssen, M. T. S., 2020. Undersøkelse av vannplanter i innsjøer i Gran og Lunner kommuner 2019. NIVA-rapport 7475-2020. 28 s.
- Stabell, T., 2019. Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018. FAUN rapport R017-2019. 28 s.
- Turtumøygard, S. & G. Hensel, 2021. WebGIS avløp – Fagsystem for avløp fra private rensenanlegg. NIBIO-pop 7(31).

Faktaarket er utarbeidet på oppdrag for Vannområde Randsfjorden.

FORFATTERE:

Marianne Bechmann (NIBIO), Jan-Erik Thrane (NIVA), Sigrun Kværnø (NIBIO) og Stein Turtumøygard (NIBIO).



Foto: Håvard Lucassen

Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Sløvikselva og innsjøer i nedbørfeltet

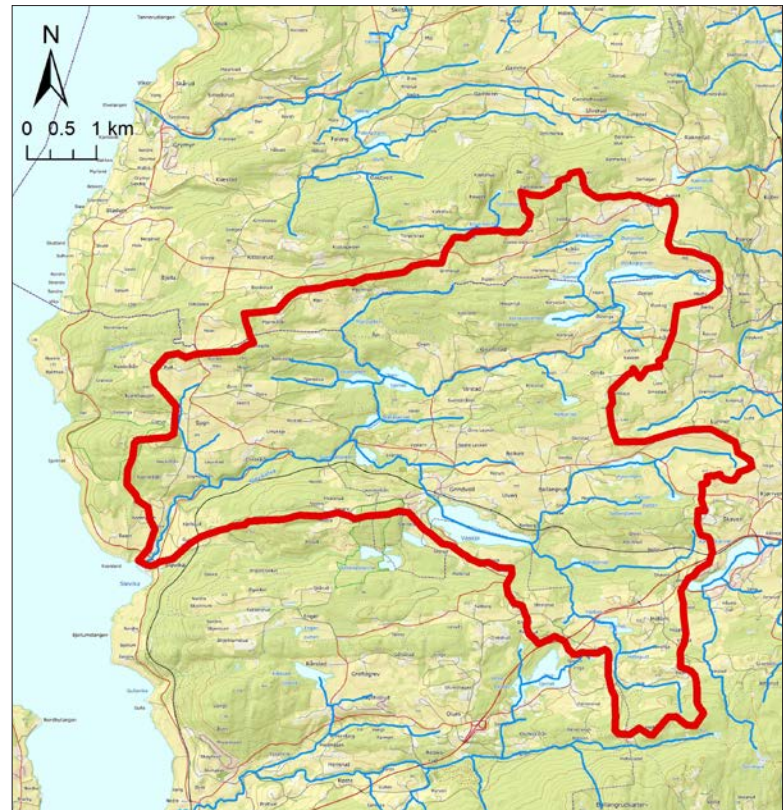
Sløvikselva drenerer et nedbørfeltareal på 35,4 km² i Jevnaker, Lunner og Gran kommune. Nedbørfeltet til Sløvikselva inneholder 20 kalkrike innsjøer og tjern, hvor flertallet har bestander av kransalger. De fleste viser tegn på eutrofiering som følge av forhøyede fosforkonsentrasjoner, men det finnes også kalksjøer her som er relativt lite påvirket. Overvåking av vannkvaliteten nederst i Sløvikselva i perioden 2018–2021 viser samlet sett god økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering. Konsentrasjonen av totalfosfor er de fleste år i god tilstand, men var nær grensen til moderat tilstand i 2018. Konsentrasjonen av nitrogen i Sløvikselva og i de fleste innsjøene er svært høy. Nitrogen er ikke begrensende for algevekst her, men

indikerer en betydelig avrenning fra jordbruk. Full-dyrka jordbruksareal utgjør 35 % av nedbørfeltarealet og arealavrenning fra jordbruket er den største (63 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Sløvikselva. Avløp bidrar med 25 % av tilførselene av fosfor. Det er estimert at oppgradering av private avløpsløsninger sammen med de beregnede effektene av jordbrukstiltak (reduksjon i jordas fosforstatus, grasdekte vannveier i forsøkninger, kantsoner langs vassdrag, og overvintring i stubb) kan redusere fosfortilførselene med 48 %. Ugjødsle kantsoner i eng er også et viktig tiltak for å redusere fosfortilførselene til vassdraget og oppnå god vannkvalitet i innsjøene i nedbørfeltet og i Sløvikselva.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I INNSJØER I NEDBØRFELTET

Nedbørfeltet til Sløvikselva inneholder svært mange kalkrike innsjøer (> 20 mg kalsium pr. liter) med bestander av kransalger. Slike kalksjøer er definert som utvalgt naturtype i henhold til naturmangfoldloven. Kalksjøene i nedbørfeltet spenner fra sterkt eutrofierte til nesten upåvirkede. Åtte av de 14 innsjøene med gode data på forekomst av planteplankton for perioden 2016–2021 viser moderat tilstand og én viser svært dårlig tilstand (tabell 1). I Bråtåtjern, Øyskogtjern, Korsrudtjern, Høybytjern og Nyborgtjern er økologisk tilstand god mht. planteplankton. De fleste av innsjøene har lave konsentrasjoner av cyanobakterier.

For fosfor er tilstanden moderat i de fleste innsjøene, med unntak av Bråtåtjernet (Vienbråtåtjernet), Kjevlingen og Hallomtjernet, der tilstanden er dårlig eller svært dårlig (tabell 1). I Korsrudtjernet og Nyborgtjernet er det hhv. god og svært god tilstand for fosfor. Konsentrasjonene av totalnitrogen er høye og i moderat eller dårligere tilstand i alle innsjøene med unntak av Korsrudtjern. Nitrogen er ikke begrensende for vekst av planteplankton i kalksjøene, men for mye nitrogen er trolig ugunstig for kransalger (Mjelde 2014;



Figur 1. Nedbørfeltet til Sløvikselva (Kilde: Norges Vassdrags- og energidirektorat).

Tabell 1. Økologisk tilstand for innsjøer med relevante overvåkingsdata i nedbørfeltet til Sløvikselva. Data er hentet fra vannmiljø (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) og det er beregnet gjennomsnittsverdier for perioden 2016–2021. For vannplanter (inkl. kransalger) er det supplert med data fra NIVAs database. Økologisk tilstand for klorofyll (klf α), totalfosfor (Tot-P), totalnitrogen (Tot-N), maksimal biomasse av cyanobakterier (Cyanomax) og planteplankton (nEQR) er markert med farge, der blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Ca (mg/L) angir konsentrasjonen av kalsium. For noen av innsjøene mangler nyere undersøkelser av vannplanter, og økologisk tilstand for vannplanter er basert på eldre data (2007–2015) fra NIVAs database. Dette gjelder innsjøene der tilstanden for vannplanter er angitt med bokstav. I lokaliteter markert med fet skrift var en eller flere arter kransalger til stede ved siste undersøkelse. Tomme ruter betyr manglende data.

Lokalitet	Vannforekomst ID	Nasjonal vanntype	Ca (mg/L)	År med klf-data	Klf α ($\mu\text{g/L}$)	Tot-P ($\mu\text{g/L}$)	Tot-N ($\mu\text{g/L}$)	Cyano max (mg/L)	Planteplankton nEQR	Vannplanter nEQR
Sverigetjernet	012-4881-L	L208	54	3	9,0	20,1	1341	0,16	0,52	0,44
Bråtåtjernet	012-4875-L	L208	59	3	6,7	16,8	1389	0,57	0,65	0,38
Velotjernet	012-4865-L	L207	57	3	6,8	15,2	1554	1,13	0,48	0,62
Orentjern	012-4861-L	L207	61	3	4,9	14,6	1585	0,29	0,58	0,56
Vassjøtjern	012-4890-L	L207	48	3	4,6	13,2	908	0,08	0,55	G
Høltjernet	012-4867-L	L208	41							G
Korsrudtjern	012-4850-L	L207	37	3	2,0	9,4	428	0,25	0,73	G
Rokotjernet	012-4838-L	L207	58	3	6,5	15,4	748	0,34	0,47	G
Korsrudputten	012-196461-L	L207	60							G
Øyskogtjern	012-4843-L	L207	38	3	2,6	11,9	1007	0,03	0,69	G
Høybytjern	012-4844-L	L207	46	1	2,6	11,8	919	0,66	0,62	G
Bråtåtjernet (Vienbråtåtjern)	012-196447-L	L207	67	3	29,4	54,0	1343	0,31	0,20	0,18
Østtjernet (Vientjern)	012-4837-L	L207	67	3	5,0	14,7	1952	1,92	0,59	0,56
Kjevlingen	012-4878-L	L208	60	3	12,3	34,4	1642	0,15	0,42	
Nyborgtjern	012-196502-L	L208	55	4	2,1	10,4	948	0,11	0,70	0,88
Hallomtjernet	012-4903-L	L207	54	3	6,4	23,5	1006	0,11	0,50	

Stabell 2019). Høye nitrogenkonsentrasjoner er vanligvis en tydelig indikasjon på avrenning fra jordbruk.

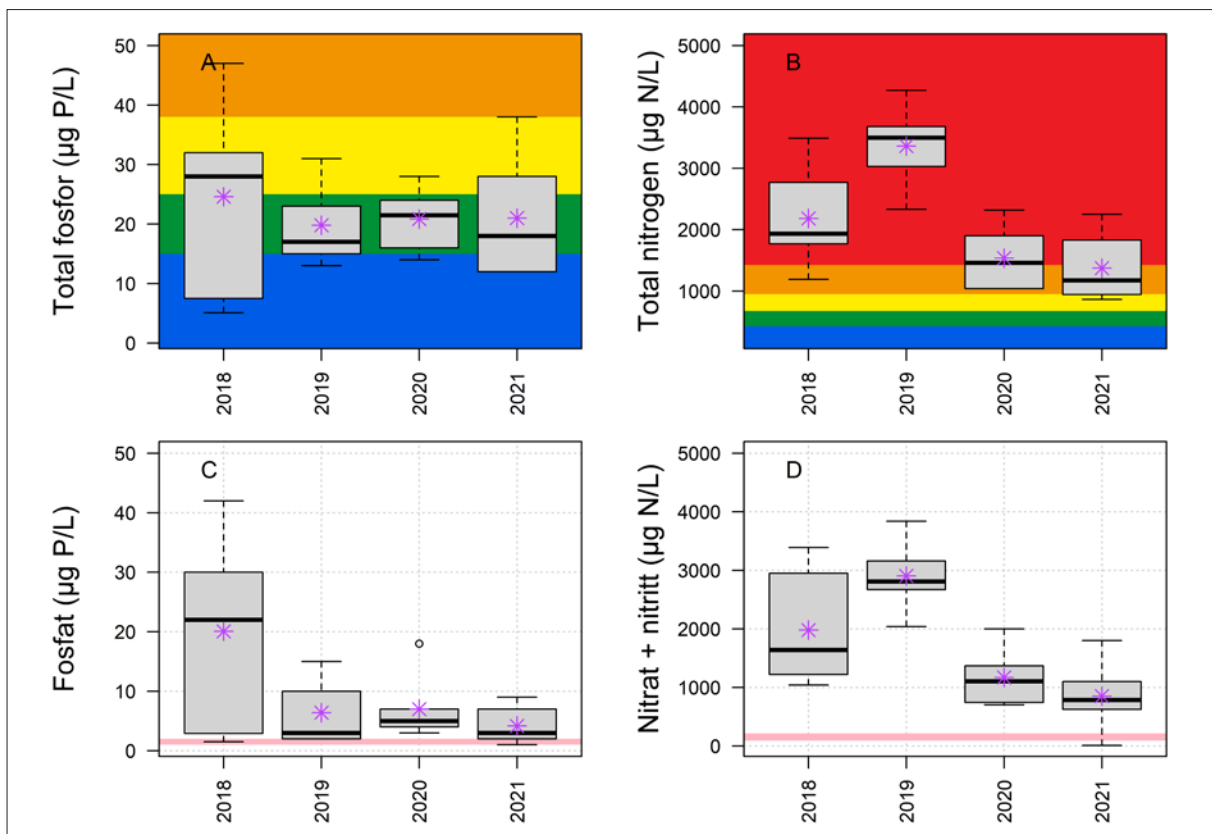
Undersøkelser av vannplanter (inkludert kransalger) indikerer jevnt over noe bedre tilstand enn planteplankton og næringsstoffer. I syv av innsjøene viser siste undersøkelse god tilstand, og tilstanden var svært god i Nyborgtjern (tabell 1). I syv av innsjøene foreligger det ikke nyere vannplanteundersøkelser og resultatene er basert på undersøkelser fra 2007–2015. Det er registrert kransalger i alle innsjøene unntatt Kjevlingen og Holteputten.

Korsrudtjern er den eneste innsjøen som har god eller svært god økologisk tilstand for alle parametere (tabell 1). Innsjøen har lite jordbruk i nedbørfeltet og er en kalksjø i nær referansetilstand. Dette gjelder også Nyborgtjernet, som har god tilstand for planteplankton og svært god tilstand for totalfosfor og vannplanter. Nyborgtjern har seks rødlistearter og tidvis store bestander av den truede vegetasjonstypen kransalger. Bestanden av kransalger var nærmest

borte i 2013, men ved undersøkelser i 2019 hadde bestandene tatt seg opp igjen (Mjelde 2020). Øyskogtjern er også blant innsjøene med god tilstand for planteplankton, vannplanter og kransalger, til tross for stor andel jordbruk i nedbørfeltet.

NÆRINGSSTOFFKONSENTRASJONER OG ØKOLOGISK TILSTAND I SLØVIKSELVA

Ved prøvetakingsstasjonen nederst i Sløvikselva viser overvåkingsdata for perioden 2018–2021 i hovedsak god tilstand for totalfosfor (figur 2A; tabell 2). Konsentrasjonene var høyest i 2018 og nær grensen til moderat tilstand. For løst fosfat (figur 2C) foreligger det ikke grenseverdier iht. vannforskriften, men konsentrasjonene i Sløvikselva er litt forhøyede sammenliknet med upåvirkede vassdrag av samme type (rosa linje i figur 2C). I 2018 var konsentrasjonene av fosfat betydelig forhøyede. Undersøkelser av begroingsalger på stasjonen nederst i Sløvikselva i perioden 2019–2021 viser god økologisk tilstand. Samlet økologisk tilstand for siste treårsperiode blir dermed god med hensyn til eutrofiering (tabell 2).



Figur 2. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/l}$) av totalfosfor (A), totalnitrogen (B), fosfat-P (C) og nitrat (D) for årene 2018–2021 ved stasjon SLØ1 nederst i Sløvikselva. Prøvene er tatt i perioden fra mai–oktober. Antall observasjoner pr. år er 2018 = 6, 2019 = 5, 2020 = 6 og 2021 = 6. Medianverdi er representert med svart, horisontal linje, mens årsgjennomsnitt er vist med lilla stjerne. Nedre og øvre del av boksen viser hhv. første og tredje kvartil. Bakgrunnsfargene i A) og B) representerer økologisk tilstandsklasse iht. klassegrensene for vanntype R109, der blå = svært god; grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig. For nitrat og fosfat finnes det ikke klassegrenser, men de rosa horisontale linjene i C) og D) viser forventet referansenivå av hhv. fosfat og nitrat basert på data fra kalkrike referansevassdrag i lavlandet på østlandet.

Tabell 2. Gjennomsnittsverdier og økologisk tilstand for totalfosfor (tot-P, µg/l), totalnitrogen (tot-N, µg/l) og PIT-indeksen for påvekstlagger fra stasjon SLØ1 nederst i Sløvikselva. Verdiene er beregnet som gjennomsnitt for siste treårsperiode (2019 – 2021). Middelkonsentrasjoner er også oppgitt for fosfat (µg PO₄-P/l) og nitrat (µg NO₃-N/l), men her er det kun gjort en kvalitativ vurdering av konsentrasjonene siden det ikke finnes grenseverdier. Fargen indikerer økologisk tilstand, der grønn = god og rød = svært dårlig tilstand. Tot-N benyttes ikke i samlet tilstandsvurdering fordi fosfor er det begrensende næringsstoffet for algevekst.

Lokalitet	VannmiljøID	Vannforekomst	Vanntype	Tot-P	Tot-N	Fosfat	Nitrat	PIT	Samlet tilstand
Sløvikselva (SLØ1)	012-28759	012-400-R	R109	21	2091	6 (noe forhøyet)	1642 (sterkt forhøyet)	12	G

Nivåene av totalnitrogen er høye og i svært dårlig eller dårlig tilstand alle fire år (figur 2B). Det samme gjelder nitrat (figur 2D), som utgjør hoveddelen av totalnitrogenet. Det finnes ikke grenseverdier for nitrat, men konsentrasjonene er i størrelsesorden 10 ganger høyere enn forventet i upåvirkede vassdrag av samme type (rosa linje i fig. 2D). Særlig 2019 skiller seg ut med høye nitrogenkonsentrasjoner. De høye nitrogenkonsentrasjonene er et tydelig tegn på avrenning fra jordbruk, men er ikke årsak til eutrofiering. Det er fosfor som er det begrensende næringsstoffet for algevekst i systemet. Fosforkonsentrasjonene nederst i Sløvikselva påvirkes av tilbakeholdelse i nedbørfeltet. Tilbakeholdelse av fosfor i kalksjøene i vassdraget er trolig ganske høy som følge av utfelling sammen med kalsiumkarbonat ved høy pH og sedimentasjon av partikkelbundet fosfor. I tillegg kommer opptak i kransalger og annen vannvegetasjon. Nitrogen holdes i mindre grad tilbake i innsjøene sammenliknet med fosfor.

Sløvikselvas nedbørfelt er 35,4 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 35 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 7 %, skog og utmark 49 %, vannflater 5 % og samferdsel og bebyggelse 5 %. Det er ca. 438 husstunder med privat avløpsløsning i nedbørfeltet til Sløvikselva. 36 husstunder nederst i nedbørfeltet og en del husstunder ved Vassjø/Kjevlingen er tilknyttet kommunalt avløpsnett.

KILDER TIL FOSFOR

I løpet av et gjennomsnittsårl tilføres det om lag 1,3 tonn totalfosfor til Sløvikselva (figur 3A). Arealavrenning fra jordbruket er den største (63 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Sløvikselva. Samlet tilførsel fra privat og kommunalt avløp utgjør 26 % av de totale fosfortilførselene. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er på totalt 0,7 tonn/år, hvorav jordbruk bidrar med 55 %, og avløp med 40 % (figur 3B).

Skog og utmark utgjør om lag halvparten av arealet i nedbørfeltet, men pga. lite fosforavrenning per arealenhet, blir det forholdsvis lite tilførsel av totalfosfor fra disse arealene (figur 3A). Fosfor i avrenning fra skog og utmark har dessuten lav biotilgjengelighet, og disse arealene bidrar derfor med ubetydelige mengder biotilgjengelig fosfor (figur 3B). Tilførselene av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor fra samferdsel og bebyggelse og deponisjon av fosfor på vannflater var også små (figur 3A og 3B).

Totalfosfor kan deles i partikkelbundet fosfor og løst fosfat. Fosforet som kan utnyttes av alger (biotilgjengelig fosfor) inkluderer løst fosfat og en del av det partikkelbundne fosforet.

PRIVAT OG KOMMUNALT AVLØP

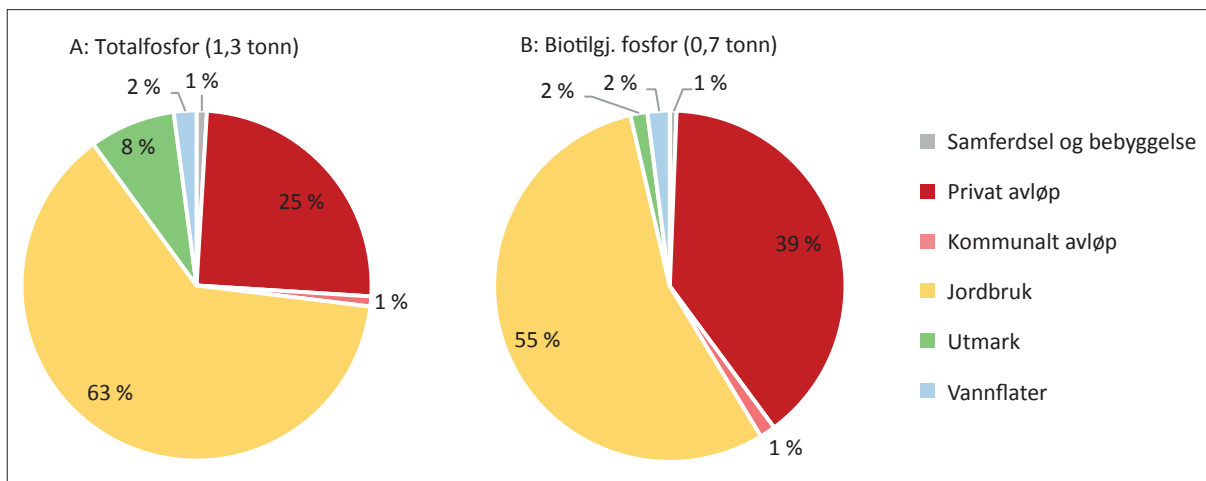
Det er ca. 438 husstunder med private avløpsløsninger i nedbørfeltet og herav har ca. 400 (92 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. Lekkasjer i det kommunale ledningsnett utgjør ca. 1 % av de totale fosfortilførselene. Det er ikke kjennskap til overløp i ledningsnett.

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Sløvikselva endret seg lite. Den viktigste endringen er at det har blitt litt mer eng, litt mindre korn og mindre grønnsaker på jordbruksarealene, noe som kan bidra til redusert erosjon og tap av partikkelbundet fosfor. Det har ikke vært registrert endring i antall husdyr og jordas fosforstatus over de siste 20 årene.

Vekstfordeling

I nedbørfeltet til Sløvikselva ble det i 2020 dyrket gras på litt under 60 % av jordbruksarealet. Fra 2002 til 2020 var det en økning i grasareal og en reduksjon i areal med korn (figur 4), noe som bidrar til redusert erosjon og fosforavrenning. Det var potet og grønnsaker på ca. 4 % av arealet i 2002, mens det i 2020 kun var 1 % (figur 4). Ved dyrking av potet og rot-



Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (%) i nedbørfeltet til Sløvikselva. Tilførselsberegninger basert på Kværnø m.fl. 2014 (jordbruk), Turtumøygard og Hensel 2021 (avløp) og Bechmann m.fl. 2016 (øvrige kilder).

grønnsaker ligger jorda åpen store deler av året og nedgang i areal med grønnsaker og potet bidrar til redusert risiko for erosjon og fosforavrenning fra jordbruksarealene.

Husdyrtetthet

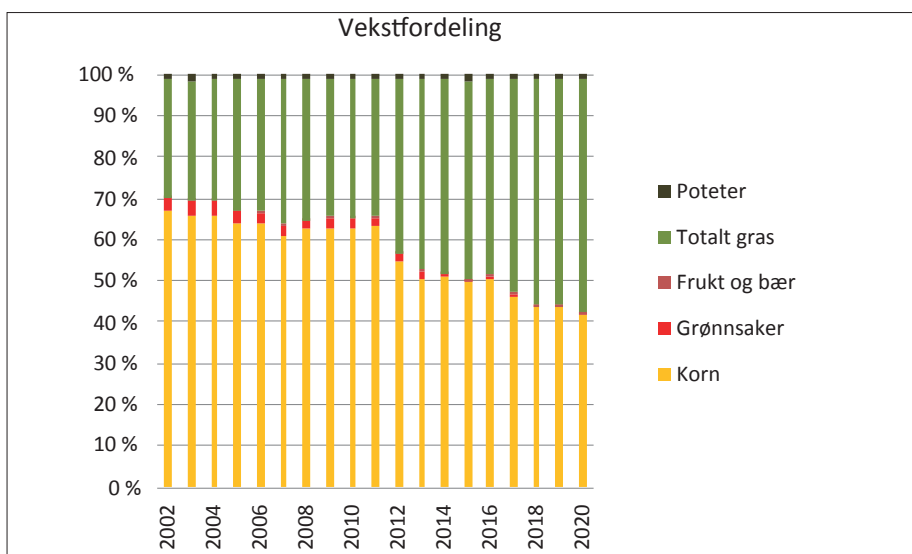
Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av fosfor rett etter spredning og som følge av høye fosfortall i jorda. Dessuten kan det være lekkasje av næringsstoffer fra gjødsellager. De siste 20 årene har det vært ca. 800 gjødseldyreheter (GDE), basert på husdyr som hører hjemme på eierdommer i nedbørfeltet (figur 5). Det vil si at det i nedbørfeltet blir produsert totalt ca. 11 tonn fosfor i husdyrgjødsel hvert år. Den totale mengde husdyrgjødsel svarer til 0,8 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spred-

ning av maksimalt 3,5 kg fosfor/dekar. Det vil si at det er tilstrekkelig areal til å oppfylle spredearealkravet. Det er ikke kjent hvor mye av husdyrgjødsel som faktisk spres innenfor nedbørfeltet.

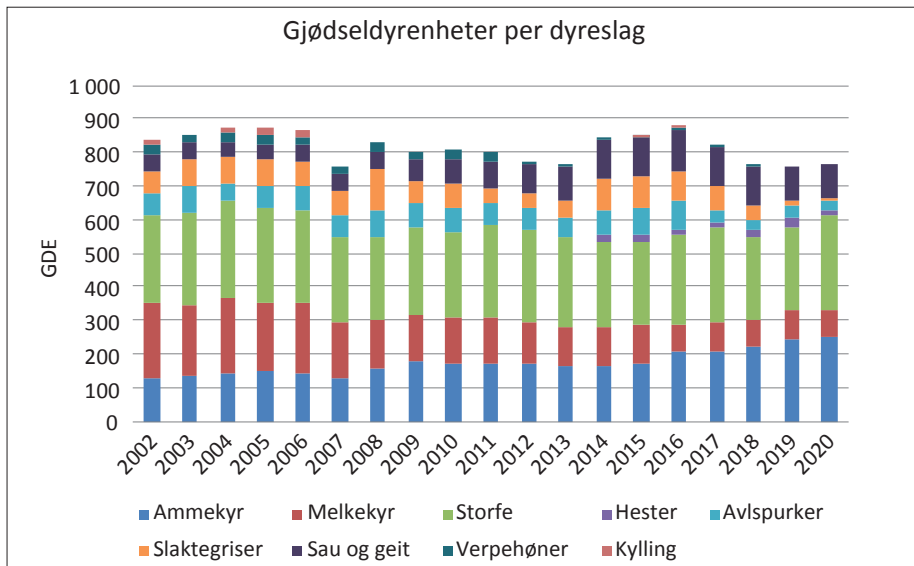
Det er ikke tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel.

Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer fosfor ved høy fosforstatus og dels fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når fosforstatus øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker dessuten med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn- og grasdyrking er 5-7 mg P-AL/100 g. Når fosforstatus er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor til korn og gras. Fosforstatus i dyrket mark



Figur 4. Vekstfordeling på jordbruksareal i nedbørfeltet til Sløvikselva 2002-2020 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 5. Trend i antall gjødseldyrenheter (GDE, en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 2002-2020 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Sløvikselva fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

i nedbørfeltet til Sløvikselva er i gjennomsnitt 12 mg P-AL/100g og har ikke endret seg mellom de to periodene 1997-2006 og 2007-2016 (figur 6). I jordprøver fra jordbruksarealene i nedbørfeltet til Sløvikselva ligger fosfortallet over P-AL 14 i ca. 30 % av prøvene.

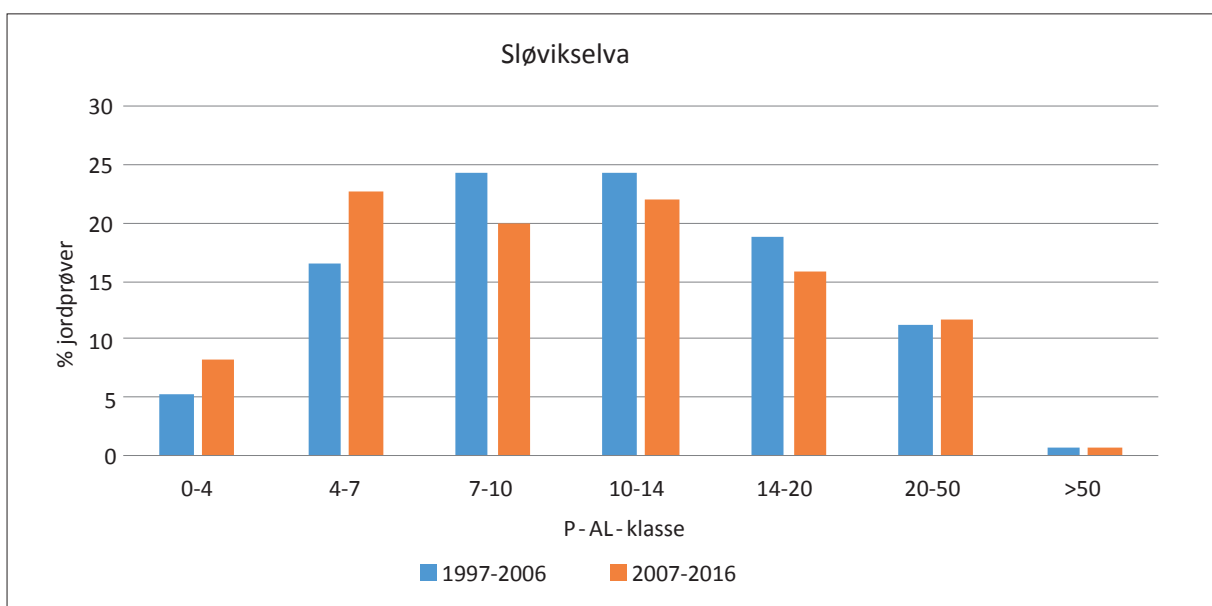
ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

Bekke- og elveerosjon kan forekomme, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi erosjon og tilførsel av næringsstoffer til vassdraget. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, og det har heller ikke vært kjente episoder med hogst

av kantsoner i jordbruksområder. Generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer. I noen tilfeller kan hogst i tillegg føre til økt erosjon og avrenning av fosfor.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

Ifølge registreringer i Regionalt miljøprogram var det rundt 40 % av kornarealet som overvintret i stubb i 2020 (figur 7). Det har dessuten vært en økende trend i antall meter med grasdekte vannveier i fosenkninger og grasdekte kantsoner langs vassdrag.



Figur 6. Andel av jordprøver med ulik fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997-2006 og 2007-2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Sløvikselva (Jorddatabanken, NIBIO).

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL VASSDRAGET

Ettersom størsteparten av fosfortilførselene til Sløvikselva kommer fra jordbruksarealene, vil jordbruks tiltak kunne bidra vesentlig til å redusere tilførselene. Redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus, sammen med overvintring i stubb og grasdekte vannveier på kornarealene, er viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Sløvikselva og innsjøene i nedbørfeltet. Dessuten vil oppgradering av private avløpsløsninger bidra til reduserte tilførsler, særlig når det gjelder biotilgjengelig fosfor.

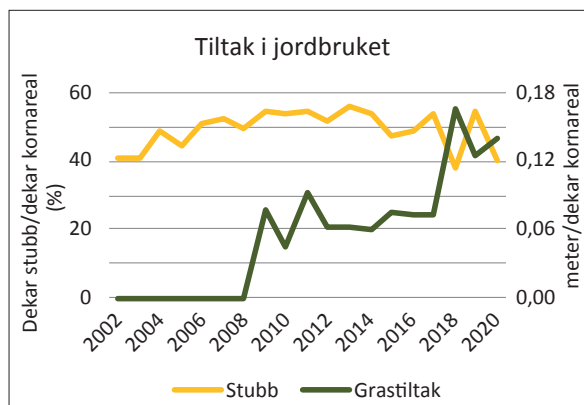
Privat og kommunalt avløp

En oppgradering av private avløpsløsninger vil potensielt kunne redusere tilførselene av totalfosfor til Sløvikselva med ca. 20 % (tabell 3). Tilførsel av biotilgjengelig fosfor reduseres tilsvarende med 31 %. Utbedring av det kommunale ledningsnett vil kunne gi en reduksjon på ca. 1 % av fosfortilførselen.

Jordbruksarealer

Tabell 3 viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg, samt effekt av å kombinere flere av tiltakene. Ved en kombinasjon av tiltak vil effekten være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak. Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til arealfordeling av vekster registrert i 2020. Tiltakseffektene er angitt som prosent reduksjon i fosfortap i forhold til total fosfortilførsel fra alle kilder.

Overvintring i stubb. Overvintring i stubb (ingen jordarbeiding om høsten) på kornarealer, eller gras på arealer utsatt for erosjon, er viktige tiltak. Det bidrar til å redusere erosjon både på flater og i forsengkninger. Det er beregnet at stubb på alt kornareal kan gi en reduksjon i fosfortap på 12 % sammenlignet med



Figur 7. Overvintring i stubb, grastiltak (grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner) i nedbørfeltet til Sløvikselva 2002–2020 (Kilde: Regionale miljøprogram, eStil).

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter. TP=totalfosfor, Bio-P=biotilgjengelig fosfor

Tiltak i nedbørfeltet til Sløvikselva	Reduksjon i fosfortilførsler* % av total tilførsel	
	TP	Bio-P
Oppgradering av privat avløp	20	31
Kommunalt avløp – tiltak i ledningsnett	1	1
Overvintring i stubb	12	5
Grasdekte vannveier	12	5
Grasdekte kantsoner	8	3
Ugjødsla kantsoner i eng	Ikke est.	Ikke est.
Fangdammer	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	9	11
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 7	18	22
Kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	28	20
Tiltak i potet og grønnsaker	Ikke est.	Ikke est.
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i punktkilder	Ikke est.	Ikke est.
Sum** P-AL 10	48	53

*Tiltakseffekter på jordbruksareal er beregnet med utgangspunkt i at alt kornareal er høstpløyd, og at vekstene ellers er fordelt som i 2020.

**Sum av tiltakene opprydding i spredt avløp, kommunalt avløp og kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10.

høstpløying. Noe av effekten er allerede tatt ut, siden ca. 40 % har overvintret i stubb de siste årene. Overvintring i stubb gir også redusert tap av nitrogen fra kornarealene.

Grasdekte vannveier og kantsoner. Grasdekte vannveier er et målrettet tiltak for å redusere erosjon i vannførende dråg og forsengkninger, og grasdekte kantsoner vil redusere erosjon på arealer nær elva. Etablering av grasdekte vannveier i Sløvikselvas nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 12 %, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon i fosfortap på 8 % hvis de anlegges langs alle bekker, elver og vann/innsjøer.

Fangdammer. Etablering av fangdammer, der forholdene ligger til rette for det, vil kunne holde tilbake jord og næringsstoffer og redusere den negative effekten av fosfor nedstrøms fangdammen. Norske studier viser at renseeffekten av fangdammer er målt

til 20-45 % for fosfor med størst effekt på partikkelbundet fosfor.

Redusert gjødsling. Når husdyrtettheten og fosforstatus i jorda øker, øker risikoen for fosforavrenning. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel brukes der jordas fosforstatus er høy, noe som særlig er viktig på arealer med torvjord. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Sløvikselvas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 10) er beregnet til 9 % reduksjon i fosfortap. Effekten er beregnet til det dobbelte ved å redusere P-AL til 7. Tiltak som reduserer jordas fosforstatus har ikke umiddelbar effekt, men virker over lang tid. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Spredning av husdyrgjødsel om våren eller i vekstsesongen fører til bedre utnyttelse av næringsstoffene og mindre risiko for avrenning av fosfor og nitrogen. Husdyrtettheten (0,06 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). Husdyrgjødsel bør prioriteres på arealene med lavest fosforstatus.

Uggjødsel kantsoner i eng. Gjødsling med god avstand til åpent vann vil det redusere risikoen for utslipp til elva. For beiter bør det være god avstand fra fôringsplass til åpent vann. Redusert risiko for avrenning av husdyrgjødsel vil bidra til å redusere tap av fosfor og nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i elva.

Jordbrukets punktkilder

Lagring og håndtering av gjødsel, silo og vaskevann uten lekkasjer er viktige tiltak i områder med mange husdyr.

ANDRE EFFEKTER AV TILTAK

Tiltak innenfor avløp og avrenning fra husdyrgjødsel vil, i tillegg til effekten på eutrofiering, også gi redusert organisk belastning, og dermed bedre oksygenforhold for bunndyr og fisk i elva. Det vil også redusere bakterieforurensingen. Redusert erosjon og avrenning av partikler vil også kunne bedre leveforholdene for bunndyr og fisk, som f.eks. er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- Kværnø, S.H., Turtumøygard, S., Grønsten, H.A. og Bechmann, M., 2014. Modellverktøy for beregning av jord- og fosfortap fra jordbruksdominerte områder. Dokumentasjon av modellen Agricat 2. Bioforsk rapport nr. 9(108).
- Mjelde, M., 2014. Handlingsplan for kalksjøer Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer – videreføring. NIVA-rapport 6685-2015. 73 s.
- Mjelde, M., 2016. Oppsummering av kunnskap om kalksjølokaliteter som er «utvalgt naturtype». NIVA-rapport 6998-2016. 224 s.
- Mjelde, M. & Jenssen, M. T. S., 2020. Undersøkelse av vannplanter i innsjøer i Gran og Lunner kommuner 2019. NIVA-rapport 7475-2020. 28 s.
- Stabell, T., 2019. Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018. FAUN rapport R017-2019. 28 s.
- Turtumøygard, S. & G. Hensel, 2021. WebGIS avløp – Fagsystem for avløp fra private rensanlegg. NIBIO-pop 7(31).

Faktaarket er utarbeidet på oppdrag for Vannområde Randsfjorden.

FORFATTERE:

Marianne Bechmann (NIBIO), Jan-Erik Thrane (NIVA), Sigrun Kværnø (NIBIO) og Stein Turtumøygard (NIBIO).



Foto: Håvard Lucassen

Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Vangselva og innsjøer i nedbørfeltet

Vangselva drenerer et nedbørfeltareal på 21,7 km² i Jevnaker kommune. Nedbørfeltet til Vangselva inneholder fire kalkrike innsjøer, og det finnes gode overvåkingsdata fra to av dem. I disse er tilstanden for fosfor hhv. god og moderat, mens tilstanden basert på forekomst av planteplankton er god i begge. Overvåking av vannkvaliteten nederst i Vangselva perioden 2018–2021 viser lave fosforkonsentrasjoner, men undersøkelser av begroingsalger indikerer allikevel moderat økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering. Dette kan tyde på at det forekommer perioder med høyere fosforkonsentrasjoner enn vannprøvene fanger opp. Konsentrasjonene av nitrogen i Vangselva og i Kårstادتjern er høye. Nitrogen er ikke begrensende for algevekst her, men indikerer en betydelig

avrenning fra jordbruk. Fulldyrka jordbruksareal utgjør 17 % av nedbørfeltarealet og arealavrenning fra jordbruket er den største (44 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet. Avløp bidrar med ca. 38 % av fosfortilførselene. Det er estimert at oppgradering av private avløpsløsninger og kommunalt avløp sammen med de beregnede effektene av jordbrukstiltak (reduksjon i jordas fosforstatus, grasdekte vannveier i forsengkninger, kantsoner langs vassdrag, og overvintring i stubb) kan redusere fosfortilførselene med 52 %. Ugjødsle kantsoner i eng er også et viktig tiltak for å redusere fosfortilførselene til vassdraget og oppnå god vannkvalitet i innsjøene i nedbørfeltet og i Vangselva.

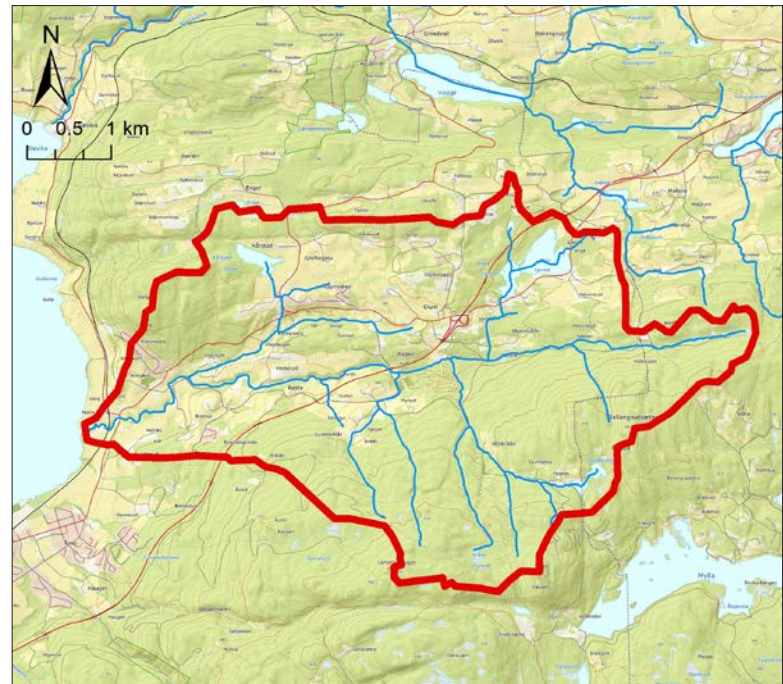
VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I INNSJØER I NEDBØRFELTET

Nedbørfeltet til Vangselva inneholder kun fem innsjøer. Tre av dem – Storetjern, Kårstادتjern og Finnerudputten – er kalkrike (≥ 20 mg kalsium pr. liter) og har bestander av kransalger. Slike kalksjøer er definert som utvalgt naturtype i henhold til naturmangfoldloven. Det finnes gode næringsstoff- og planteplanktondata fra Kårstادتjern og Storetjern, og begge er i god økologisk tilstand med hensyn til forekomst av planteplankton (tabell 1). I Kårstادتjern er tilstanden for fosfor også god, mens den er moderat i Storetjern. Nitrogenkonsentrasjonene er forhøyede i begge innsjøene, men høyest i Kårstادتjern. Nitrogen er ikke begrensende for vekst av planteplankton i kalksjøene, men for mye nitrogen er trolig ugunstig for kransalger (Mjelde 2014, Stabell 2019). Høye nitrogenkonsentrasjoner er vanligvis en tydelig indikasjon på avrenning fra jordbruk.

Undersøkelser av vannplanter (inkludert kransalger) viser god tilstand i Storetjern og Finnerudputten, og moderat tilstand i Kårstادتjern. Det er registrert kransalger i alle de tre innsjøene.

NÆRINGSSTOFFKONSENTRASJONER OG ØKOLOGISK TILSTAND I VANGSELVA

Ved prøvetakingsstasjonen nederst i Vangselva viser overvåkingsdata for perioden 2018–2021 svært god tilstand for totalfosfor (figur 2A; tabell 2). For løst fosfat (figur 2C) foreligger det ikke grenseverdier iht. vannforskriften, men konsentrasjonene i Vangselva var i siste treårsperiode ganske nær det en finner i upåvirkede vassdrag av samme type (rosa linje i fig. 2C). I 2018 var derimot konsentrasjonene av fosfat forhøyede. Undersøkelser av begroingsalger på stasjonen nederst i Vangselva viser moderat økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering, noe som indikerer at elva har en større fosforbelastning enn det vannprøvene tilsier (tabell 2). Biologiske indikatorer som



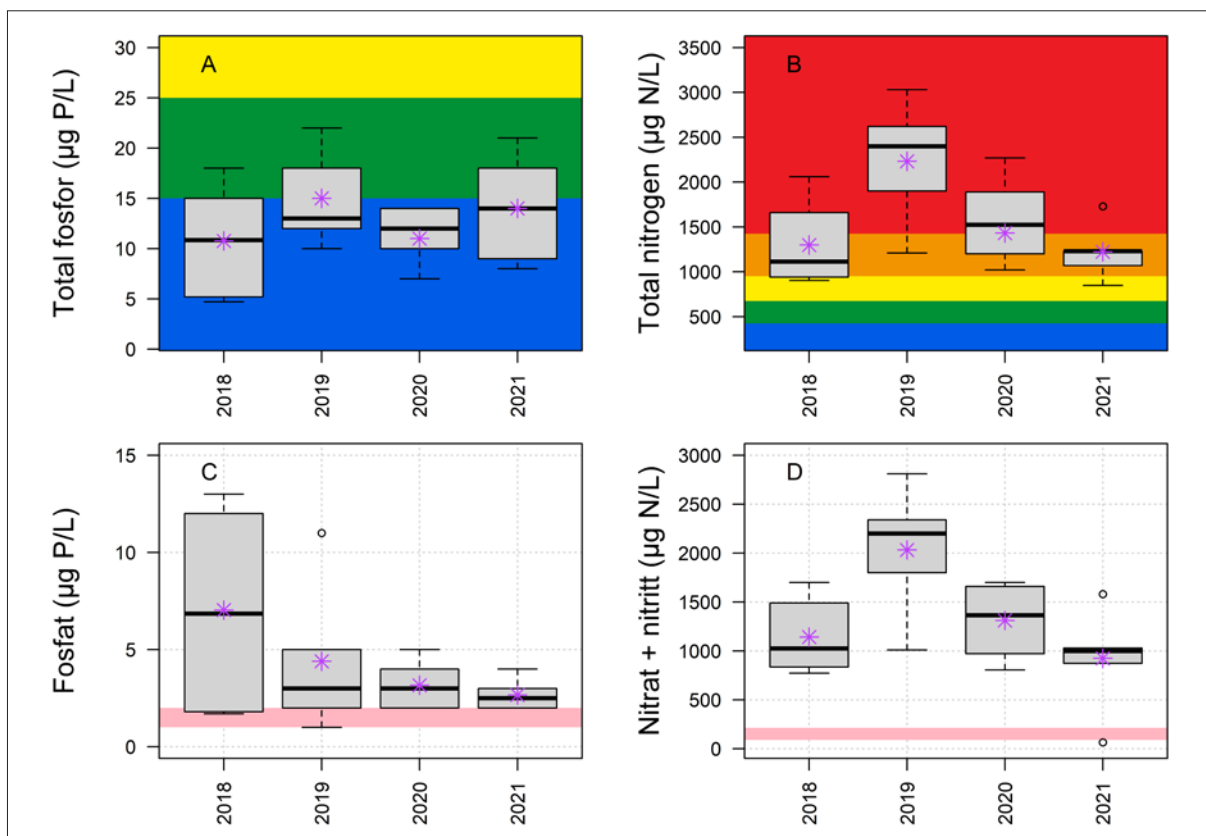
Figur 1. Nedbørfeltet til Vangselva (Kilde: Norges Vassdrags- og energidirektorat).

begroingsalger anses som en mer robust indikator enn fosforkonsentrasjon, siden vannprøvene (5–6 stk. pr. år) er stikkprøver, mens begroingsalger integrerer fosforbelastningen over tid.

Nivåene av totalnitrogen var høye og i svært dårlig eller dårlig tilstand alle fire år (figur 2B). Det samme gjelder nitrat (figur 2D), som utgjør hoveddelen av totalnitrogenet. Det finnes ikke grenseverdier for nitrat, men konsentrasjonene er i størrelsesorden 10 ganger høyere enn forventet i upåvirkede vassdrag av samme type (rosa linje i fig. 2D). Særlig 2019 skiller seg ut med høye nitrogenkonsentrasjoner. De høye nitrogenkonsentrasjonene er som nevnt over ikke årsak til eutrofiering. Det er fosfor som er det

Tabell 1. Økologisk tilstand for innsjøer med relevante overvåkingsdata i nedbørfeltet til Vangselva. Data er hentet fra vannmiljø (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) og det er beregnet gjennomsnittsverdier for perioden 2016–2021. For vannplanter (inkl. kransalger) er det supplert med data fra NIVAs database. Økologisk tilstand for klorofyll (Klf α), totalfosfor (Tot-P), totalnitrogen (Tot-N), maksimal biomasse av cyanobakterier (Cyanomax) og planteplankton (nEQR) er markert med farge, der blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Ca (mg/L) angir konsentrasjonen av kalsium. For noen av innsjøene mangler nyere undersøkelser av vannplanter, og økologisk tilstand for vannplanter er basert på eldre data (2007–2015) fra NIVAs database. Dette gjelder innsjøene der tilstanden for vannplanter er angitt med bokstav. I lokaliteter markert med fet skrift var en eller flere arter kransalger til stede ved siste undersøkelse. Tomme ruter betyr manglende data.

Lokalitet	Vannforekomst ID	Nasjonal vanntype	Ca (mg/L)	År med klf-data	Klf α ($\mu\text{g/L}$)	Tot-P ($\mu\text{g/L}$)	Tot-N ($\mu\text{g/L}$)	Cyanomax (mg/L)	Planteplankton nEQR	Vannplanter nEQR
Kårstادتjern	012-4917-L	L208	62	3	3,3	14,6	1242	0,033	0,71	0,45
Storetjern	012-4910-L	L207	46	3	3,2	14,2	677	0,023	0,70	0,78
Finnerudputten			54							G



Figur 2. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/l}$) av totalfosfor (A), totalnitrogen (B), fosfat (C) og nitrat (D) for årene 2018–2021 ved stasjon VAN1 nederst i Vangselva. Prøvene er tatt i perioden fra mai–oktober. Antall observasjoner pr. år er 2018 = 6, 2019 = 5, 2020 = 6 og 2021 = 6. Medianverdi er representert med svart, horisontal linje, mens årsgjennomsnitt er vist med lilla stjerne. Nedre og øvre del av boksen viser hhv. første og tredje kvartil. Bakgrunnsfargene i A) og B) representerer økologisk tilstandsklasse iht. klassegrensene for vanntype R109, der blå = svært god; grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig. For nitrat og fosfat finnes det ikke klassegrenser, men de rosa horisontale linjene i C) og D) viser forventet bakgrunnsnivå av hhv. fosfat og nitrat basert på data fra kalkrike referansevasdrag i lavlandet på Østlandet.

begrensende næringsstoffet for algevekst i systemet. Konsentrasjonene nederst i Vangselva påvirkes av tilbakeholdelse i nedbørfeltet. Tilbakeholdelse av fosfor i kalksjøene i vassdraget er trolig ganske høy som følge av utfelling sammen med kalsiumkarbonat ved høy pH og sedimentasjon av partikkelbundet fosfor. I tillegg kommer opptak i kransalger og annen vannvegetasjon. Nitrogen holdes i mindre grad tilbake i innsjøene sammenliknet med fosfor.

Vangselvas nedbørfelt er 21,7 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 17 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 5 %, skog og utmark 70 %, vannflater 2 % og samferdsel og bebyggelse 5 %. Det er ca. 150 husstader med privat avløpsløsning i nedbørfeltet til Vangselva, mens 479 husstader er tilknyttet offentlig avløpsnett.

Tabell 2. Gjennomsnittsverdier og økologisk tilstand for totalfosfor (tot-P, $\mu\text{g/l}$), totalnitrogen (tot-N, $\mu\text{g/l}$) og PIT-indeksen for påvekstlger fra stasjon VAN1 nederst i Vangselva. Verdiene er beregnet som gjennomsnitt for siste treårsperiode (2019–2021). Middelkonsentrasjoner er også oppgitt for fosfat ($\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$) og nitrat ($\mu\text{g NO}_3\text{-N/l}$), men her er det kun gjort en kvalitativ vurdering av konsentrasjonene siden det ikke finnes grenseverdier. Fargen indikerer økologisk tilstand, der blå = svært god, gul = moderat og rød = svært dårlig tilstand. Tot-N benyttes ikke i samlet tilstandsvurdering fordi fosfor er det begrensende næringsstoffet for algevekst.

Lokalitet	VannmiljøID	Vannforekomst	Vanntype	Tot-P	Tot-N	Fosfat	Nitrat	PIT	Samlet tilstand
Vangselva (VAN1)	012-28770	012-1681-R	R109	13	1630	3 (nær bakgrunn)	1400 (sterkt forhøyet)	21	M

KILDER TIL FOSFOR

I løpet av et gjennomsnittsårl tilføres det om lag 0,6 tonn totalfosfor til Vangselva (figur 3A). Arealavrenning fra jordbruket er den største (44 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Vangselva. Samlet tilførsel fra privat og kommunalt avløp utgjør 38 % av de totale fosfortilførselene. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er på totalt drøyt 0,3 tonn/år. Jordbruk bidrar med 42 % av dette, og avløp med 53 % (figur 3B).

Skog og utmark utgjør en stor del av arealet i nedbørfeltet (70 %), men pga. lite fosforavrenning per arealenhet, blir det forholdsvis lite tilførsel av totalfosfor (16 %) fra disse arealene (figur 3A). Fosfor i avrenning fra skog og utmark har dessuten lav biotilgjengelighet, og disse arealene bidrar derfor med ubetydelige mengder biotilgjengelig fosfor (figur 3B). Tilførselene av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor fra samferdsel og bebyggelse og deponisjon av fosfor på vannflater er også små (figur 3A og 3B).

Totalfosfor kan deles i partikkelbundet fosfor og løst fosfat. Fosforet som kan utnyttes av alger (biotilgjengelig fosfor) inkluderer løst fosfat og en del av det partikkelbundne fosforet.

PRIVAT OG KOMMUNALT AVLØP

Det er ca. 150 husstander med private avløp i nedbørfeltet hvorav ca. 135 (89 %) har avløpsløsninger som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. Lekkasje i det kommunale ledningsnettet utgjør ca. 15 % av de totale fosfortilførselene fra avløpssektoren.

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

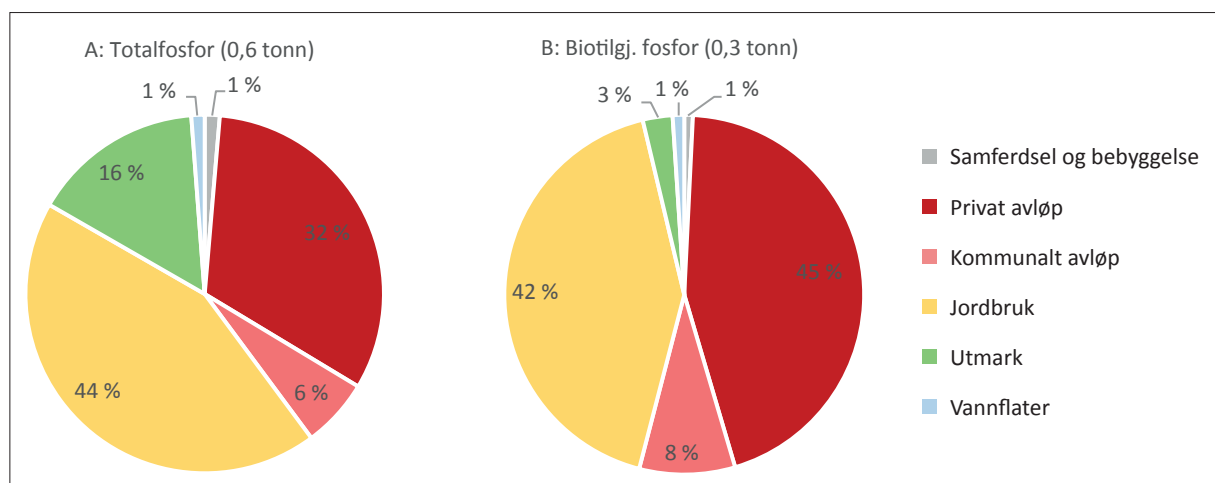
Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Vangselva endret seg. Areal med eng har økt samtidig som det har blitt mindre åpen åker på jordbruksarealene. Arealendringen fører til redusert risiko for erosjon og fosforavrenning. Fosforstatus er høy i jordbruksarealene og har økt, og det er registrert en økning i antall husdyr over de siste 20 årene. Det fører til økt risiko for fosforavrenning.

Vekstfordeling

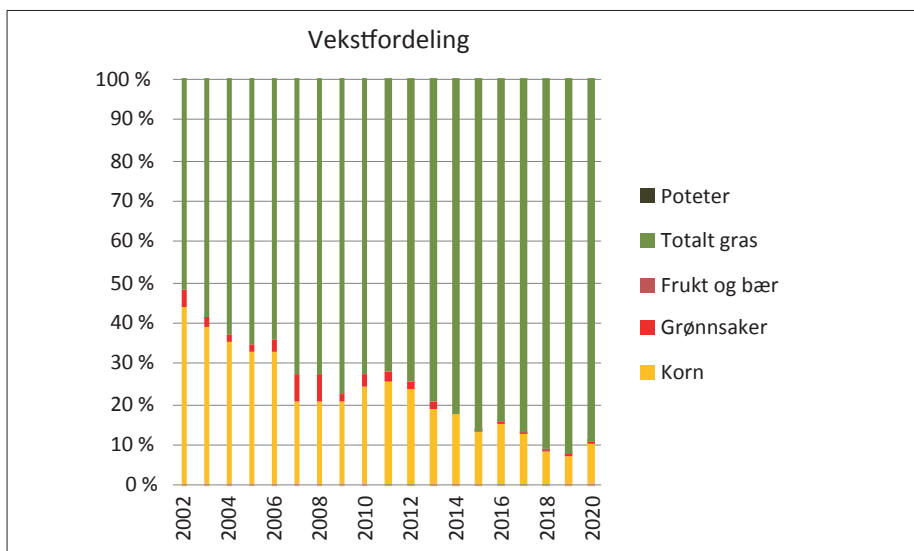
I nedbørfeltet til Vangselva ble det i 2002 dyrket gras på ca. 50 % av jordbruksarealet, mens grasandelen i 2020 har økt til ca. 90 % av jordbruksarealet (figur 4). Kornarealet ble redusert tilsvarende, noe som bidrar til redusert erosjon og redusert avrenning av fosfor. Det var potet og grønnsaker på ca. 4 % av arealet i 2002 (figur 4), men i 2020 har grønnsaksdyrking ifølge registreringene forsvunnet nesten helt fra nedbørfeltet. Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året noe som medfører risiko for erosjon og fosforavrenning. Nedgang i areal med grønnsaker og potet bidrar til redusert risiko for erosjon og fosfortap fra jordbruksarealene.

Husdyrtetthet

Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av fosfor rett etter spredning og som følge av høy fosforstatus i jorda. Dessuten kan det være lekkasje av næringsstoffer fra gjødsellager. I perioden fra 2002 til 2020 har det vært en økning i husdyrtall fra ca. 300 til ca. 400 gjødseldyrenheter (GDE) (figur 5). En økning i husdyrtall på 100 GDE svarer i fosformengde til 1,4 tonn fosfor, det vil si at det i nedbørfeltet ble produsert totalt ca. 5,6 tonn



Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) i nedbørfeltet til Vangselva. Tilførselsberegninger basert på Kværnø m.fl. 2014 (jordbruk), Turtumøygard og Hensel 2021 (avløp) og Bechmann m.fl. 2016 (øvrige kilder).



Figur 4. Vekstfordeling på jordbruksareal i nedbørfeltet til Vangselva 2002–2020 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

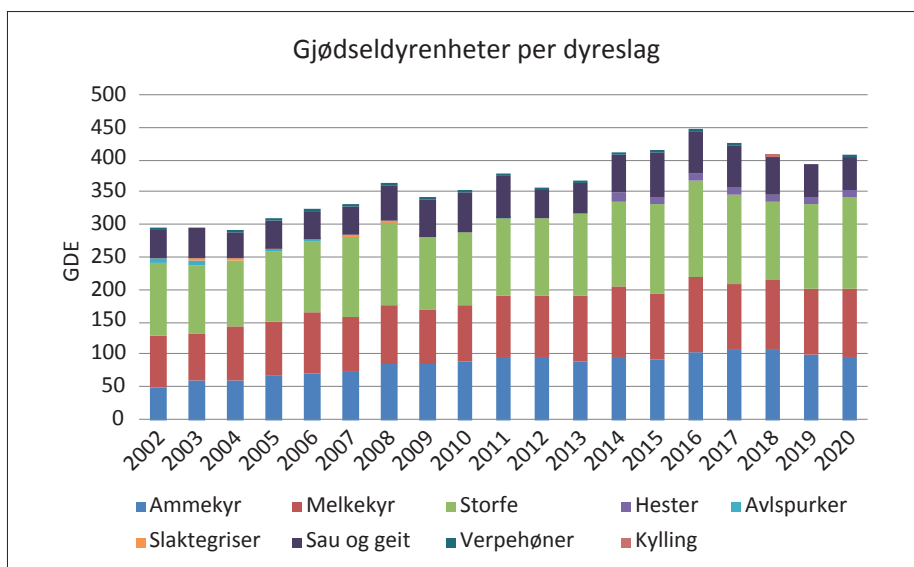
fosfor i husdyrgjødsel i 2020. Den totale mengde husdyrgjødsel svarer til 1,2 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig, basert på husdyr som hører hjemme på eiendommer i nedbørfeltet. Det er ikke kjent hvor mye av husdyrgjødsel som faktisk spres innenfor nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av maksimalt 3,5 kg fosfor/dekar.

Det er ikke tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel.

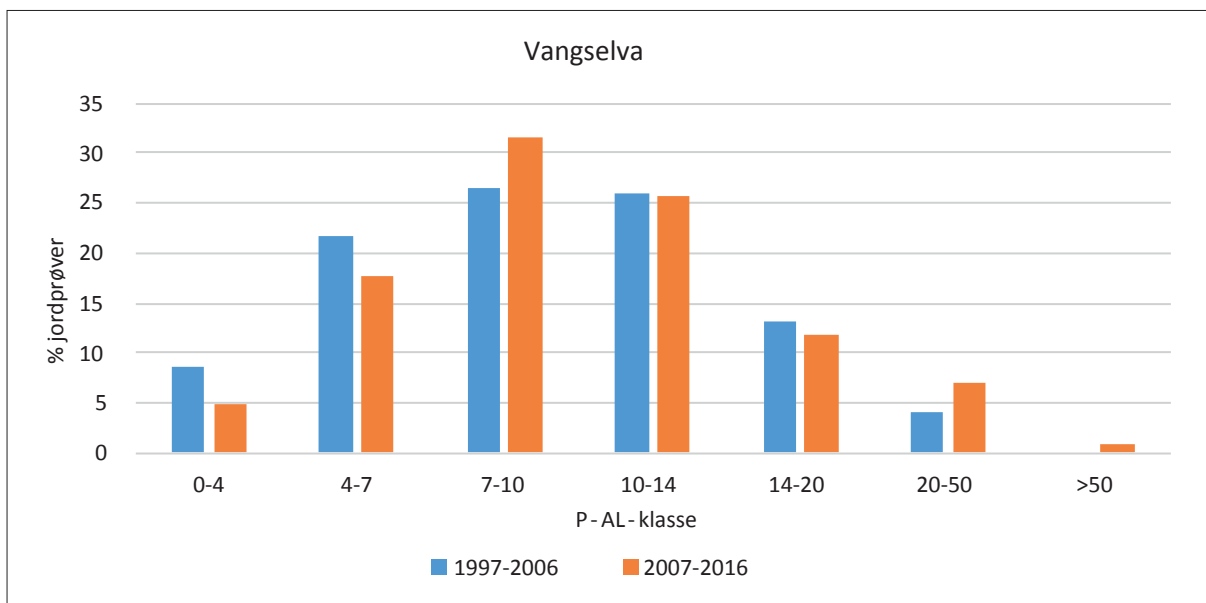
Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer fosfor ved høy fosforstatus og dels fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når fosforstatus øker.

Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker dessuten med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn- og grasdyrking er 5–7 mg P-AL/100 g. Gjennomsnittlig fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet til Vangselva har økt fra 10 mg P-AL/100 g til 13 mg P-AL/100 g fra perioden 1997–2006 til perioden 2007–2016 (figur 6). Fosforstatus øker når det tilføres mer fosfor med gjødsel, både husdyrgjødsel og mineralgjødsel, sammenlignet med det som tas ut i avling. Det var dessuten en økning i antall jordprøver med fosforstatus over 14 mellom de to periodene (figur 6). Fosforstatus er over 14 i ca. 20 % av jordprøvene. Økning i husdyrtall og dermed husdyrgjødselmengden kan være forklaringen på at fosforstatus har økt. Når fosforstatus er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor til korn og gras.



Figur 5. Trend i antall gjødseldyrenheter (GDE, en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 2002–2020 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Vangselva fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 6. Andel av jordprøver med ulik fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997–2006 og 2007–2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Vangselva (Jorddatabanken, NIBIO).

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

Ifølge registreringer i Regionalt miljøprogram var det rundt 60 % av kornarealet som overvintret i stubb i 2020 (figur 7). Det har ikke vært registrert grastiltak (grasdekte vannveier og kantsoner) i nedbørfeltet til Vangselva. Overvintring i stubb og grastiltak er viktige tiltak for å redusere erosjon og avrenning av fosfor fra jordbruksarealene.

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

Bekke- og elveerosjon kan forekomme, men omfanget er ikke kjent. Utbygging av ny E16 (2019–2022) gjennom nedbørfeltet, samt opparbeidelse av hyttefelt kan ha bidratt til avrenning av partikler og næringsstoffer, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi erosjon og tilførsel av næringsstoffer til vassdraget. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, og det har heller ikke vært kjente episoder med hogst av kantsoner i jordbruksområder. Generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer. I noen tilfeller kan hogst i tillegg føre til økt erosjon og avrenning av fosfor.

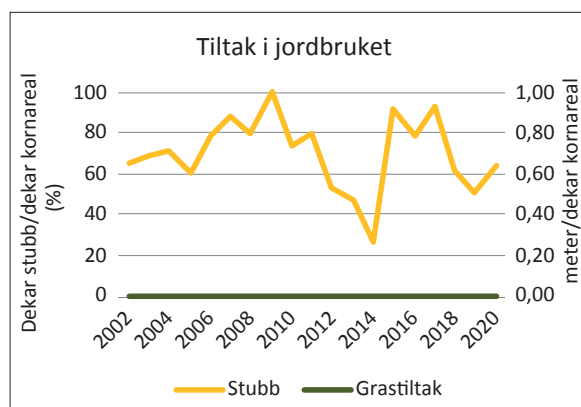
AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL VASSDRAGET

Mesteparten av fosfortilførselene til Vangselva kommer fra jordbruksarealene, men avløp bidrar med mesteparten av det biotilgjengelige fosforet. Oppgra-

dering av privat avløp vil derfor bidra til betydelig reduksjon i tilførsler av biotilgjengelig fosfor. Jordbrukstiltakene vil gi ytterligere reduksjon i totalfosfor. Redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus er, sammen med ugjødsla kantsoner, viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Vangselva og innsjøene i nedbørfeltet.

Kommunalt og spredt avløp

En oppgradering av private avløpsløsninger vil potensielt kunne redusere tilførselene til Vangselva med 28 % (tabell 3). Tilførsel av biotilgjengelig fosfor reduseres tilsvarende med 39 %. Tiltak mot lekkasjer på det kommunale ledningsnett vil potensielt kunne gi en reduksjon på ca. 5 % av totalfosfor og 7 % av biotilgjengelig fosfor.



Figur 7. Overvintring i stubb og grastiltak (grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner) i nedbørfeltet til Vangselva 2002–2020 (Kilde: Regionale miljøprogram, eStil).

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter. TP=totalfosfor, Bio-P=biotilgjengelig fosfor.

Tiltak i nedbørfeltet til Vangselva	Reduksjon i fosfortilførsler* % av total tilførsel	
	TP	Bio-P
Oppgradering av privat avløp	28	39
Kommunalt avløp – tiltak i ledningsnett	5	7
Overvintring i stubb	5	2
Grasdekte vannveier	6	2
Grasdekte kantsoner	1	0
Ugjødsla kantsoner i eng	Ikke est.	Ikke est.
Fangdammer	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	4	5
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 7	11	13
Kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	12	8
Tiltak i potet og grønn saker	Ikke est.	Ikke est.
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i punktkilder	Ikke est.	Ikke est.
Sum** P-AL 10	46	54

*Tiltakseffekter på jordbruksareal er beregnet med utgangspunkt i at alt kornareal er høstpløyd, og at vekstene ellers er fordelt som i 2020.

** Sum av tiltakene opprydding i spredt avløp, kommunalt avløp og kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10.

Jordbruksarealer

Tabell 3 viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg, samt effekt av å kombinere flere av tiltakene. Ved en kombinasjon av tiltak vil effekten være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak. Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til arealfordeling av vekster i 2020. Tiltakseffektene er angitt som prosent reduksjon i fosfortap i forhold til total fosfortilførsel fra alle kilder.

Redusert gjødsling. Når husdyrtettheten og fosforstatus i jorda øker, øker risikoen for fosforavrenning. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsling bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsling brukes der jordas fosforstatus er høy, noe som særlig er viktig på arealer med torvjord. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Vangselvas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 10), er beregnet til 4 % reduksjon i fosfortap. Effekten er beregnet til 11 % reduksjon i fosfortap ved

å redusere P-AL til 7. Tiltak som reduserer jordas fosforstatus har ikke umiddelbar effekt, men virker over lang tid. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Spredning av husdyrgjødsel om våren eller i vekstsesongen fører til bedre utnyttelse av næringsstoffene og mindre risiko for avrenning av fosfor og nitrogen. Husdyrtettheten (0,09 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). Husdyrgjødsel bør prioriteres på arealene med lavest fosforstatus.

Ugjødsla kantsoner i eng. Gjødsling med god avstand til åpent vann vil redusere risikoen for utslipp til elva. For beiter bør det være god avstand fra fôringsplass til åpent vann. Redusert risiko for avrenning av husdyrgjødsel vil bidra til å redusere tap av fosfor og nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i elva.

Overvintring i stubb. Overvintring i stubb (ingen jordarbeiding om høsten) på kornarealer, eller gras på arealer utsatt for erosjon, bidrar til å redusere erosjon og fosfortap både på flater og i forsengkninger. Det er beregnet at stubb på alt kornareal kan gi en reduksjon i fosfortap på 5 % sammenlignet med om alt kornareal ble høstpløyd. De siste årene har rundt 60 % av arealet overvintret i stubb og en del av tiltakseffekten er dermed allerede tatt ut. Overvintring i stubb gir også redusert tap av nitrogen fra kornarealene. Det dyrkes korn på kun ca. 10 % av jordbruksarealet.

Grasdekte vannveier og kantsoner. Grasdekte vannveier er et målrettet tiltak for å redusere erosjon i vannførende dråg og forsengkninger, og grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i Vangselvas nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 6 %, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon i fosfortap på 1 % hvis de anlegges langs alle bekker, elver og vann/innsjøer.

Fangdammer. Etablering av fangdammer, der forholdene ligger til rette for det, vil kunne holde tilbake jord og næringsstoffer og redusere den negative effekten av fosfor nedstrøms fangdammen. Norske studier viser at renseeffekten av fangdammer er målt til 20–45 % for fosfor med størst effekt på partikkelbundet fosfor.

Jordbrukets punktkilder

Lagring og håndtering av gjødsel, silo og vaskevann uten lekkasjer er viktige tiltak i områder med mange husdyr.

ANDRE EFFEKTER AV TILTAK

Tiltak innenfor avløp og avrenning fra husdyrgjødsel vil, i tillegg til effekten på eutrofiering, også gi redusert organisk belastning, og dermed bedre oksygenforhold for bunndyr og fisk i elva. Det vil også redusere bakterieforurensningen. Redusert erosjon og avrenning av partikler vil også kunne bedre leveforholdene for bunndyr og fisk, som f.eks. er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- Kværnø, S.H., Turtumøygard, S., Grønsten, H.A. og Bechmann, M., 2014. Modellverktøy for beregning av jord- og fosfortap fra jordbruksdominerte områder. Dokumentasjon av modellen Agricat 2. Bioforsk rapport nr. 9(108).
- Mjelde, M., 2014. Handlingsplan for kalksjøer Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer – videreføring. NIVA-rapport 6685-2015. 73 s.
- Mjelde, M., 2016. Oppsummering av kunnskap om kalksjølokalteter som er «utvalgt naturtype». NIVA-rapport 6998-2016. 224 s.
- Mjelde, M. & Jenssen, M. T. S., 2020. Undersøkelse av vannplanter i innsjøer i Gran og Lunner kommuner 2019. NIVA-rapport 7475-2020. 28 s.
- Stabell, T., 2019. Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018. FAUN rapport R017-2019. 28 s.
- Turtumøygard, S. & G. Hensel, 2021. WebGIS avløp – Fagsystem for avløp fra private renseanlegg. NIBIO-pop 7(31).

Faktaarket er utarbeidet på oppdrag for Vannområde Randsfjorden.

FORFATTERE:

Marianne Bechmann (NIBIO), Jan-Erik Thrane (NIVA), Sigrun Kværnø (NIBIO) og Stein Turtumøygard (NIBIO).



Foto: Håvard Lucassen

Eutrofiering av Hadelandsvassdrag – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i Vigga og innsjøer i nedbørfeltet

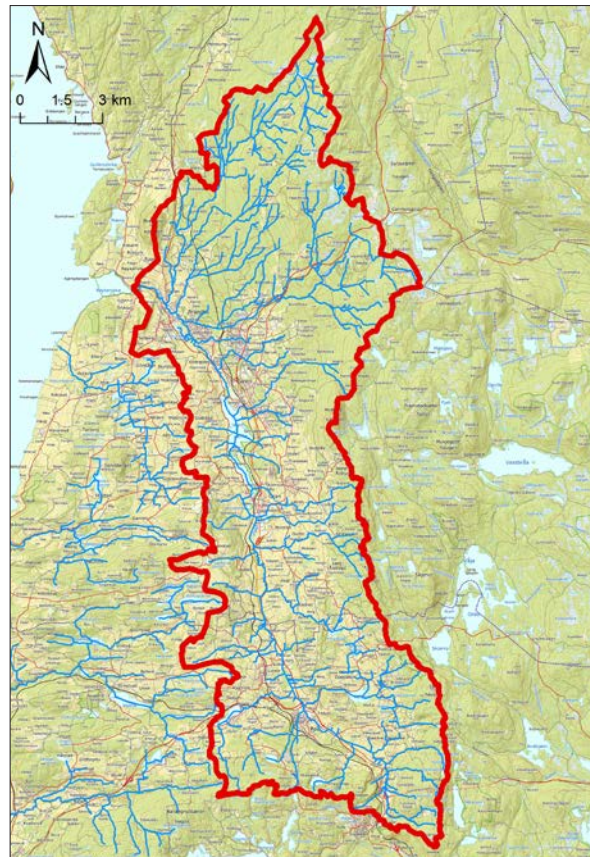
Vigga er den største elva på Hadeland og drenerer et nedbørfelt på 179 km² i Gran og Lunner kommuner. Nedbørfeltet til Vigga inneholder i underkant av 20 kalkrike innsjøer og tjern, hvorav flere har eller har hatt bestander av kransalger. I flere av kalksjøene er det utfordringer med eutrofiering som følge av forhøyede fosfortilførsler. Overvåking av begroingsalger nederst i Vigga viser moderat tilstand med hensyn til eutrofiering, til tross for at fosforkonsentrasjonene i perioden 2012–2021 har vært overveiende lave. Moderat tilstand for begroing kan tyde på en noe større fosforbelastning enn det som fanges opp i vannprøvene. Konsentrasjonene av nitrogen i Vigga og i flere av innsjøene er svært høye. Nitrogen er ikke begrensende for algevekst her, men indikerer betyde-

lig avrenning fra jordbruk. Fulldyrka jordbruksareal utgjør 25 % av nedbørfeltarealet og arealavrenning fra jordbruket er den største (60 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Vigga. Avløp bidrar med 25 % av tilførselene av totalfosfor, men en større andel av det biotilgjengelige fosforet. Det er estimert at oppgradering av private avløpsløsninger og kommunalt avløp sammen med de beregnede effektene av jordbrukstiltak (reduksjon i jordas fosforstatus, grasdekte vannveier i forsengkninger, kantsoner langs vassdrag, og overvintring i stubb) kan redusere fosfortilførselene med 55 %. Ugjødsle kantsoner i eng er også et viktig tiltak for å redusere fosfortilførselene til vassdraget og oppnå god vannkvalitet i innsjøene i nedbørfeltet og i Vigga.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I INNSJØER I NEDBØRFELTET

Nedbørfeltet til Vigga inneholder i underkant av 20 kalkrike (≥ 20 mg kalsium pr. liter) innsjøer og tjern. De fleste har eller har trolig hatt bestander av kransalger. Slike kalksjøer er definert som utvalgt naturtype i henhold til naturmangfoldloven. De fleste av kalksjøene er påvirket av eutrofiering i større eller mindre grad. Blant innsjøene med gode overvåkingsdata fra perioden 2016–2021, havner fire av fem innsjøer i moderat eller dårlig tilstand basert på forekomst av planteplankton (tabell 1). Redusert tilstand for planktonalger skyldes som regel forhøyet tilførsel av fosfor, og i Viggas nedbørfelt er tilstanden for totalfosfor moderat eller dårligere i fire av seks innsjøer der dette er målt. Nitrogen er ikke begrensende for vekst av planteplankton i kalksjøene, men for mye nitrogen er trolig ugunstig for kransalger (Mjelde 2014; Stabell 2019). Høye nitrogenkonsentrasjoner er vanligvis en tydelig indikasjon på avrenning fra jordbruk. Konsentrasjonen av totalnitrogen er i tilstandsklasse moderat til svært dårlig tilstand i alle seks innsjøene der dette er målt.

Undersøkelser av vannplanter (inkludert kransalger) viser at de fleste innsjøene ikke når målet om god økologisk tilstand (tabell 1). Unntakene er Omdalsvann og Oppentjernet, der vannplantene ved siste undersøkelse indikerte god økologisk tilstand (data fra 2008 og 2011). Begge disse kalksjøene har relativt lite jordbruksareal i nedbørfeltet og er forholdsvis lite påvirket, spesielt Omdalsvann. Krugge-



Figur 1. Nedbørfeltet til Vigga (Kilde: Norges Vassdrags- og energidirektorat).

rudtjern skiller seg også ut som lite påvirket om man bedømmer ut ifra planteplankton og fosforkonsentrasjon. Jarenvatnet, som er den største innsjøen i nedbørfeltet, har god tilstand med hensyn til klorofyll og

Tabell 1. Økologisk tilstand for innsjøer med relevante overvåkingsdata i nedbørfeltet til Vigga. Data er hentet fra vannmiljø (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>) og det er beregnet gjennomsnittsverdier for perioden 2016–2021. For vannplanter (inkl. kransalger) er det supplert med data fra NIVAS database. Økologisk tilstand for klorofyll (klf α), totalfosfor (Tot-P), totalnitrogen (Tot-N), maksimal biomasse av cyanobakterier (Cyanomax) og planteplankton (nEQR) er markert med farge, der blå = svært god, grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig tilstand. Ca (mg/L) angir konsentrasjonen av kalsium. For noen av innsjøene mangler nyere undersøkelser av vannplanter, og økologisk tilstand for vannplanter er basert på eldre data (2007–2015) fra NIVAS database. Dette gjelder innsjøene der tilstanden for vannplanter er angitt med bokstav. I lokaliteter markert med fet skrift var en eller flere arter kransalger til stede ved siste undersøkelse. Tomme ruter betyr manglende data.

Lokalitet	Vannforekomst ID	Nasjonal vanntype	Ca (mg/L)	År med klf-data	Klf α ($\mu\text{g/L}$)	Tot-P ($\mu\text{g/L}$)	Tot-N ($\mu\text{g/L}$)	Cyanomax (mg/L)	Planteplankton nEQR	Vannplanter nEQR
Omdalsvann	012-4915-L	L207	39							G
Oppentjernet	012-4909-L	L207	26							G
Kalvsjøtjernet	012-4891-L	L207	40	3	5,7	17,9	598	0,16	0,51	M
Raknerudtjernet	012-4832-L	L207	64	3	20,3	31,3	2101	0,10	0,24	
Jarenvatnet	012-557-L	L109	54	2	6,4	11,9	2023	1,69	0,57	0,35
Kruggerudtjern	012-4849-L	L207	29	3	1,7	8,9	1046	0,02	0,86	M
Stumnetjernet	012-4858-L	L207	43	3	8,6	17,2	1682	0,23	0,49	-
Harpetjernet	012-3303-R	L207	26							D
Grønntjernet	012-3303-R	L207								D
Bergstjern	012-4742-L	L109	73	1	7,1	17,5	1735	0,14	0,81	0,34

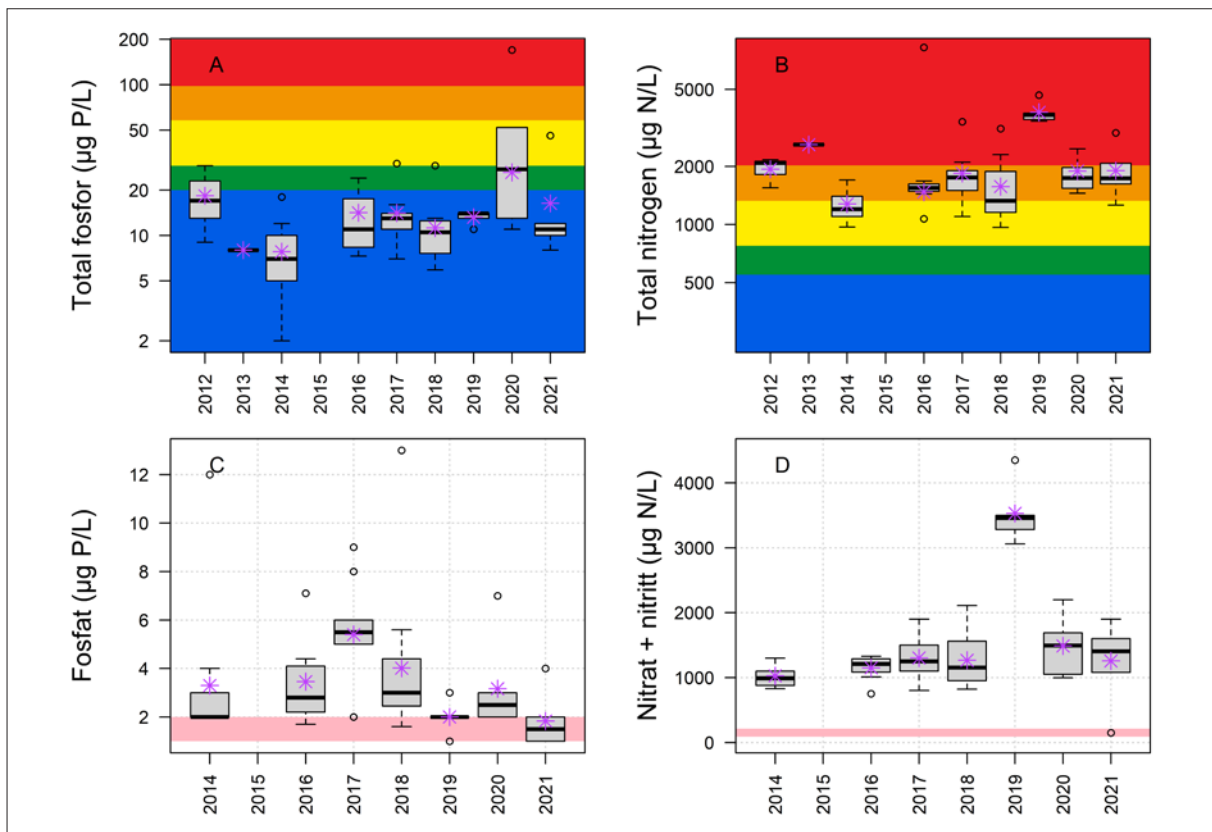
totalfosfor, men svært høye nivåer av nitrogen og moderat tilstand for planteplankton og cyanobakterier. Tilstanden for vannplanter har variert en del fra år til år, men var dårlig i 2018 og 2020.

NÆRINGSSTOFFKONSENTRASJONER OG ØKOLOGISK TILSTAND I VIGGA

Ved prøvetakingsstasjonen nederst i Vigga viser overvåkingsdata for perioden 2012–2021 generelt lave konsentrasjoner av totalfosfor. Årsgjennomsnittene har stort sett vært godt innenfor svært god eller god økologisk tilstand, med unntak av 2020 da totalfosfor var nær grensen til moderat (figur 2). Det er derimot enkeltprøver med betydelig høyere konsentrasjoner, som indikerer at fosfornivået i perioder kan være høyere. Nivåene av fosfat er de fleste år ganske nært referansenivå (rosa linje i fig. 2C), men også her er det enkelte høye målinger, og det var noe høyere konsentrasjoner i 2017. Undersøkelser av begroingsalger viser moderat tilstand med hensyn til eutrofiering. Dette indikerer at elva har en noe større fosforbelast-

ning enn det vannprøvene tilsier (tabell 2). Biologiske indikatorer som begroingsalger anses som en mer robust indikator enn fosforkonsentrasjon, siden vannprøvene er stikkprøver, mens begroingsalgene integrerer fosforbelastningen over tid.

Konsentrasjonene av totalnitrogen i Vigga er betydelig forhøyet og har de fleste år vært i dårlig tilstand (figur 2). I 2019 var nitrogenkonsentrasjonene spesielt høye og i svært dårlig tilstand. Nivåene av nitrat var også høye, med årlige gjennomsnittskonsentrasjoner som regel i området 1000–1500 µg/L. Det finnes ikke grenseverdier for nitrat, men årsmiddelkonsentrasjonene er i størrelsesorden syv til ti ganger høyere enn forventet i upåvirkede vassdrag av samme type (rosa linje i fig. 2D). De høye nitrogenkonsentrasjonene er et tydelig tegn på avrenning fra jordbruk, men er ikke årsak til eutrofiering. Det er fosfor som er det begrensende næringsstoffet for algevekst i systemet. Konsentrasjonene nederst i Vigga påvirkes av tilbakeholdelse i nedbørfeltet. Tilbakeholdelse av fosfor



Figur 2. Konsentrasjoner (µg/l) av totalfosfor (A) og totalnitrogen (B) for årene 2012–2021, og fosfat (C) og nitrat (D) for årene 2014–2021 ved stasjon VIG1 nederst i Vigga. Data fra 2015 mangler. Prøvene er tatt i perioden fra mai–november. Antall observasjoner pr. år er 2012 = 3, 2013 = 1, 2014 = 10, 2015 = NA, 2016 = 7, 2017 = 10, 2018 = 12, 2019 = 5, 2020 = 6 og 2021 = 6. Medianverdi er representert med svart, horisontal linje, mens årsgjennomsnitt er vist med lilla stjerne. En ekstrem utligger for Tot-P (170 µg/L, 30 juni 2020) og Tot-N (8250 µg/L, 4 oktober 2016) er utelatt fra snittberegningene, men er trolig reelle verdier som indikerer episoder med høyere P- og N-tilførsel. Nedre og øvre del av boksen viser hhv. Første og tredje kvartil. Bakgrunnsfargene i A) og B) representerer økologisk tilstandsklasse iht. klassegrensene for vanntype R110, der blå = svært god; grønn = god, gul = moderat, oransje = dårlig og rød = svært dårlig. For nitrat og fosfat finnes det ikke klassegrenser, men de rosa horisontale linjene i C) og D) viser forventet bakgrunnsnivå av hhv. Fosfat og nitrat basert på data fra kalkrike referansevassdrag i lavlandet på Østlandet. Merk log-transformert y-akse i A) og B).

Tabell 2. Gjennomsnittsverdier og økologisk tilstand for totalfosfor (tot-P, µg/l), totalnitrogen (tot-N, µg/l) og PIT-indeksen for påvekstlger fra stasjon VIG1 nederst i Vigga. Verdiene er beregnet som gjennomsnitt for siste treårsperiode (2019–2021) for vannkjemi og for 2019 og 2020 for PIT. Middelkonsentrasjoner er også oppgitt for fosfat (µg PO₄-P/l) og nitrat (µg NO₃-N/l), men her er det kun gjort en kvalitativ vurdering av konsentrasjonene siden det ikke finnes grenseverdier. En ekstrem utligger for Tot-P (170 µg/L, 30 juni 2020) og Tot-N (8250 µg/L, 4 oktober 2016) er utelatt fra snittberegningene, men er trolig reelle verdier som indikerer episoder med høyere P- og N-tilførsel. Fargen indikerer økologisk tilstand, der blå = svært god, gul = moderat og rød = svært dårlig tilstand. Tot-N benyttes ikke i samlet tilstands-vurdering fordi fosfor er det begrensende næringsstoffet for algevekst.

Lokalitet	Vann-miljøID	Vann-forekomst	Vanntype	Tot-P	Tot-N	Fosfat	Nitrat	PIT	Samlet tilstand
Vigga (VIG1)	012-30637	012-3315-R	R110	19	2533	2 (nær bakgrunn)	2125 (svært forhøyet)	18	M

i kalksjøene i vassdraget er trolig ganske høy som følge av utfelling sammen med kalsiumkarbonat ved høy pH og sedimentasjon av partikkelbundet fosfor. I tillegg kommer opptak i kransalger og annen vannvegetasjon. Nitrogen holdes i mindre grad tilbake i innsjøene sammenliknet med fosfor.

Viggas nedbørfelt er 179 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 25 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 3 %, skog og utmark 61 %, vannflater 2 % og samferdsel og bebyggelse 8 %. Det er ca. 2010 husstander med privat avløpsløsning i nedbørfeltet til Vigga. Store deler av nedbørfeltet er tilknyttet offentlig ledningsnett og avløp føres til Brandbu og Volla renseanlegg.

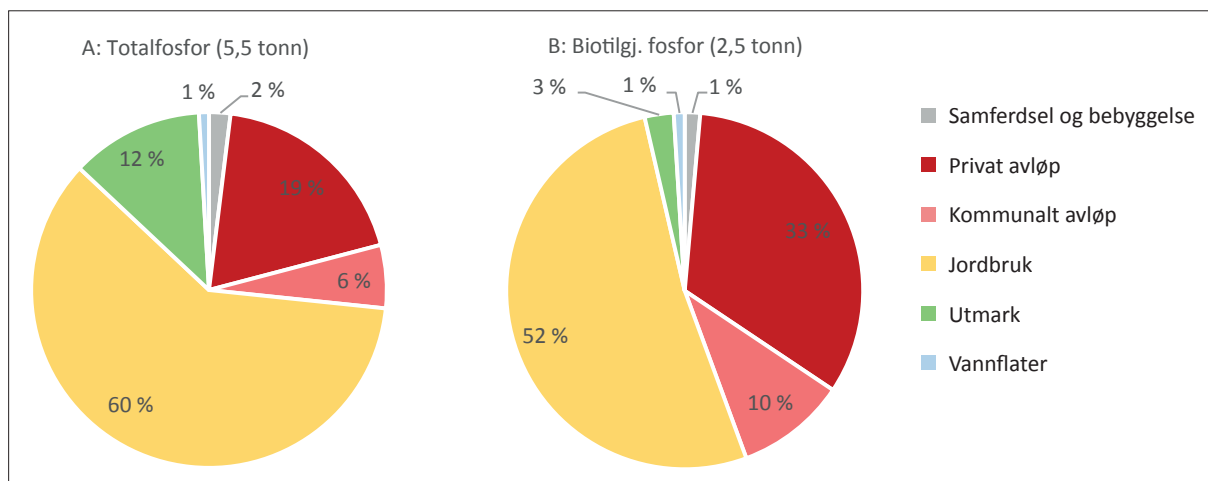
KILDER TIL FOSFOR

I løpet av et gjennomsnittsårl tilføres det om lag 5,5 tonn totalfosfor til Vigga (figur 3A). Arealavrenning fra jordbruket er den største (60 %) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Vigga. Samlet tilførsel fra privat og

kommunalt avløp utgjør 25 % av de totale fosfortilførselene. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er totalt på 2,5 tonn/år. Jordbruk bidrar med 52 % av dette, og avløp med 43 % (figur 3B).

Skog og utmark utgjør ca. 60 % av arealet i nedbørfeltet, men pga. lite fosforavrenning per arealenhet fra denne arealtypen, blir det forholdsvis lite tilførsel av totalfosfor (12 %) fra disse arealene (figur 3A). Fosfor i avrenning fra skog og utmark har dessuten lav biotilgjengelighet. Disse arealene bidrar dermed med lav andel biotilgjengelig fosfor (figur 3B). Tilførselene av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor i form av fosforavrenning fra samferdsel og bebyggelse og deponisjon av fosfor på vannflater er også små (figur 3A og 3B).

Totalfosfor kan deles i partikkelbundet fosfor og løst fosfat. Fosforet som kan utnyttes av alger (biotilgjengelig fosfor) inkluderer løst fosfat og en del av det partikkelbundne fosforet.



Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (%) i nedbørfeltet til Vigga. Tilførselsberegninger basert på Kværnø m.fl. 2014 (jordbruk), Turtumøygard og Hensel 2021 (avløp) og Bechmann m.fl. 2016 (øvrige kilder).

PRIVAT OG KOMMUNALT AVLØP

Det er ca. 2010 husstander med private avløpsløsninger i nedbørfeltet hvorav ca. 1870 (93 %) har en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. Lekkasje i det kommunale ledningsnett og restutslipp fra renseanlegg utgjør ca. 25 % av de totale fosfortilførselene fra avløpssektoren.

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Vigga endret seg. Det har vært en økning i arealet med gras og en tilsvarende reduksjon i arealet med åpen åker, noe som kan bidra til redusert erosjon og avrenning av partikkelbundet fosfor. Antall husdyr har gått litt ned, men jordas gjennomsnittlige fosforstatus har endret seg lite.

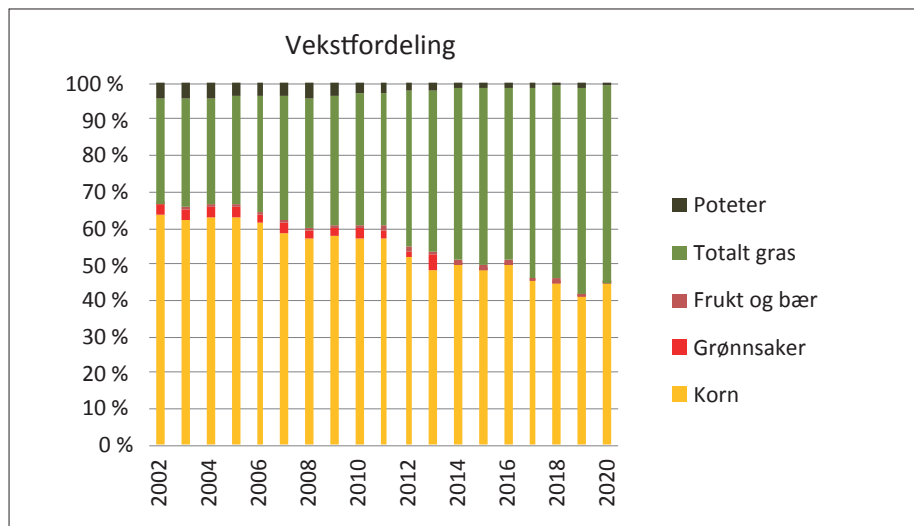
Vekstfordeling

I nedbørfeltet til Vigga ble det i 2020 dyrket gras på nesten 55 % av jordbruksarealet. Fra 2002 til 2020 var

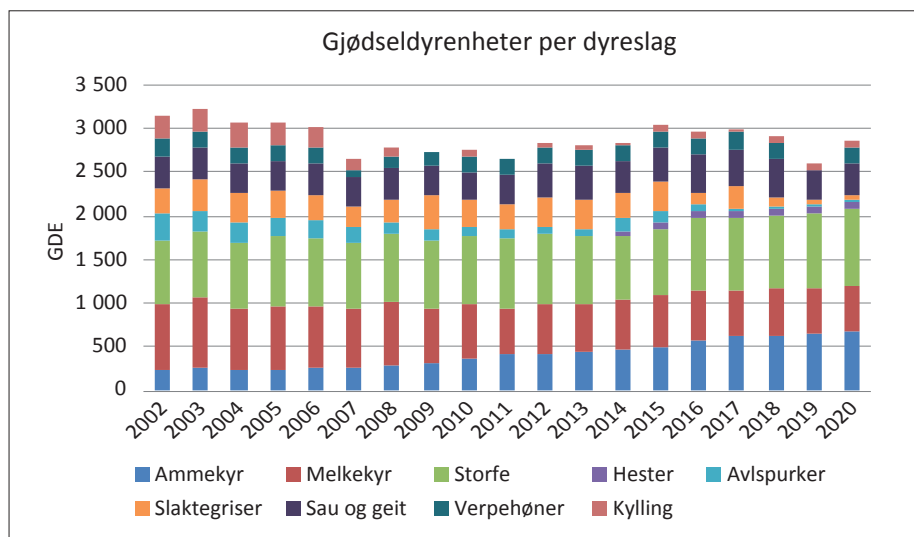
det en økning i grasareal og en reduksjon i areal med korn (figur 4), noe som bidrar til redusert erosjon og avrenning av partikkelbundet fosfor. Det var potet og grønnsaker på ca. 7 % av arealet i 2002, mens det i 2020 var under 1 % (figur 4). Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året noe som medfører risiko for erosjon og fosforavrenning. Nedgang i areal med grønnsaker og potet bidrar til redusert risiko for erosjon og fosfortap fra jordbruksarealene.

Husdyrtetthet

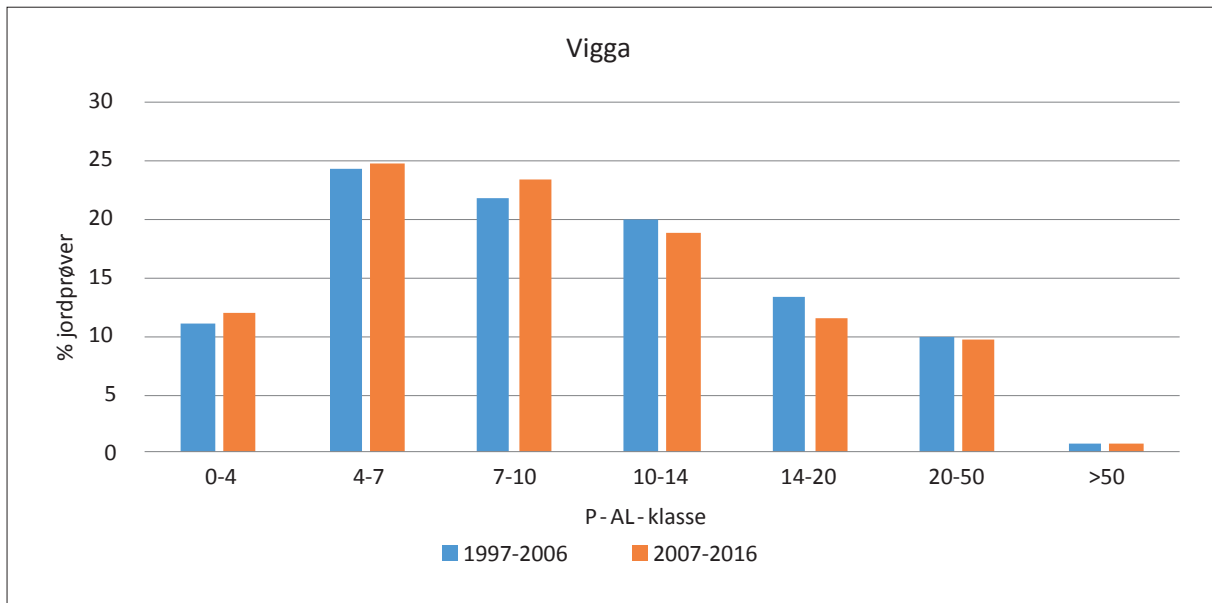
Der det spres husdyrgjødsel kan det være økt risiko for avrenning av fosfor rett etter spredning og som følge av høye fosfortall i jorda. Dessuten kan det være lekkasje av næringsstoffer fra gjødsellager. I nedbørfeltet til Vigga har det vært en liten nedgang i totalt antall husdyr, regnet som gjødseldyrenheter (figur 5). En gjødseldyrenhet (GDE) svarer til den årlige gjødselproduksjonen hos en melkeku (14 kg fosfor). Husdyrholdet er dominert av storfe og det er en tendens til



Figur 4. Vekstfordeling på jordbruksareal i nedbørfeltet til Vigga 2002–2020 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 5. Trend i antall gjødseldyrenheter (GDE, en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 2002–2020 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Vigga fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 6. Andel av jordprøver med ulik fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997–2006 og 2007–2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Vigga (Jorddatabanken, NIBIO).

færre melkekyr og flere ammekyr. De siste årene har det vært færre kyllinger og slaktegriser. De ca. 3000 gjødseldyrenheter som hører hjemme på eiendommer i nedbørfeltet, svarer til en tilgjengelig mengde fosfor i husdyrgjødsel på 42 tonn. Det tilsvarer ca. 0,8 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig. Det er ikke kjent hvor mye husdyrgjødsel som faktisk spres innenfor nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av maksimalt 3,5 kg fosfor/dekar.

Det er ikke tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel.

Fosforstatus i jord

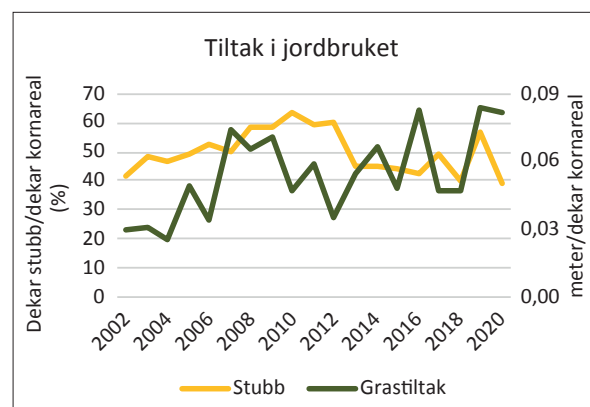
Jordas fosforstatus har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer fosfor ved høy fosforstatus og dels fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når fosforstatus øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker dessuten med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn- og grasdyrking er 5–7 mg P-AL/100g. Fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet til Vigga er i gjennomsnitt 12 mg P-AL/100 g og har ikke endret seg fra perioden 1997–2006 til perioden 2007–2016 (figur 6). For jordprøver fra jordbruksarealene i nedbørfeltet til Vigga er fosforstatus over 14 i ca. 20 % av prøvene. Når fosforstatus er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor til korn og gras.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

Ifølge registreringer i Regionalt miljøprogram var det rundt 40 % av kornarealet som overvintret i stubb i 2020 (figur 7). Det har dessuten vært en økende trend i antall meter med grastiltak, som omfatter grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner. Overvintring i stubb og grastiltak er viktige tiltak for å redusere erosjon og avrenning av fosfor fra jordbruksarealene.

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

Bekke- og elveerosjon kan forekomme. Det er relativt fast beveraktivitet i vassdraget, men det er ikke kjent at dette medfører betydningsfull erosjon. Omfattende graving og flomsikringsarbeid av Vigga gjennom Brandbu i 2020 og 2021 bidro med store mengder



Figur 7. Overvintring i stubb og grastiltak (grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner) i nedbørfeltet til Vigga 2002–2020 (Kilde: Regionale miljøprogram, eStil).

partikler, og det må antas at det i kortere perioder også kom større mengder næringsstoffer. Drift av pukkverk, opparbeiding av store hyttefelt ved Lygna og nærings-/industriområdet i Mohagan, samt anleggsarbeid i forbindelse med rv 4 og Jaren stasjon kan også ha bidratt med partikler og næringsstoffer til elva. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi erosjon og tilførsel av næringsstoffer til vassdraget. I skogsdriften har det vært observert hendelser som har ført til betydelig økt tilførsel av partikler, f.eks til sideelven Skjerva. Generelt vil hogst dessuten føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer. I noen tilfeller kan også hogst, og da særlig utkjøringen av tømmer, føre til økt erosjon og avrenning av fosfor.

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL VASSDRAGET

Ettersom størsteparten av fosfortilførselene til Vigga og innsjøene i nedbørfeltet kommer fra jordbruksarealene, vil jordbrukstiltak kunne bidra vesentlig til å redusere tilførselene. Avløp bidrar med en stor andel av det biotilgjengelige fosforet og oppgradering av private avløpsløsninger bør derfor prioriteres sammen med jordbrukstiltakene. Redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus, overvintring i stubb og grasdekte vannveier, er viktige jordbrukstiltak for å bedre vannkvaliteten i Vigga og innsjøene i nedbørfeltet.

Privat og kommunalt avløp

En oppgradering av private avløpsløsninger vil potensielt kunne redusere tilførselene av totalfosfor til Vigga med 13 % (tabell 3). Tilførsel av biotilgjengelig fosfor reduseres tilsvarende med 23 %. Tiltak mot lekkasjer på det kommunale ledningsnett vil potensielt kunne gi en reduksjon i totalfosfortilførsler på 3 % og en reduksjon på 5 % for biotilgjengelig fosfor.

Jordbruksarealer

Tabell 3 viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg, samt effekt av å kombinere flere av tiltakene. Ved en kombinasjon av tiltak vil effekten være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak. Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til arealfordeling av vekster i 2020. Tiltakseffektene er angitt som prosent reduksjon i fosfortap i forhold til total fosfortilførsel fra alle kilder.

Overvintring i stubb. Overvintring i stubb (ingen jordarbeiding om høsten) på kornarealer, eller gras på arealer utsatt for erosjon, er viktige tiltak. De bidrar

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter. TP=totalfosfor, Bio-P=biotilgjengelig fosfor

Tiltak i nedbørfeltet til Vigga	Reduksjon i fosfortilførsler* % av total tilførsel	
	TP	Bio-P
Oppgradering av privat avløp	13	23
Kommunalt avløp – tiltak i ledningsnett	3	5
Overvintring i stubb	16	7
Grasdekte vannveier	13	6
Grasdekte kantsoner	9	4
Ugjødsla kantsoner i eng	Ikke est.	Ikke est.
Fangdammer	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	8	11
Reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 7	16	21
Kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10	31	23
Tiltak i potet og grønnsaker	Ikke est.	Ikke est.
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke est.	Ikke est.
Reduksjon i punktkilder	Ikke est.	Ikke est.
Sum** P-AL 10	48	51

*Tiltakseffekter på jordbruksareal er beregnet med utgangspunkt i at alt kornareal er høstpløyd, og at vekstene ellers er fordelt som i 2020.

**Sum av tiltakene opprydding i spredt avløp, kommunalt avløp og kombinasjon av overvintring i stubb, grasdekte vannveier og kantsoner og reduksjon i jordas fosforstatus til P-AL 10.

til å redusere erosjon både på flater og i forsøkninger. Det er beregnet at stubb på alt kornareal kan gi en reduksjon i totalfosfortap på 16 % sammenlignet med om alt ble høstpløyd. I 2020 overvintret rundt 40 % av kornarealet i stubb og en del av tiltakseffekten er dermed allerede tatt ut. Overvintring i stubb gir også redusert tap av nitrogen fra kornarealene.

Grasdekte vannveier og kantsoner. Grasdekte vannveier er et målrettet tiltak for å redusere erosjon i vannførende dråg og forsøkninger, og grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i Viggas nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 13 %, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon i fosfortap på 9 % hvis de anlegges langs alle bekker, elver og vann/innsjøer.

Fangdammer. Etablering av fangdammer, der forholdene ligger til rette for det, vil kunne holde tilbake jord og næringsstoffer og redusere den negative

effekten av fosfor nedstrøms fangdammen. Norske studier viser at renseseffekten av fangdammer er målt til 20–45 % for fosfor med størst effekt på partikkelbundet fosfor.

Redusert gjødsling. Når husdyrtettheten og fosforstatus i jorda øker, øker risikoen for fosforavrenning. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel brukes der jordas fosforstatus er høy, noe som særlig er viktig på arealer med torvjord. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Viggas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 10) er beregnet til 8 % reduksjon i fosfortap. Effekten er beregnet til det dobbelte ved å redusere P-AL til 7. Tiltak som reduserer jordas fosforstatus har ikke umiddelbar effekt, men virker over lang tid. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Spredning av husdyrgjødsel om våren eller i vekstsesongen fører til bedre utnyttelse av næringsstoffene og mindre risiko for avrenning av fosfor og nitrogen. Husdyrtettheten (0,06 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). Husdyrgjødsel bør prioriteres på arealene med lavest fosforstatus.

Ugjødsle kantsoner i eng. Gjødsling med god avstand til åpent vann vil redusere risikoen for utslipp til elva. For beiter bør det være god avstand fra fôringsplass til åpent vann. Redusert risiko for avrenning av husdyrgjødsel vil bidra til å redusere tap av fosfor og nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i elva.

JORDBRUKETS PUNKTKILDER

Lagring og håndtering av gjødsel, silo og vaskevann uten lekkasjer er viktige tiltak i områder med mange husdyr.

Andre effekter av tiltak

Tiltak innenfor avløp og avrenning fra husdyrgjødsel vil, i tillegg til effekten på eutrofiering, også gi redusert organisk belastning, og dermed bedre oksygenforhold for bunndyr og fisk i elva. Det vil også redusere bakterieforurensingen. Redusert erosjon og avrenning av partikler vil også kunne bedre leveforholdene for bunndyr og fisk, som f.eks. er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- Kværnø, S.H., Turtumøygard, S., Grønsten, H.A. og Bechmann, M., 2014. Modellverktøy for beregning av jord- og fosfortap fra jordbruksdominerte områder. Dokumentasjon av modellen Agricat 2. Bioforsk rapport nr. 9(108).
- Mjelde, M., 2014. Handlingsplan for kalksjøer Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer – videreføring. NIVA-rapport 6685-2015. 73 s.
- Mjelde, M., 2016. Oppsummering av kunnskap om kalksjølokalteter som er «utvalgt naturtype». NIVA-rapport 6998-2016. 224 s.
- Mjelde, M. & Jenssen, M. T. S., 2020. Undersøkelse av vannplanter i innsjøer i Gran og Lunner kommuner 2019. NIVA-rapport 7475-2020. 28 s.
- Stabell, T., 2019. Overvåking av kalkrike vannforekomster på Hadeland i Oppland fylke, 2018. FAUN rapport R017-2019. 28 s.
- Turtumøygard, S. & G. Hensel, 2021. WebGIS avløp – Fagsystem for avløp fra private renselanlegg. NIBIO-pop 7(31).

Faktaarket er utarbeidet på oppdrag for Vannområde Randsfjorden.

FORFATTERE:

Marianne Bechmann (NIBIO), Jan-Erik Thrane (NIVA), Sigrun Kværnø (NIBIO) og Stein Turtumøygard (NIBIO).

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

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

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

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