



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



Norsk institutt for vannforskning

Eutrofiering av Mjøsa

Kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i ni delnedbørfelt

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 58 | 2021



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

TITTEL/TITLE

Eutrofiering av Mjøsa - kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i ni delnedbørfelt

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

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

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
22.04.2021	7/58/ 2021	Åpen	52160	21/00288
ISBN:	ISSN:		ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02808-6	2464-1162		25	9

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Odd Henning Stuen

STIKKORD/KEYWORDS:

Vannkvalitet, fosfor-avrenning, husdyrgjødsel, spredte avløp
Water quality, phosphorus, nitrogen, runoff,

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Vannkvalitet,
næringsstoffavrenning

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Til tross for betydelig bedring siden 1970- og 80-tallet, er økologisk tilstand mht. eutrofiering fortsatt klassifisert som moderat i nedre deler av flere av Mjøsas tilløpselver samtidig som Mjøsa de fleste årene har god økologisk tilstand. De siste årene har tilstanden imidlertid nærmet seg grensen til moderat i deler av Mjøsa, og vært moderat i Furnesfjorden. En oppblomstring av blågrønnalger i 2019 kan tyde på forverring av tilstanden. Fosfortilførsler er den vesentligste årsaken til eutrofiering. I de ni nedbørfeltene som er sammenstilt her, har det vært en økning i husdyrtallene over de siste 20 årene med tilsvarende økning i spredning av fosfor med husdyrgjødsel i jordbruket. Fosforinnholdet i jordbruksjorda har økt i samme periode. Det fører til økt risiko for fosfor-avrenning. Samtidig er det betydelige tilførsler av fosfor med høy biotilgjengelighet fra spredte avløpsanlegg. Med klimaendringer som fører til økt avrenning er det en risiko for at fosfortilførslene kan øke og overskride grensen for den belastningen innsjøen tåler. Dersom det ikke settes inn tiltak kan tilstanden i innsjøen forverres. Tiltakene omfatter opprydding i avløpsløsninger, redusert tilførsel av fosfor til jordbruksarealene blant annet ved bruk av fosforfri mineralgjødsel sammen med utnyttelse av alt spredeareal, og overvintring i stubb med grasdekte vannveier og kantsoner på kornarealene. Etablering av fangdammer vil også bidra til å redusere fosfortilførslene til Mjøsa.

GODKJENT /APPROVED



JANNES STOLTE

PROSJEKTLÉDER /PROJECT LEADER



MARIANNE BECHMANN



NIBIO

NØRSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Innhold

1	Innledning og bakgrunn.....	4
2	Metode	5
2.1	Ni delnedbørfelt til Mjøsa.....	5
2.2	Økologisk tilstand og vannkvalitet.....	6
2.3	Beregninger av empirisk næringsstofftransport.....	8
2.4	Kilder til fosfortilførsler	9
2.4.1	Jord- og fosfortap fra jordbruksareal	9
2.4.2	Tilførsler av fosfor fra spredt og kommunalt avløp	11
2.4.3	Tilførsler av fosfor fra andre kilder/arealer.....	11
2.5	Jordbruksdrift	11
2.5.1	Trender i gjødseldyrenheter	12
2.5.2	Trender i jordas fosfortall.....	12
2.5.3	Trender i vekstfordeling.....	12
2.6	Tiltaksgjennomføring.....	12
2.6.1	Gjennomførte tiltak.....	12
2.6.2	Effekter av anbefalte jordbrukstiltak	12
3	Resultater	13
3.1	Vannkvalitet og økologisk tilstand i ni tilførselselver til Mjøsa	13
3.1.1	Hovedtrender i næringsstofftransport i elvene over tid.....	13
3.1.2	Generelle trender i økologisk tilstand mht. eutrofiering	16
3.2	Kilder til fosfor	17
3.2.1	Avløp	18
3.2.2	Jordbruket.....	19
3.3	Aktuelle tiltak og effekter på fosfortilførsler til elva	21
3.3.1	Kommunalt og spredt avløp.....	21
3.3.2	Jordbruksarealer	21
3.3.3	Punktkilder	23
3.4	Andre effekter av tiltak.....	23
4	Konklusjon	24
	Referanser	25
	Vedlegg.....	26

1 Innledning og bakgrunn

Til tross for betydelig bedring siden 1970- og 80-tallet, er økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering fortsatt klassifisert som moderat i nedre deler av flere av Mjøsas tilløpselver samtidig som Mjøsa de fleste årene har god økologisk tilstand. De siste årene har tilstanden imidlertid nærmet seg grensen til moderat i deler av Mjøsa, og vært moderat i Furnesfjorden. En oppblomstring av blågrønnalger i juli 2019, som bl. a. medførte advarsler mot bading, kan tyde på forverring av tilstanden. Klimaendringene, med høyere temperaturer, mer nedbør og økt frekvens av ekstreme nedbørsepisoder, kan i årene som kommer tenkes å dytte Mjøsa ytterligere i eutrofierende retning. For å opprettholde akseptabel vannkvalitet og økologisk tilstand i Mjøsa er det derfor viktig å være føre var, og kartlegge tilførsler, kilder og mulig tiltak for å redusere fosfortilførselene til Mjøsa.

NIBIO og NIVA fikk høsten 2020 i oppdrag å presentere vannkvalitet (tilstand og tilførsler), kilder til fosforavrenning, trender i jordbruksdrift og tiltaksgjennomføring, og å identifisere evt. «hot spots» og skissere mulige tiltak for å redusere fosforavrenning i nedbørfeltet til Mjøsa. For nærmere beskrivelse i faktaark ble det valgt ut ni delnedbørfelt som representerer Mjøsas nedbørfelt. Denne rapporten presenterer metoder og oppsummerer resultater for de ni faktaarkene

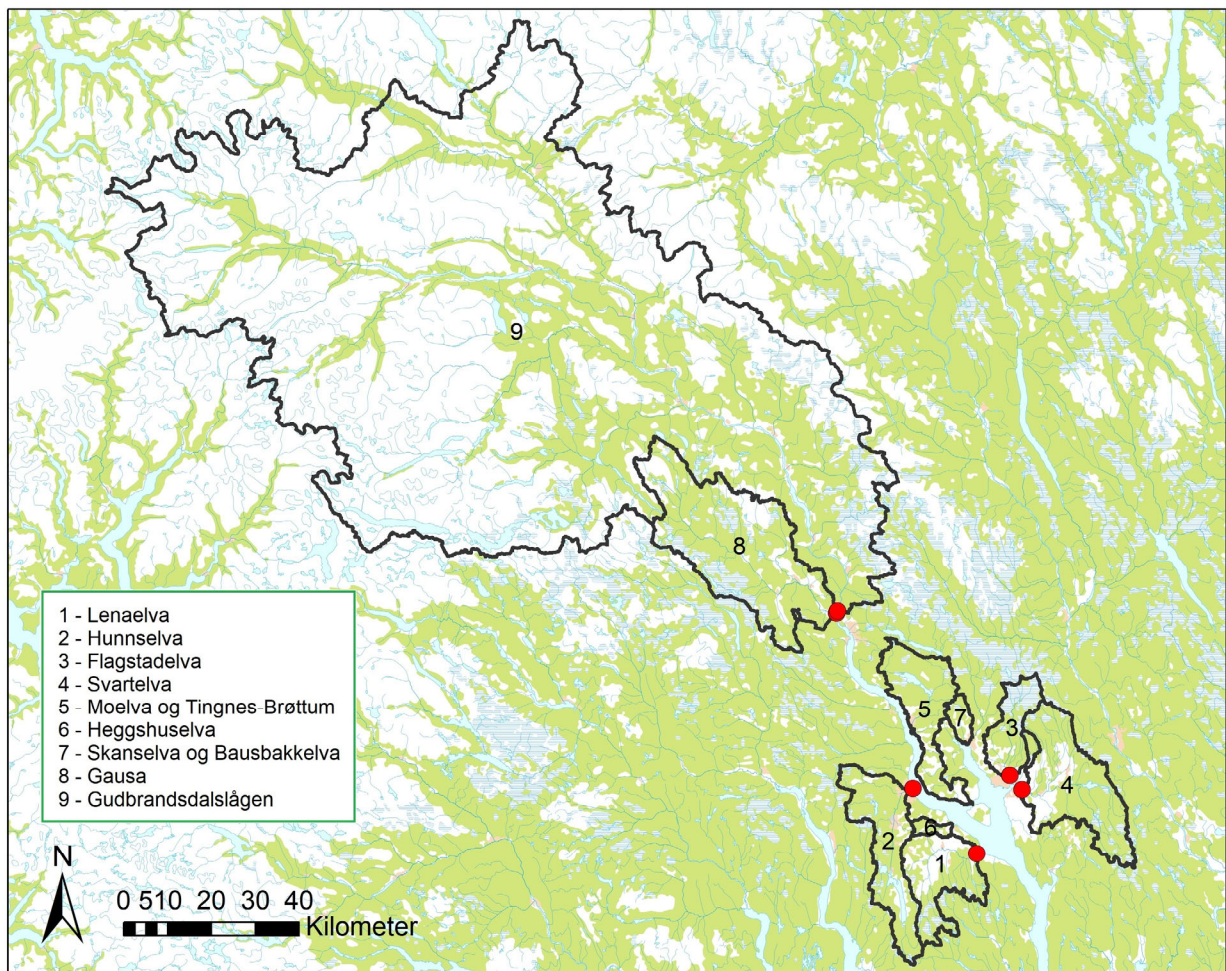
2 Metode

2.1 Ni delnedbørfelt til Mjøsa

Mjøsa er Norges største innsjø, og har et nedbørfeltareal på 16 600 km². På bakgrunn av eksisterende data fra NIVAs overvåking av vannkvalitet og NIBIOs beregninger av kildefordeling og tiltakseffekter fra Kværnø m.fl. (2019) ble det valgt ut ni elver med nedbørfelt i området rundt Mjøsa for å beskrive de vesentligste tilførselene av næringsstoffer til Mjøsa. Størrelsen på nedbørfeltene varierer fra 26 til 11 561 km² (tabell 2.1). Gudbrandsdalslågen er den dominerende tilløpselva mht. størrelse og vanntransport, men med den laveste andelen jordbruksareal.

Tabell 2.1. Beskrivelse av de ni utvalgte nedbørfeltene.

Nedbørfelt	Størrelse på nedbørfelt	Andel jordbruksareal
	km ²	%
Lenaelva	291	31
Hunnselva	371	13
Flagstadelva	177	15
Svartelva	492	21
Moelva og Tingnes-Brøttum	285	23
Heggshuselva	26	37
Skanselva og Bausbakkelva	46	23
Gausa	941	6
Gudbrandsdalslågen	11 561	3



Figur 2.1. Kart over delnedbørfelt til Mjøsa som er valgt ut for presentasjon i faktaark.

2.2 Økologisk tilstand og vannkvalitet

For hvert vassdrag gjorde vi en vurdering av økologisk tilstand basert på indekser og parametere som er sensitive for eutrofiering og/eller organisk belastning (tabell 2.2). Vi sammenfattet data på biologiske kvalitetselementer (bunndyr og begroingsalger) fra Vannmiljø og overvåkingsrapporter fra tidsperioden 2010-2020, men benyttet i hovedsak data fra de fem siste årene (2015-2020) i tilstandsvurderingen. Dette fordi vi ønsket å si noe om «dagens» økologiske tilstand. Dersom det var lite data tilgjengelig benyttet vi også data tilbake til 2010. Når det gjelder fysisk-kjemiske kvalitetselementer, finnes det data på totalfosfor og totalnitrogen fra 24 vannprøver årlig i seks av de største tilløpselvene (Lågen, Gausa, Svartelva, Flagstadelva, Lena og Hunnselva). For disse elvene benyttet vi gjennomsnittet av årlige medianverdier fra de tre siste årene som grunnlag for vurdering av økologisk tilstand for næringssalter. I tillegg er konsentrasjonene av totalfosfor og totalnitrogen over tid presentert, med klassegrensene for den aktuelle vanntypen vist med farger i bakgrunnen (se eksempel for Svartelva i figur 2.2, nederst). Vi benyttet de samme vanntypene som brukes i overvåkingsprogrammet for Mjøsa med tilløpselver (se Lyche-Solheim og Thrane m.fl. 2020). I noen av vannforekomstene med lite data hentet vi økologisk tilstand for totalfosfor og totalnitrogen direkte fra vannforekomstenes «infosider» på www-vann-nett.no. Kildene til data er beskrevet i tabellene for økologisk tilstand i faktaarkene (se vedlegg 1-9).

Tabell 2.2. Oversikt over indekser og parametere benyttet i vurderingen av økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering og/eller organisk belastning.

Indeks/parameter	Kvalitetselement	Påvirkning indeksen/parameteren er sensitiv for
PIT	Påvekstalger	Eutrofiering (fosfor-konsentrasjon)
ASPT	Bunndyr	Organisk belastning (oksygensvinn som følge av organisk forurensing, f.eks. avløp (kloakk), husdyrgjødsel og industriutslipp).
Totalfosfor	Fysisk-kjemisk	Eutrofiering (fosfor er begrensende for biologisk vekst i de aktuelle tilløpselvene og i Mjøsa)
Totalnitrogen	Fysisk-kjemisk	Eutrofiering (nitrogen begrenser ikke biologisk vekst i de aktuelle elvene og Mjøsa, men forhøyede konsentrasjoner kan være et tegn på forurensing fra jordbruk eller avløp).

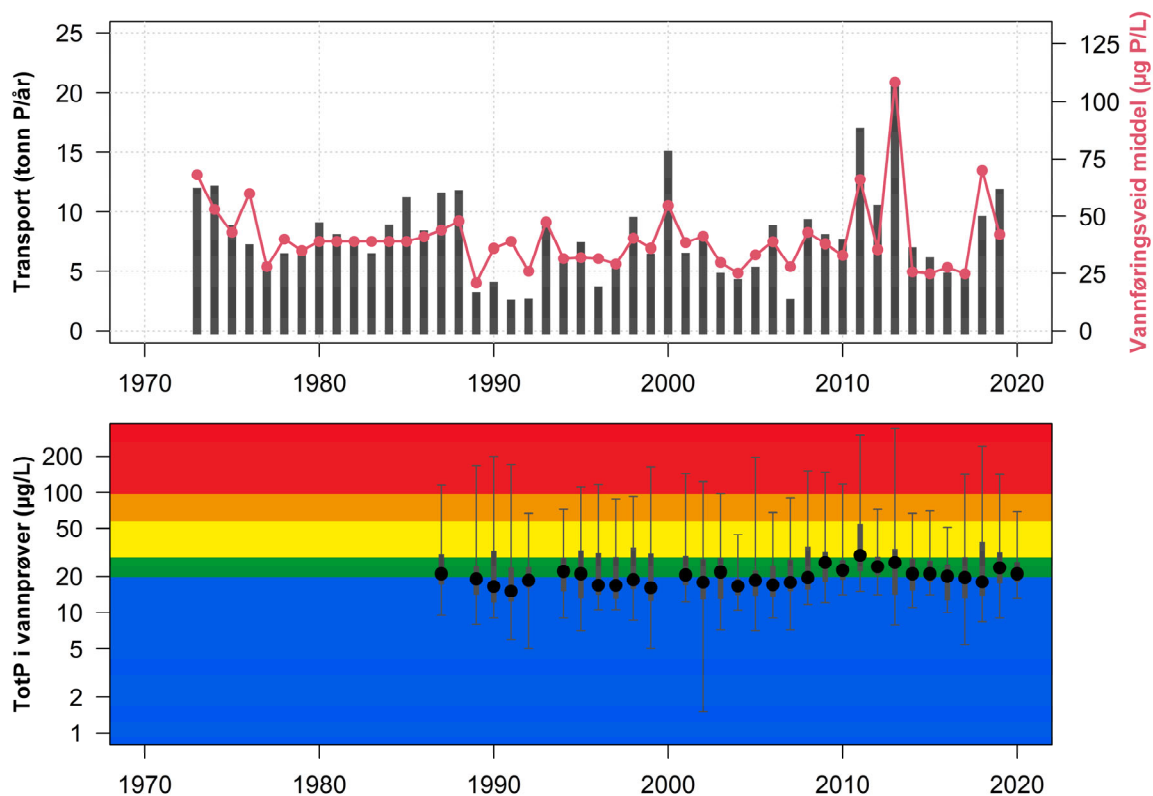
Samlet økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering ble vurdert i henhold til reglene i Klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa 2018). Det betyr at det biologiske kvalitetselementet (her representert ved PIT-indeksen for påvekstalger og ASPT-indeksen for bunndyr) med dårligst tilstand blir bestemmende for samlet økologisk tilstand, med mindre alle de biologiske kvalitetselementene viser god eller bedre tilstand. I slike tilfeller tas de fysiske-kjemiske støtteparametere (her fosforkonsentrasjon) med i den samlede tilstandsvurderingen. Om tilstanden for fosfor er moderat eller dårligere, trekkes den samlede tilstanden ned til moderat, men ikke lavere. Vi benyttet ikke nitrogen i den samlede tilstandsvurderingen, ettersom fosfor antas å være det begrensende næringsstoffet for biologisk vekst i de aktuelle elvene og i Mjøsa. Vi har derimot vist tilstanden for totalnitrogen i tabellene for hver elv i faktaarkene, slik at det kommer frem i hvilken grad konsentrasjonene av totalnitrogen avviker fra naturtilstand. Selv om ikke nitrogen er begrensende for vekst i disse elvene, kan forhøyede konsentrasjoner være et tegn på forurensing fra jordbruk og/eller avløp, noe som er relevant å vise i denne rapporten. Tilstandsvurderingen ble fremstilt i form av en tabell med økologisk tilstand for de relevante indeksene per vassdrag og vannforekomst (se eksempel fra Svartelva-vassdraget i tabell 2.3). Tabellene finnes i faktaarkene for hvert vassdrag (vedlegg 1-9).

Tabell 2.3. Eksempel på vurdering av økologisk tilstand mht. eutrofiering i Svartelva-vassdraget. Kun vannforekomster med relevante og nyere data (fortrinnsvis fra siste 5 år) er inkludert. Vannforekomstene er sortert fra nederst til øverst i nedbørfeltet. Samlet økologisk tilstand mht. eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstalger har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Konsentrasjonen av totalnitrogen er klassifisert, men ikke tatt med i vurdering av samlet økologisk tilstand siden vannforekomstene ikke anses å være nitrogenbegrensede. SD = svært dårlig; D = dårlig; M = moderat; G = god og SG = svært god tilstand.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekst-alger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Rokoelva - Svartelva	002-4811-R	G*	G*	G*	D*	G	*NIVA 2018 *Totalfosfor og totalnitrogen måles 24 ganger årlig gjennom Mjøs-overvåkingen. Tilstand for N og P basert på snitt fra tre siste år.
Lageråa	002-3398-R	SG*	G*	-	-	G	*Data fra Norconsult 2019
Fura	002-4984-R	G*	SG*	SG*	G*	G	*NIVA 2018. *Vann-nett.
Nordre Starelva	002-1019-R	D*	M*	M*	SD	D	*NIVA 2017. *Vann-nett
Svartelva øvre del og Veabekken	002-2875-R	-	-	G*	SG*	G	*Vann-nett.

2.3 Beregninger av empirisk næringsstofftransport

Gjennom overvåkingsprogrammet for Mjøsa med tilløpselver har transport av totalfosfor blitt estimert siden starten av 1970-tallet i seks av de største tilløpselvene til Mjøsa: Lågen, Gausa, Svartelva, Flagstadelva, Lena og Hunnselva. Transport av totalnitrogen har blitt estimert siden midten av 80-tallet. Årlige stofftransporter har blitt beregnet som summen av månedlige transporter, hvor månedstransportene estimert på bakgrunn av konsentrasjoner av næringsstoffer i én til fire vannprøver per måned (total 24 prøver per år) og data på vannføring. Detaljert beskrivelse av transportberegningene finnes i kapittel 2.2.2. i Lyche-Solheim og Thrane m.fl. (2020). Vannprøvene er tatt i nær elvenes utløp i Mjøsa, og vannføringen er skalert til nedre del av vassdraget i de tilfellene der målestasjonene ligger lengre opp i vassdraget. Transportestimatene representerer derfor årlige tilførsler av næringsstoffer til Mjøsa. Basert på årlig stofftransport og vannføring har det også blitt beregnet volumveide konsentrasjoner av næringsstoffer. Disse er vist over tid sammen med estimatene av transport (se eksempel fra Svartelva i figur 2.2, øverst) i hvert faktaark (se vedlegg 1-9).



Figur 2.2. Eksempel. Øverst: Estimert årlig transport av totalfosfor (tonn P/år) via Svartelva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. Nederst: Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalfosfor (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

2.4 Kilder til fosfortilførsler

Kildfordelingen for tilførsler av fosfor er basert på beregninger fra Kværnø m.fl. (2019) og tallene i denne rapporten referer direkte til disse beregningene, bortsett fra tilførslerne for spredt avløp som er ajourført med oppdatert informasjon fra 2020. Fosfortilførsler fra jordbruk omfatter kun partikkelbundet fosfor. Metodene for beregning av tilførsler fra jordbruk, spredt avløp og andre kilder er beskrevet i Kværnø m. fl. (2019) og gjengitt herunder.

2.4.1 Jord- og fosfortap fra jordbruksareal

Fosfortap fra jordbruksarealene er beregnet med Agricat 2 (Kværnø m.fl., 2014a). Dette er en enkel, empirisk modell som er utviklet ved Bioforsk (nå NIBIO). Modellen beregner jordtapet med utgangspunkt i erosjonsrisiko ved høstpløying, modifisert gjennom empiriske formler («jordarbeidings-faktorer») for å representere 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. 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. Fosfortapet 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 større enheter som f.eks. nedbørfelter.

I tiltaksanalyser kjøres først Agricat2 for en referansesituasjon, som vanligvis er faktisk/aktuell drift for arealene et gitt år, og deretter for utvalgte «scenarier», som kan representere f.eks. ulike tiltakspakker. I dette prosjektet er året **2016** valgt som referanseår for faktisk drift og effekter av tiltaksgjennomføringen viser endringer i forhold til referanseåret.

Agricat2 bruker en rekke kart og tabeller som grunnlag (inputdata) for beregningene. Hvordan disse dataene brukes inn i beregningene er beskrevet i større detalj av Kværnø m.fl. (2014a). I Kværnø m.fl. (2019) er det brukt følgende datakilder som input til Agricat2:

- Kart over nedbørfelt. Vi har brukt de nedbørfeltgrensene som ble brukt i Kværnø m.fl. (2019).
- Eiendomskart med gårds- og bruksnummer – fra Kartverket (Matrikkeldata).
- Jordsmonniskart 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). Det er ikke gjort beregninger i felt der det mangler erosjonsrisikokart eller der det er dårlig dekning av erosjonsrisikokart.
- Informasjon om/kart over jordbruksdrift (vekst, jordarbeiding), grasdekte kantsoner og grasdekte vannveier i 2016 – fra Landbruksdirektoratet gjennom søknad om produksjonstilskudd og RMP-tilskudd (via eStil). På eiendommer der slik informasjon mangler, tas det utgangspunkt i gjennomsnittlig fordeling av drift i resten av delnedbørfeltet, evt. vannområdet. Kantsoner og vannveier er kartfestet i form av linjer, som vi konverterer til soner med 6 m bredde, jf. krav i RMP.
- Informasjon om jordleie – fra Landbruksdirektoratets Jordleieregister.
- Informasjon om fosforstatus i jord (P-AL) – fra Jorddatabanken ved NIBIO. Der data mangler, brukes gjennomsnitt for nedbørfeltet/tiltaksområdet, evt. vannområdet.

Erosjon og fosfortap relatert til erosjon i f.eks. «dråg» og langs elve-/bekkekanter kan i utgangspunktet ikke kvantifiseres på nåværende tidspunkt, pga. mangelfullt data- og kunnskapsgrunnlag. Det er likevel gjort en svært grov beregning av drågerosjon for å gi et mer helhetlig bilde av jordbrukets bidrag til fosfortap i forbindelse med kilderegnskap. Funksjonen for beregning av mengde drågerosjon per nedbørfelt er basert på måledata på nedbørfeltskala og på en foreløpig versjon av drågerosjonskart som er utviklet ved NIBIO. Beregningen er beskrevet i Kværnø m.fl. (2019).

Fosfortap relatert til husdyrproduksjon ble i Kværnø m.fl. (2019) anslått å utgjøre en forholdsvis liten del av de totale fosfortapene i Glommaregionen, og er derfor ikke inkludert i beregningene. Tap av løst fosfor fra jord (som kommer i tillegg til tap av partikkelbundet fosfor og fosfor som løses ut fra partikler etter at partiklene har kommet ut i vann) og plantemateriale er heller ikke beregnet.

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. For å kunne sammenligne ulike kilder til fosfor, f.eks. avløp og erosjonsfosfor, kan en imidlertid velge å illustrere biotilgjengeligheten på grunnlag av andel løst fosfat. Brod m.fl. (2017) har gjort en gjennomgang av andel løst fosfat i avrenning fra ulike driftssystemer. Løst fosfat utgjør 17 % av totalfosfor i avrenning fra korndyrkingsområder på Østlandet, 43% for husdyrintensive arealer med eng og beite og 30 % fra arealer med en blanding av husdyr og kornproduksjon. Disse

faktorene kan brukes som grunnlag for estimering av den biotilgjengelige fosforfraksjonen i avrenning fra ulike driftssystemer. Da kun fosfortap som resultat av erosjon er beregnet i Kværnø m.fl. (2019), ble andel biotilgjengelig fosfor satt til 20%.

2.4.2 Tilførsler av fosfor fra spredt og kommunalt avløp

Beregningene for spredt avløp er gjort med en forenklet metode, der datagrunnlaget har vært informasjon fra kommunale registre. Det er innhentet data om spredt avløp i følgende kommuner: Østre Toten, Vestre Toten, Lillehammer, Gausdal, Ringsaker, Hamar, Løten, Gjøvik, Stange og Sør-Fron. Denne informasjonen er knyttet opp mot nedbørfeltene ved hjelp av gårds- og bruksnummer for eiendommer som ligger innenfor grensene for nedbørfeltene.

Fosfortilførsler til elvene er beregnet for hvert anlegg på grunnlag av anleggets type, alder og avstand til elva. Det er anslått en standard belastning (én husstand) pr anlegg. I kilderegnskapet er andel biotilgjengelig fosfor for avløp satt til 80%.

Beregningene er noe usikre, spesielt når det gjelder anleggstype, belastning og lokale infiltrasjonsforhold. For å oppnå et mer sikkert datagrunnlag må det gjennomføres en feltkartlegging med besøk hos alle husstander.

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

Utslipp fra store renseanlegg (>50 p.e.) er ikke tatt med i vurderingene i denne rapporten/faktaarkene fordi vi ikke har hatt tilgang til data om restutslipp, overløp og lekkasjer på ledningsnettet. Lekkasjene vil blant annet avhenge av alderen på nettet. Dessuten har vi ikke hatt tilgang til registrerte overløp på anleggene. Dessuten har en del store renseanlegg utslipp direkte til store resipienter utenfor det delnedbørfeltet de ligger i. Dette gjelder blant annet flere av anleggene ved Mjøsa.

2.4.3 Tilførsler av fosfor fra andre kilder/arealer

Kværnø m.fl. (2019) har beregnet fosfortilførsler fra andre kilder enn jordbruk og avløp 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:

- «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 %.
- «Beite og overflatedyrka jord» er avrenning fra beite og overflatedyrka jord (ARTYPE = 22 og 23). Koeffisienten er satt til 15 g TP/daa/år. Andel biotilgjengelig P er satt til hhv. 80 % og 20 %.
- «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 %.
- «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 %.

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, f.eks. Heggshuselva. Jordleie som skifter fra år til år vil også gi usikkerheter/feil på arealstatistikken. For Gudbrandsdalslågen har

det ikke vært tilgang til data for selve nedbørfeltet, men jordbruksdrift er i stedet basert data for kommunene Øyer, Ringebu, Nord-Fron, Sør-Fron, Lom, Skjåk, Vågå, Sel, Dovre og Lesja. Faktaarkene ble sendt ut til kontaktpersoner i de aktuelle kommunenes landbruksforvaltning for kommentarer før ferdigstilling.

2.5.1 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 2017-2019. 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 2017-2019, 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 pr dyreslag, som angitt i Lovdata (Forskrift om husdyrgjødsel, FOR-2002-02-11-337).

2.5.2 Trender i jordas fosfortall

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.

2.5.3 Trender i vekstfordeling

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

2.6 Tiltaksgjennomføring

2.6.1 Gjennomførte tiltak

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 ikke tatt hensyn til jordleie. Eventuell leiejord i andre nedbørfelt vil derfor være en feilkilde.

2.6.2 Effekter av anbefalte jordbrukstiltak

Effekter av jordbrukstiltak er beregnet med Agricat 2 (Kværnø m.fl. 2019). Agricat 2-resultater for ingen jordarbeiding om høsten (overvintring i stubb), grasdekte kantsoner og redusert fosforstatus er presentert slik som de ble beregnet av Kværnø m.fl. (2019). Utgangspunktet for scenariene er arealfordelingen ved faktisk drift 2016. Arealfordelingen ved faktisk drift 2016 er basert på inndelingen i erosjonsrisikoklasser i det gamle erosjonsrisikokartet, da det var dette som var tilgjengelig da RMP-midler ble omsøkt. Ytterligere tiltak er fordelt ut fra erosjonsrisikoklassene i det nye erosjonsrisikokartet, som er grunnlaget for beregningene i dette prosjektet.

Effekter av tiltaksscenariene over er beregnet for flateerosjon, men i de videre analysene der det kreves tall for jord- og fosfortap som summen av flate- og drågerosjon, har vi antatt at disse tiltakene har samme effekt på drågerosjon som på flateerosjon, noe som medfører stor usikkerhet ettersom dette mangler dokumentasjon. Det er i tillegg beregnet et scenario (SCDO) med grasdekt vannvei i alle linjer med estimert risiko for drågerosjon med metode som beskrevet i Kværnø m.fl. (2019).

3 Resultater

3.1 Vannkvalitet og økologisk tilstand i ni tilførselselver til Mjøsa

3.1.1 Hovedtrender i næringsstofftransport i elvene over tid

For å oppsummere hovedtrendene i næringsstofftransport fra elvene til Mjøsa over tid, har vi i dette kapittelet valgt å vise fordelingene av fosfor- og nitrogentransporter per tiår (figur 3.1 og 3.2). Ved å gruppere verdiene på denne måten får vi et godt overblikk over hvordan både gjennomsnittverdiene og variasjonen mellom år har endret seg fra 1970- og 80-tallet og frem til i dag. For en mer detaljert beskrivelse av trender for hver elv henviser vi til faktaarkene (vedlegg 1-9). Her vises tidstrender for årlige fosfor- og nitrogentransporter, vannføringsveide middelkonsentrasjoner (tonn P og N per år delt på årlig vanntransport) og gjennomsnittlig konsentrasjon av næringssalter i månedlige vannprøver fra de seks elvene vi har tidsserier fra.

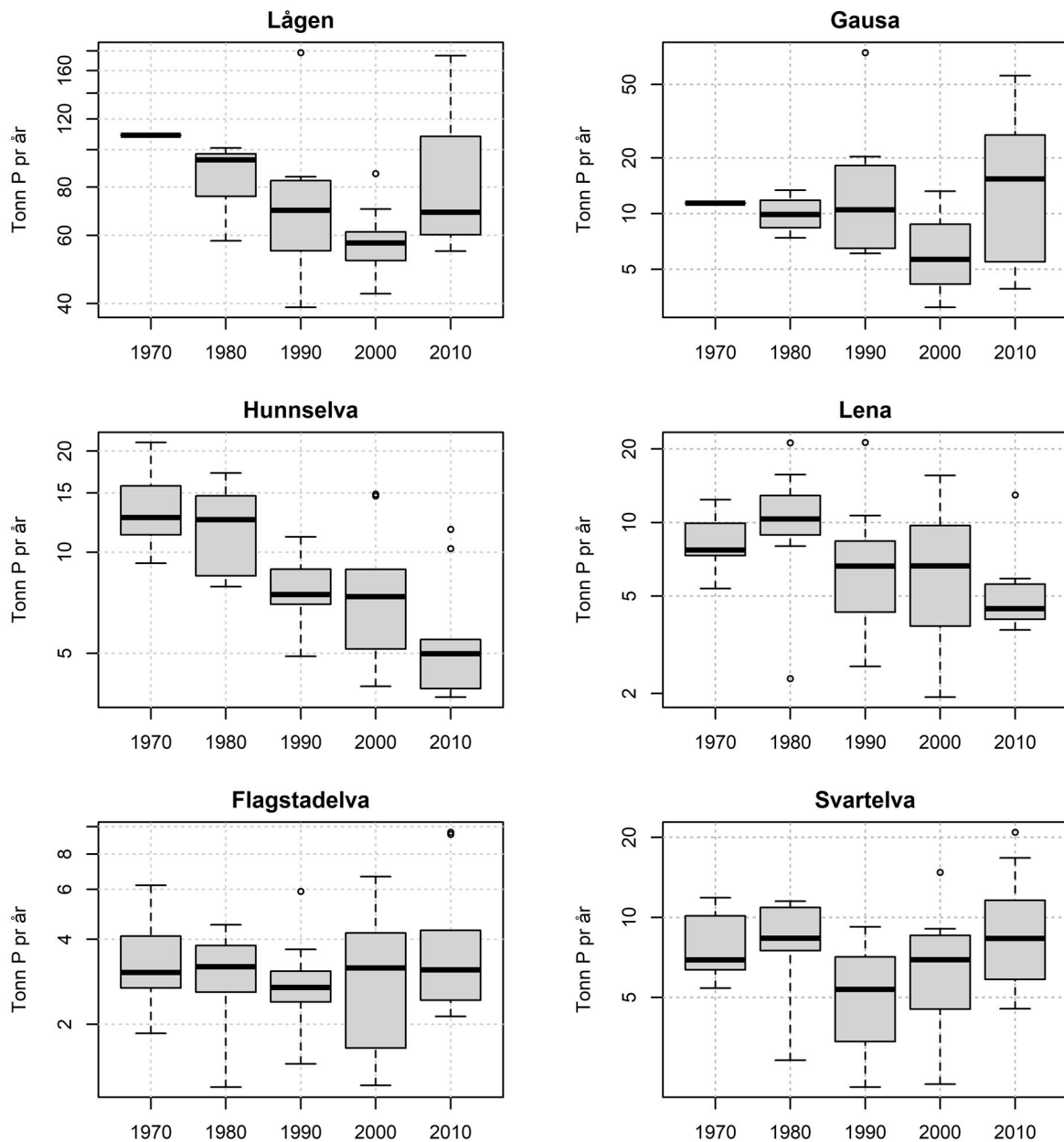
3.1.1.1 Trender i fosfor-transport

Transporten av totalfosfor i de seks elvene viser ulik utvikling over tid, men det er likhetstrekk mellom elvene nord (Gausa og Lågen), vest (Lena og Hunnselva) og øst (Svartelva og Flagstadelva) for Mjøsa (figur 3.1).

Lågen og **Gausa**, som drenerer de to største nedbørfeltene til Mjøsa, har begge hatt en reduksjon i fosfortransport fra 1970-tallet og frem til og med første tiår på 2000-tallet (figur 3.1 A og B). I Lågen har det vært en jevn reduksjon over tid, mens det i Gausa særlig var lave transporterte og konsentrasjoner første tiår på 2000-tallet. Det siste tiåret (2010-2019) har det vært en økning i fosfortransport i både Lågen ($p = 0,045$, Welch t-test) og Gausa ($p = 0,039$, Welch t-test) sammenliknet med perioden 2000-2009, noe som i hovedsak skyldes høye transporterte i flom-årene 2011, 2013, 2014, samt i 2018 i Lågen. Den volumveide middelkonsentrasjonen av totalfosfor viser samme trend (vedlegg 1-9). Variasjonen mellom år (målt som interkvartilbredden, dvs. differansen mellom første og tredje kvartil), har vært betydelig større det siste tiåret enn tiårene før. Dette skyldes også de relativt store transportene i flom-årene nevnt over.

I elvene på vestsiden av Mjøsa, **Hunnselva** og **Lena**, har transporten av total-fosfor blitt betydelig redusert over tid, og om man sammenlikner medianen siste tiår med 1980-tallet har transporten blitt omtrent halvert (figur 3.1 Figur C og D). I begge elver har det gjennom perioden vært relativt stor variasjon i transport mellom år, men siden 2011 har fosfor-transportene være stabilt lave i begge elver. Den volumveide middelkonsentrasjonen av total-fosfor (vedlegg 1-9), har vært jevnt fallende gjennom hele perioden. Til tross for at transport og konsentrasjon av totalfosfor er betydelig redusert, er økologisk tilstand fortsatt moderat i store deler av vassdraget (se kap. 3.1.2 og faktaarkene for Lena og Hunnselva), noe som tyder på at konsentrasjonene av fosfor fortsatt er høyere enn det som er akseptabelt med hensyn til miljømålet i vannforskriften.

Svartelva og **Flagstadelva** viser mindre tydelige tidstrender for fosfortransport og det er stor variasjon mellom år, noe som i hovedsak skyldes variasjon i avrenning (Figurfigur 3.1 E og F). I begge elvene var det høye transporterte (ca. 3 ganger normalen) i flom-årene 2011 og 2013 (vedlegg 1-9). Det er verdt å påpeke at median-transporten per tiår i Svartelva økt siden 90-tallet, og var siste tiår (2010-2019) på nivå med verdiene fra 70- og 80-tallet (figur 3.1 F).



Figur 3.1. Boksplott som viser transport av total-fosfor per tiår. Den svarte horisontale linjen viser medianen, mens øvre og nedre del av boksen viser første og tredje kvartil. De horisontale linjene i enden av de stiplede linjene viser min- og maks-verdiene hvert tiår. Ekstremverdier er vist som punkter.

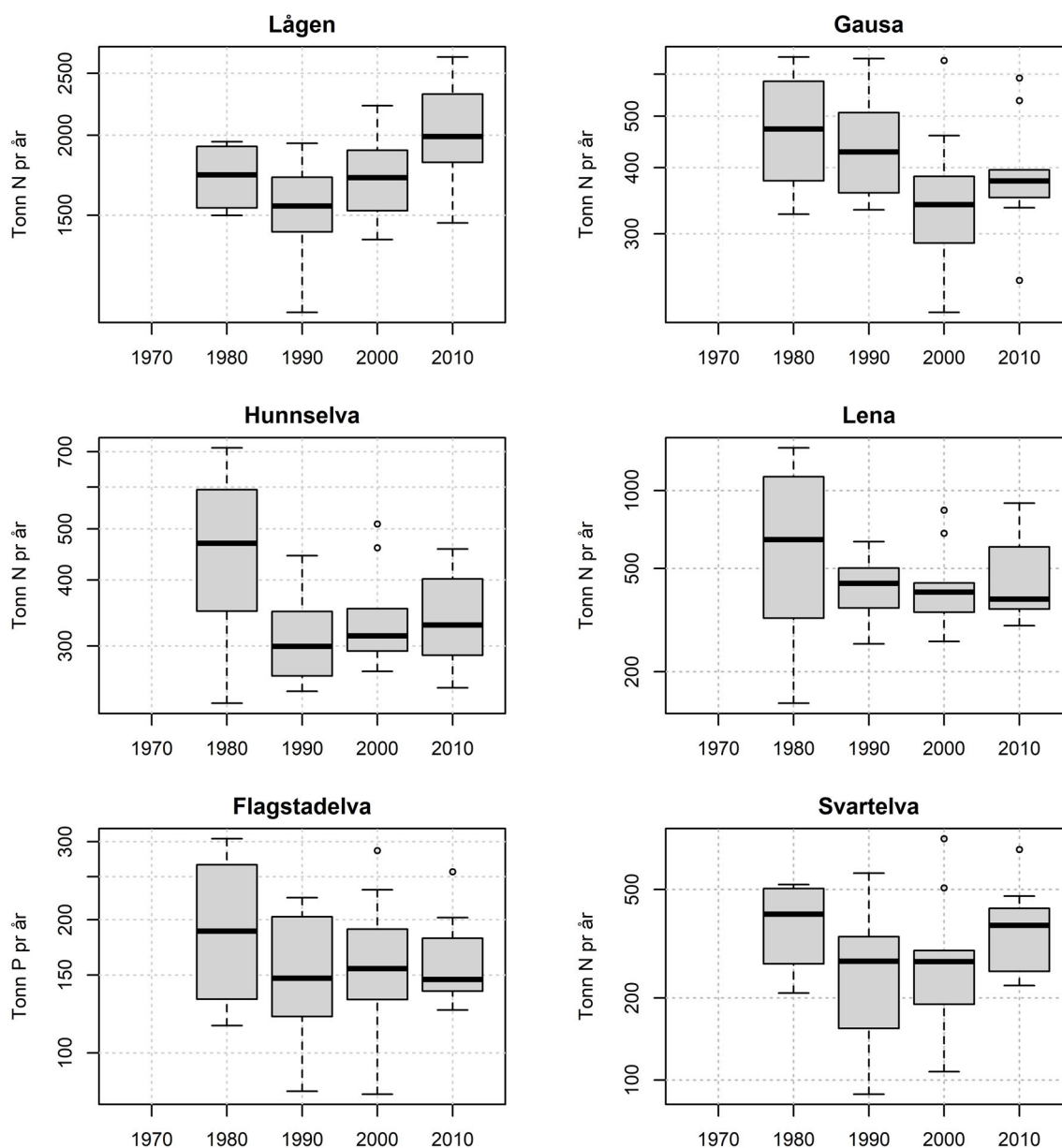
3.1.1.2 Trender i nitrogentransport

Ettersom fosfor er det begrensende næringsstoffet for vekst av planteplankton i Mjøsa, har det ikke vært satt like stort fokus på å begrense tilførselene av nitrogen. Høye konsentrasjoner av nitrogen er allikevel et tegn på forurensing. Nitrogenet ender også til slutt opp i ytre Oslofjord via Glomma, og her kan nitrogenet potensielt få større negative effekter enn i Mjøsa.

Som for fosfor har vi i denne oppsummeringen valgt å vise transportverdier per tiår (figur 3.2). Se faktaarkene (vedlegg 1-9) for detaljer om transport og konsentrasjon av totalnitrogen per år. Trendene for transport av totalnitrogen er mindre utpregede enn for totalfosfor, men det er allikevel interessante trekk ved tidsutviklingen flere steder.

I Lågen har transporten av nitrogen vært høyere det siste tiåret sammenliknet med 1980-, 90- og første tiår på 2000-tallet (figur 3.2 A), og det er tegn på en økning over tid siden ca. 2005 (vedlegg 1-9). I Gausa har nitrogen-transportene, i motsetning til i Lågen, vært noe lavere de to siste tiårene sammenliknet med 1980- og 90-tallet (figur 3.2 B).

Etter noen år med høye transporter på 80-tallet, har transportene av totalnitrogen i Lena og Hunnselva vært relativt stabile frem til i dag (figur 3.2 C-D). I Hunnselva er det en antydning til økning de siste fem årene, men det er for tidlig å si om dette er en signifikant trend (vedlegg 1-9). I Svartelva og Flagstadelva har det heller ikke vært noen entydig trend i nitrogentransport over tid (figur 3.2 E-F). I Svartelva har det allikevel vært en tendens til høyere transporter det siste tiåret sammenliknet med 1990-tallet og første tiår på 2000-tallet.



Figur 3.2. Boksplott som viser transport av total-nitrogen per tiår. Den svarte horisontale linjen viser medianen, mens øvre og nedre del av boksen viser første og tredje kvartil. De horisontale linjene i enden av de stiplede linjene viser min- og maks-verdiene hvert tiår. Ekstremverdier er vist som punkter.

3.1.1.3 Effekter av klimaendringer på fosfortransport og eutrofiering av Mjøsa

I NIVA-rapporten fra overvåkingen av Mjøsa med tilløpselver fra 2019 (Lyche Solheim & Thrane m. fl. 2020) diskuteres mulige årsakssammenhenger mellom klima, tiltak og endringer i fosfortransport. Dette avsnittet er basert på teksten i NIVAs overvåkingsrapport. Kort oppsummert må reduksjonene i fosfortransport og konsentrasjon frem mot 2010 ses som effekter av de forurensningsbegrensende tiltakene som ble gjennomført i forbindelse med Mjøs-aksjonen og senere tiltak (Rognerud 1988). Økningen i Lågen, Gausa og til dels Svartelva det siste tiåret, skyldes trolig flere år med relativt kraftige vårflokker, som bringer med seg store mengder fosfor fra nedbørfeltet. I tillegg er det sannsynlig at mer nedbør og økt frekvens av ekstreme nedbørsepisoder har bidratt til mer avrenning. Konsentrasjonen av totalfosfor er positivt korrelert med vannføring i alle tilløpselvene, særlig i Lågen, Gausa, Svartelva og Flagstadelva (Lyche Solheim & Thrane m.fl. 2020). Det er også en sterk korrelasjon mellom turbiditet (partikkelinnhold) og totalfosfor i Lågen og Svartelva, noe som viser at mye av fosforet er bundet til partikler som vaskes ut fra nedbørfeltet under flom eller større nedbørsepisoder.

Det viktig å være klar over at beregningene av årlige transportverdier er beheftet med betydelig usikkerhet, spesielt i år med markerte flokker. Videre er det usikkert i hvilken grad det partikkelbundne fosforet blir tilgjengelig for algevekst i Mjøsa, ettersom mye av det partikulære fosforet vil sedimentere når det kommer ut i innsjøen.

Det vil være viktig å følge med på utviklingen i fosfortilførsler og konsentrasjoner både i elvene og Mjøsa i tiden fremover, ettersom fremtidige endringer i klima forventes å påvirke dette i betydelig grad. Klimaprediksjoner for de tidligere fylkene Oppland og Hedmark frem mot 2100 (Norsk klimaservicesenter¹) viser at årsnedbøren vil øke med omkring 20%, med størst økning vinter og vår (25-30%) og i mindre grad om sommeren (10%). Det forventes også økt hyppighet av episoder med kraftig nedbør, og disse episodene vil bli mer intense. Dette vil medføre flere og kraftigere regnflokker gjennom året, som forventes å bidra til økt fosfortransport til Mjøsa, spesielt fra de mindre elvene hvor regnflokkene kan være betydelige. Regnflokkene vil trolig medføre at Mjøsa (i større grad enn i dag) tilføres betydelige mengder fosfor i «støt» gjennom sesongen, som vil kunne stimulere primærproduksjonen. For eksempel vil en kunne forvente økt algebiomasse, i det minste lokalt, dersom det stadig tilføres nytt fosfor i vekstsesongen om sommeren og høsten.

Klimaprediksjonene viser at det ikke forventes større flokker i elver hvor snøsmeltingsflokkene er årets største flom, som i Lågen. Snøsmeltingsflokkene vil derimot komme tidligere på året, og bli mindre mot slutten av århundret som følge av mindre snø. Som følge av økt nedbør vil en generelt forvente høyere vannføring i elvene, spesielt vinter, vår og høst. Sommervannføringen forventes derimot redusert som følge av økt fordampning og tidligere snøsmelting. Samlet sett vil disse endringene i vannføring, nedbør og flom påvirke både total transport og sesongmønster i transport, og trolig kunne virke i eutrofierende retning i Mjøsa.

3.1.2 Generelle trender i økologisk tilstand mht. eutrofiering

Økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering har i de fleste tilløpselvene til Mjøsa blitt betydelig bedret sammenliknet med de første undersøkelsene på 1970- og 80-tallet. Allikevel er økologisk tilstand fortsatt moderat i deler av mange av vassdragene. Under følger en oppsummering av generelle trender i økologisk tilstand i elvene omfattet i dette prosjektet. I faktaarkene (vedlegg 1-9) finnes mer detaljer om tilstanden i hvert enkelt vassdrag og deres vannforekomster, og om tilstanden for de ulike indeksene som er benyttet i vurderingen.

Et gjennomgående trekk i de ni nedbørfeltene er at økologisk tilstand forverres ettersom vassdragene nærmer seg Mjøsa (vedlegg 1-9). I nedre deler, hvor andelen jordbruk og bebyggelse er høyest, er

¹ <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oppland>; <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/hedmark>

samlet økologisk tilstand moderat med hensyn til eutrofiering i de fleste vassdragene. Unntakene er nedre del av Gausa, Lågen og Svartelva, hvor økologisk tilstand er god. Oppstrøms for bebyggelsen og de største jordbruksarealene er økologisk tilstand i hovedsak god.

I de fleste vannforekomstene er det eutrofieringsindeksen for påvekstalger (PIT-indeksen) som er bestemmende eller medbestemmende for at økologisk tilstand ender opp som moderat (vedlegg 1-9). Dette gjelder blant annet i nedre del av Lena, Hunnselva, Flagstadelva, Moelva, Vesleelva i Gausdal og Heggshuselva, samt i Mesna og Vikselva (de to sistnevnte er ikke omtalt i denne rapporten). Påvekstalgene responderer på økte fosforkonsentrasjoner.

I midtre og nedre deler av Hunnselva og Lena viser i tillegg bunndyrene (ASPT-indeksen for organisk belastning) moderat tilstand på en del stasjoner. Bunndyrene responderer ikke direkte på fosfor, slik algene gjør, men på redusert oksygenivå som følge av økt nedbrytning av organisk stoff. Moderat tilstand for både påvekstalger og bunndyr tyder på forhøyede konsentrasjoner både av fosfor og lett nedbrytbart organisk stoff, f.eks. fra avløp eller industri, i disse vannforekomstene.

Til tross for at påvekstalgene viser moderat tilstand i nedre deler av de fleste vassdragene, er konsentrasjonen av totalfosfor isolert sett ofte i god eller svært god tilstand (vedlegg 1-9). Grunnen til at totalfosfor viser bedre tilstand enn biologien er trolig at tilstanden for fosfor er basert på et årlig gjennomsnitt eller medianverdi, som igjen er basert på et sett med enkeltprøver («stikkprøver»). Ved stikkprøver vil ikke all variasjonen i fosforkonsentrasjon fanges opp. Påvekstalgene derimot, integrerer den totale fosforbelastningen gjennom vekstsesongen, og er dermed en mer pålitelig indikator på den samlede belastningen enn vannprøver. Vi ser også at selv om gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon er innenfor god tilstand, så forekommer det jevnlig enkeltmålinger med høye konsentrasjoner i de fleste elvene. Spesielt forekommer dette i forbindelse med flom eller etter kraftig nedbør.

Totalnitrogen benyttes ikke i den samlede vurderingen av økologisk tilstand, ettersom nitrogen ikke anses som begrensende for biologisk vekst i elvene. Konsentrasjonene av nitrogen er allikevel høye i de fleste vassdragene, spesielt i Lena og Hunnselva, der tilstanden for totalnitrogen isolert sett er svært dårlig. I Svartelva og Flagstadelva tilsvarende totalnitrogen konsentrasjonen dårlig tilstand. I Gausa er nitrogen i moderat tilstand, mens den er svært god i Lågen.

3.2 Kilder til fosfor

De viktigste kildene til totalfosfor i de ni delnedbørfeltene er jordbruk og avløp (tabell 3.1). Jordbruket bidrar med mest partikkelbundet fosfor med lav biotilgjengelighet. I de største delnedbørfeltene bidrar skog og utmark også med en del fosfor, mest fordi det er store arealer. I nedbørfeltet til Gausa er det tre prosent jordbruksareal og derfor bidrar jordbruket med små mengder av totalen. Det samme gjelder Lågen som bidrar med de største fosfortilførsle (38 tonn årlig) sammenlignet med de øvrige delnedbørfeltene (0,5 til 8,7 tonn fosfor årlig) (tabell 3.1).

Ser en på biotilgjengelig fosfor er det avløp som dominerer. Det biotilgjengelige fosforet transporteres lenger, siden det ikke sedimenterer så lett, og det er dessuten mer tilgjengelig for algevekst. Fosforet som kommer fra avløp er i mye større grad direkte biotilgjengelig, og kan tas effektivt opp av alger og planter og dermed bidra til eutrofiering. Tabell 3.1 viser at avløp bidrar med størrelsesorden 50-75% av den totale mengden biotilgjengelig fosfor i elvene (data fra Lågen mangler).

Det er også kilder til fosfor i Mjøsa som er mindre tilgjengelige enn fosfor fra jordbruket. Det gjelder avrenning fra skog og byggeaktivitet. Det har vært en del byggeaktivitet i forbindelse med E6-en. Det betyr jordflytting og oppdyrking av nye arealer. De aktivitetene fører til erosjon og tap av jord og fosfor fra arealene. Det er noe matjord som kan inneholde en del fosfor, men mesteparten av den jorda har et lavt fosforinnhold og bidrar lite til eutrofiering.

Det er manglende kunnskap om hvor mye av det partikulære fosforet fra elvene som 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 partikulært 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 elver som Lågen, Svartelva og Lena.

Tabell 3.1. Kildefordeling på tilførsler av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor (tonn) i ni nedbørfelt for tilløpselver til Mjøsa.

Nedbørfelt	Jordbruk		Spredt avløp		Skog og utmark		Deposisjon		Samferdsel og bebyggelse	
	TP	Bio. P	TP	Bio. P	TP	Bio. P	TP	Bio. P	TP	Bio. P
Lenaelva	2,8	0,6	1,2	1,0	1,1	0,1	0,1	0,03	0,1	0,04
Hunnselva	1,6	0,4	1,2	1,0	1,7	0,1	0,3	0,2	0,1	0,05
Flagstadelva	1,0	0,2	0,6	0,5	0,9	0,1	0,02	0,01	0,1	0,02
Svartelva	1,5	0,3	2,0	1,6	2,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
Moelva og Tingnes-Brøttum	2,5	0,6	1,3	1,0	1,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,03
Heggshuselva	0,3	0,06	0,14	0,11	0,09	0,008	0,01	0,004	0,01	0,004
Skanselva og Bausbakkkelva	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,02	0,004	0,002	0,03	0,01
Gausa	1,8	0,5	1,4	1,1	5,0	0,4	0,4	0,2	0,1	0,03
Gudbrandsdalslågen	7	1,4	3	2,4	25	2,5	-	-	2	0,66
Totalt for ni delnedbørfelt	19	4.2	11	9	37	3.5	1.1	0.6	2.7	0.9

3.2.1 Avløp

I de ni nedbørfeltene er det til sammen om lag 16 600 husstander med spredt avløp (tabell 3.2). For hvert nedbørfelt har 65 til 95 % en avløpsløsning som ikke tilfredsstillende kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor og organisk materiale. Det gir et utslipp på om lag 15 tonn totalfosfor fra de ni nedbørfeltene.

Det er registrert kommunale renseanlegg i fem av de ni nedbørfeltene, men fosfortilførsler og effekt av forbedringer er ikke beregnet her.

Tabell 3.2. Antall husstander med spredt avløp, andel uten tilstrekkelig rensing (%), tilførsler av totalfosfor fra spredt avløp (kg fosfor/år) og effekt av opprydding i spredt avløp (kg fosfor/år). For kommunalt avløp betyr pluss (+) at det er registrerte renselanlegg med belastning > 50 p.e. i nedbørfeltet (Statistisk sentralbyrå, 2018).

Nedbørfelt	Antall husstander med spredt avløp	Andel uten tilstrekkelig rensing	Spredt avløp	Effekt av opprydding i spredt avløp	Kommunalt avløp
		%	kg fosfor/år	kg fosfor/år	
Lenaelva	2200	82	1200	900	+
Hunnselva	1730	83	1200	1000	+
Flagstadelva	1053	65	600	500	-
Svartelva	2569	74	2000	1600	+
Moelva og Tingnes-Brøttum	2040	66	1300	1000	+
Heggshuselva	239	79	140	100	+
Skanselva og Bausbakkkelva	337	78	230	200	-
Gausa	1475	88	1400	1200	-
Gudbrandsdalslågen	5000	95*	7000	5600	-
Totalt/gjennomsnitt	16643	79	15070	12100	+

*gjelder for Sør-Fron kommune

3.2.2 Jordbruket

Kildefordelingen viser at fosfortilførsler til elvene fra jordbruksarealet utgjør totalt 19 tonn for de ni delnedbørfeltene samlet (tabell 3.1) og er dermed den største kilden til totalfosfor. For biotilgjengelig fosfor er det avløp som dominerer og jordbruksarealene bidrar med om lag 4 tonn fra de ni delnedbørfeltene.

Nedbørfeltet til Mjøsa er dominert av grasdyrking. Åpen åker i de ni delnedbørfeltene utgjør fra 2 til 60 % av jordbruksarealet (tabell 3.3). I nedbørfeltene til Lenaelva, Flagstadelva og Svartelva er det litt mer åpen åker enn grasareal, mens ellers er det mest gras. Det er en generell trend at grasarealet har økt gjennom de siste 20 årene. I Lenaelvas nedbørfelt er det en del potet- og grønnsaksareal (10 %), men i de andre delnedbørfeltene er den andelen lav. Generelt har arealet med potet og grønnsaker gått ned, og da særlig potetarealet (vedlegg 1-9). På kornarealet var det i 2019 mellom 25 og 90 % som overvintret i stubb for hvert av de syv delnedbørfeltene der det var en betydelig andel korn (tabell 3.3). Mest stubb var det i det minste delnedbørfeltet (Heggshuselva). I fem av de syv delnedbørfeltene med betydelig andel kornareal har det etter 2013 vært en nedgang andel i kornareal med overvintring i stubb (vedlegg 1-9).

Fosforstatus i jordbruksjorda i delnedbørfeltene rundt Mjøsa er i gjennomsnitt om lag 10 til 17 mg P-AL/100 g. I to delnedbørfelt er fosforstatus karakterisert som meget høy (P-AL > 14) (tabell 3.3). I seks av de åtte delnedbørfeltene der vi har data for jordas fosforstatus, har det skjedd en økning i fosforinnholdet fra perioden 1997-2006 til perioden 2007-2016 (vedlegg 1-9). I delnedbørfeltene Flagstadelva, Skanselva og Bausbakkkelva har den registrerte økningen vært betydelig (vedlegg 1-9).

Husdyrtallene for de ni delnedbørfeltene varierer med størrelsen på jordbruksarealet i delnedbørfeltene og er fra 550 gjødseldyrenheter i Heggshuselvas nedbørfelt til 35000 gjødseldyrenheter i Gudbrandsdalslågens nedbørfelt (tabell 3.3). Husdyrtettheten regnet i gjødseldyrenheter (GDE/dekar jordbruksareal) varierer i delnedbørfeltene mellom 0,05 og 0,13 GDE (tabell 3.3). En GDE svarer til 14 kg fosfor og krav til spredeareal i gjødselvereforskriften tilsvarer en maksimal fosformengde på 3,5 kg fosfor per dekar, det vil si 0,25 GDE/dekar. I alle delnedbørfeltene er det tilstrekkelig jordbruksareal til å oppfylle spredearealkravet, men siden jordas fosforstatus har økt over de siste 20 årene kan det tyde på at fosforgjødslingen likevel er i overskudd i forhold den fosformengden som fjernes med avlingen.

Tabell 3.3. Beskrivelse av de ni utvalgte nedbørfeltene i gjennomsnitt for 2017-2019.

Nedbørfelt	Andel åpen åker på jordbruksareal	Overvintring i stubb	Grastiltak (kantsoner og vannveier)	Husdyrtetthet i 2017-2019	Jordas fosforstatus i gjns.
	%	% av kornareal	Meter per dekar	Antall GDE (GDE/daa)	mg P-AL/100 g i 2007-2016
Lenaelva	60	35	0,45	7500 (0,08)	10,3
Hunnselva	27	40	0,4	3200 (0,06)	10,5
Flagstadelva	55	25	0,1	2500 (0,09)	17
Svartelva	56	25	~0	8000 (0,09)	11
Moelva og Tingnes-Brøttum	37	40	0,05	8000 (0,11)	13,9
Heggshuselva	41	90	0,2	550 (0,05)	11
Skanselva og Bausbakkelva	19	55	~0	1400 (0,1)	17
Gausa	2	-	-	7500 (0,09)	13,5
Gudbrandsdalslågen	6	-	-	35000 (0,13)	-

Jordbruket i de fleste av delnedbørfeltene på øst- og vest-siden av Mjøsa har endret seg i løpet av de siste 20 årene. Der har det generelt vært en økning i husdyrtettheten, økt fosforstatus i jorda og en endring i vekstfordelingen i jordbruket med mer gras- og mindre korndyrking. Større husdyrtetthet og høyere fosforstatus i jorda fører til økt risiko for avrenning fosfor med høy biotilgjengelighet. Grasdyrking i stedet for korndyrking fører imidlertid til redusert erosjon og lavere avrenning av jord og partikkelbundet fosfor. Men samtidig har vil økningen i jordarbeiding om høsten på kornarealet føre til økt risiko fosforavrenning.

I de to store delnedbørfeltene nord for Mjøsa (Gausa og Gudbrandsdalslågen) har jordbruket endret seg lite. Bortsett fra en reduksjon i kornarealet, som vil føre til mindre avrenning av partikkelbundet fosfor, har endringene liten betydning for fosforavrenningen.

Potet- og grønnsaksarealet utgjør en liten del av totalarealet, men kan lokalt ha stor betydning for fosforavrenningen fordi det fører til stor risiko for erosjon av partikler med høyt fosforinnhold.

3.3 Aktuelle tiltak og effekter på fosfortilførsler til elva

En stor utfordring for vannkvaliteten i de ni elvene og tilførslene til Mjøsa er utslipp fra spredt avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. Jordbruksarealene bidrar også vesentlig til fosforavrenningen, noe som forsterkes av økningen i husdyrtetthet i mange av delnedbørfeltene. Fordeling av husdyrgjødsel på alt tilgjengelig spredeareal og bruk av fosforfri mineralgjødsel vil bidra til å redusere risikoen for fosforavrenning fra den økte mengden husdyrgjødsel. På kornarealene vil overvintring i stubb, og grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner være viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførslene til Mjøsa.

3.3.1 Kommunalt og spredt avløp

Det er ca. 16 600 husstander med spredt avløp i de ni nedbørfeltene og herav har mellom 60 og 95 % i hvert delnedbørfelt en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor og organisk materiale. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførslene til de ni elvene og dermed til Mjøsa med om lag 12 tonn fosfor/år (tabell 3.4). Også tiltak innen kommunalt avløp (lekkasjer/overløp) vil bidra til å redusere tilførslene av fosfor til elvene, men mengden er ikke estimert.

3.3.2 Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg (tabell 3.4). Gjennomført i kombinasjon vil effekten av enkelttiltak være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak (Kværnø m.fl. 2014b). 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 forsøkninger. Med utgangspunkt i omfanget av overvintring i stubb i 2016, vil stubb på alt kornareal (100 %) gi en reduksjon i fosfortap på totalt 810 kg fosfor for de syv delnedbørfeltene det er beregnet for (tabell 3.4). 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 er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på totalt 2350 kg fosfor for de syv delnedbørfeltene det er beregnet for (tabell 3.4), og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon på totalt 420 kg fosfor for de syv delnedbørfeltene det er beregnet for hvis de anlegges langs alle bekker og elver.

Tabell 3.4. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter (Kværnø m.fl. 2019).

Kg fosfor per år	Lenaelva	Hunnselva	Flagstadelva	Svartelva	Moelva	Heggshuselva	Skanselva og Bausbakkelva	Gausa	Totalt
Opprydding i spredt avløp	900	1000	500	1600	1000	100	200	1200	6500
Kommunalt avløp – drift/overløp	Ikke estimert								-
Overvintring i stubb	230	140	80	50	280	20	10	-	810
Grasdekte vannveier	540	220	420	350	710	50	60	-	2350
Grasdekte kantsoner	110	70	50	70	80	20	20	-	420
Fangdammer	Ikke estimert								-
Reduksjon i jordas fosforstatus (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>230	>180	>100	>170	>260	>50	>50	>250	>1290
Tiltak i potet og grønnsaker	Ikke estimert								-
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke estimert								-
Reduksjon i punktkilder	Ikke estimert								-
									>11 370

*Tiltakseffekter for jordbruksarealer er beregnet for 2016 med Agricat2-modellen⁴

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 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 ni delnedbørfeltene til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til totalt >1290 kg fosfor reduksjon i tap av partikkelbundet fosfor for de åtte delnedbørfeltene det er beregnet for (tabell 3.4) og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

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 delnedbørfeltene 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.

3.3.3 Punktkilder

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

3.4 Andre effekter av tiltak

Tiltak innenfor avløp og avrenning fra husdyrgjødsel vil, i tillegg til effekten på eutrofiering i Mjøsa, 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

Til tross for betydelig bedring siden 1970- og 80-tallet, er økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering fortsatt moderat i nedre deler av flere av Mjøsas tilløpselver. Mjøsa har de fleste årene god økologisk tilstand, men de siste årene har tilstanden nærmet seg grensen til moderat i sentrale deler av Mjøsa, og vært moderat i Furnesfjorden. Den massive oppblomstringen av blågrønnalger i 2019 kan også være et tegn på forverring av eutrofitilstanden. Fosfortilførsler er den vesentligste årsaken til eutrofiering.

Tilførsler av totalfosfor til de ni elvene er dominert av arealavrenning fra jordbruksarealer og utslipp fra avløp. Spredt avløp er den største kilden for tilførsler av biotilgjengelig fosfor i alle de ni elvene. Den nest største kilden til biotilgjengelig fosfor er arealavrenning fra jordbruket.

Jordbruket i de fleste av delnedbørfeltene på øst- og vestsiden av Mjøsa har endret seg i løpet av de siste 20 årene. Det har generelt vært en økning i husdyrtettheten, økt fosforstatus i jorda og en endring i vekstfordelingen i jordbruket med mer gras- og mindre korndyrking. Men samtidig større andel jordarbeiding om høsten på kornarealene. Større husdyrtetthet og høyere fosforstatus i jorda fører til økt risiko for avrenning av fosfor med høy biotilgjengelighet. Grasdyrking i stedet for korndyrking fører imidlertid til redusert erosjon og lavere avrenning av jord og partikkelbundet fosfor, noe som motvirkes av at det jordarbeides mer om høsten i 2019 sammenlignet med år 2000.

I de to store delnedbørfeltene nord for Mjøsa (Gausa og Gudbrandsdalslågen) har jordbruket endret seg lite. Bortsett fra en reduksjon i kornarealet, som vil føre til mindre avrenning av partikkelbundet fosfor, har endringene liten betydning for fosforavrenningen.

Potet- og grønnsaksarealet utgjør en liten del av totalarealet, men kan lokalt ha stor betydning for fosforavrenningen fordi det fører til stor risiko for erosjon av partikler med høyt fosforinnhold.

I nedbørfeltene til de største tilførselselvene har jordbruket endret seg lite de siste 20 årene, men lokalt i flere av de mindre tilførselselvene har det blitt flere husdyr og til dels mye høyere fosforstatus i jorda. Det bidrar til økt risiko for fosfor avrenning.

Med klimaendringer som fører til økt avrenning er det en risiko for at fosfortilførslene kan øke og overskride grensen for den belastningen innsjøen tåler. Dersom det ikke settes inn tiltak kan tilstanden i innsjøen forverres. Tiltakene omfatter opprydding i avløpsløsninger, redusert tilførsel av fosfor til jordbruksarealene blant annet ved bruk av fosforfri mineralgjødsel sammen med utnyttelse av alt spredeareal, og overvintring i stubb med grasdekte vannveier og kantsoner på kornarealene. Etablering av fangdammer vil også bidra til å redusere fosfortilførslene til Mjøsa.

Referanser

- Bechmann, M., Kværnø, S., Turtumøygard, S., Haande, S., Poverud, L.M. 2016. Evaluering og revidering av tiltaksanalyse for Tunevann. NIBIO Rapport 2(115).
- Brod, E., Bechmann, M. og Øgaard, A.F. 2017. Løst fosfat i jordbruksavrenning – forskjell mellom driftssystemer. *Vann* 52(1): 47-56.
- Direktoratsgruppen vandndirektivet 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).
- Kværnø, S.H., Turtumøygard, S., Bechmann, M., Engebretsen, A. Krzeminska, D., 2019. Tiltaksanalyse for vannregion Glomma. Avrenning, tiltak og kostnader i landbruksområdene. NIBIO-rapport 5/173.
- Lyche Solheim, A. og Thrane, J.-E. m.fl. 2020. Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa. Årsrapport for 2019. NIVA-rapport 7491-2020. 95 s.
- Miljødirektoratet, 2020. Tegn på økt eutrofiering av Mjøsa.
<https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/fagmeldinger/2020/desember-2020/tegn-pa-okt-eutrofiering-i-mjosa/>
- Rognerud, S. 1988. Fosfortransport til Mjøsa i perioden 1973-87. NIVA-rapport 2170. 56 s
- Øgaard, A.F., Skarbøvik, E., Bechmann, M., Krogstad, T. 2012. Biotilgjengelighet av fosfor fra jordbruksavrenning – kunnskapsstatus. *Vann* 47(3): 357-368.

Vedlegg

1. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Lenaelva. NIBIO-pop 7(5)
2. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Hunnselva. NIBIO-pop 7(6)
3. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Flagstadelva. NIBIO-pop 7(7)
4. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Svartelva. NIBIO-pop 7(8)
5. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Moelva og Tingnes-Brøttum. NIBIO-pop 7(9)
6. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Heggshuselva. NIBIO-pop 7(10)
7. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Skanselva og Bausbakkelva. NIBIO-pop 7(11)
8. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Gausa. NIBIO-pop 7(12)
9. Bechmann, Marianne; Thrane, Jan-Erik; Kværnø, Sigrun; Turtumøygard, Stein. 2021. Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt: Gudbrandsdalslågen. NIBIO-pop 7(13)



Foto: Øyvind Holmstad/Wikimedia Commons

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Lenaelva

Lenaelva har vært betydelig påvirket av både industri, avløp, husdyrhold og arealavrenning fra jordbruket. Over tid har vannkvaliteten blitt bedre, men den økologiske tilstanden er fortsatt moderat med hensyn til eutrofiering langs store deler av elva. Beregninger for 2016 viser at hovedkildene til det menneskeskapte fosfortapet er jordbruk og avløp. Avløp er den største kilden til biotilgjengelig fosfor. Fortsatt opprydding i spredt avløp er derfor det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten i elva. Det har dessuten over de siste 20 årene skjedd endringer i jordbruket som kan ha påvirket vannkvaliteten i elva og tilførselene til Mjøsa. Husdyrtettheten har økt, og siden 2013 har også andelen av kornarealet som høstpløyes økt. Dette medfører økt risiko for fosforavrenning. Redusert fosforgjødsling, grasdekte vannveier i forsøkninger, og 'ingen jordarbeiding om høsten' vil derfor være viktige tiltak for å redusere fosfortilførselene til elva fra jordbruksarealene. Høye konsentrasjoner av *E. coli* i elva indikerer at avløp eller husdyrgjødsel bidrar til næringsstoffavrenningen og tiltak for disse kildene bør prioriteres. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Opprettholdelse av god vannkvalitet i Mjøsa er avhengig av målrettede tiltak i de ulike vassdragene som har utløp i Mjøsa. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltet til Lenaelva.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I LENAELVA

Lenaelva var på 1970- og 80-tallet en av de mest forurensede av Mjøsas tilløpselver¹. Over tid har vannkvaliteten blitt bedre, men nyere undersøkelser av de biologiske kvalitetselementene bunndyr og begroingsalger viser at økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering og/eller organisk belastning fortsatt er moderat, både nær utløpet i Mjøsa og videre oppover i vassdraget^{2,3} (tabell 1). Unntaket er de øvre delene av Lenaelva og Brandelva, hvor økologisk tilstand er god. I 2020 ble det gjennomført en omfattende undersøkelse av bunndyr og begroingsalger på 19 stasjoner i vassdraget³. Resultatene viste at den dominerende påvirkningen er forhøyede konsentrasjoner av næringsstoffer, noe som stemmer godt med andre undersøkelser de siste fem årene². Den årlige middelkonsentrasjonen av totalfosfor i nedre deler av Lenaelva har de senere årene vært innenfor miljømålet om god økologisk tilstand (figur 1B). Det forekommer allikevel jevnlig enkeltmålinger hvor fosforkonsentrasjonene er svært høye (50-200 µg P/L). Dette skjer typisk under flom eller etter større nedbørepisoder, men kan også forekomme ved lavere vannføring. Dette indikerer at årsakene er en kombi-

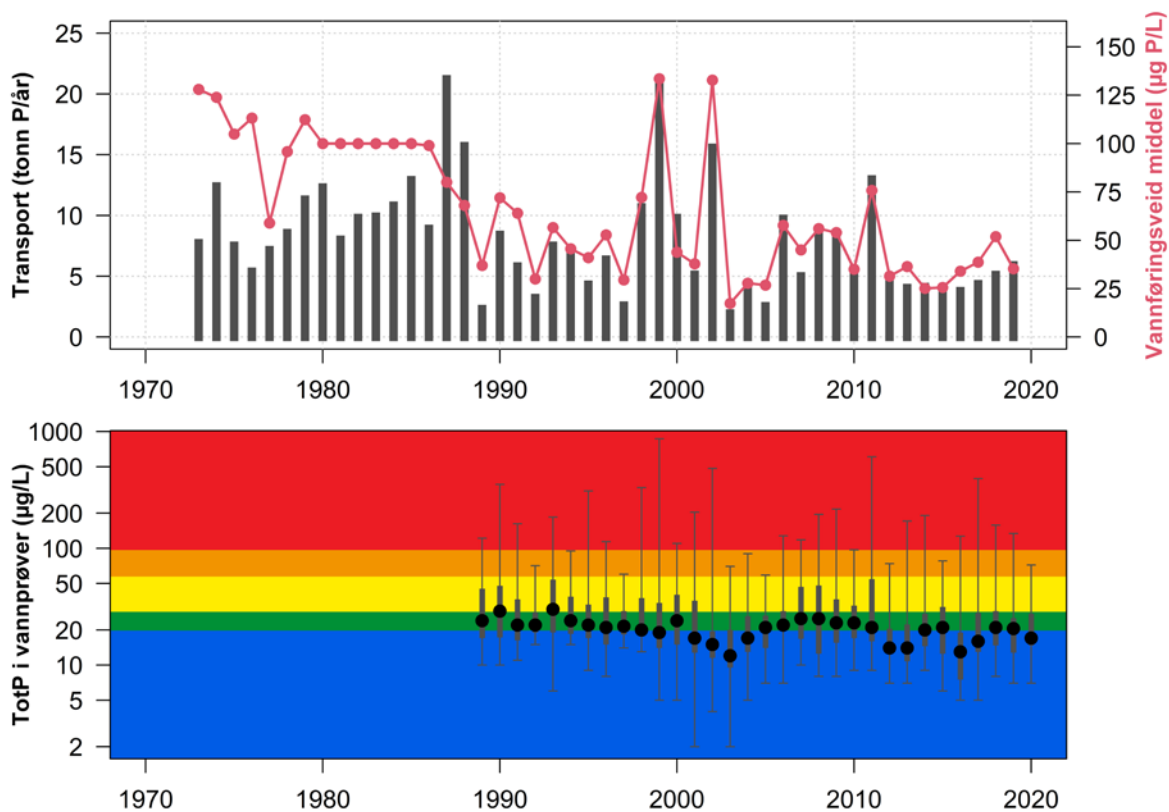
nasjon av arealavrenning og punktkilder. Når det gjelder nitrogen er tilstanden svært dårlig (figur 2B). Fordi fosfor antas å være det begrensende næringsstoffet for biologisk vekst, benyttes ikke totalnitrogen i den samlede vurderingen av økologisk tilstand. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tegn på forurensing. Konsentrasjonene av *E. coli* er ofte høye og overskrider grenseverdier for jordvanning, noe som tyder på betydelig påvirkning fra avløp eller husdyrgjødsel.

KONSENTRASJON OG TRANSPORT AV NÆRINGSSTOFFER

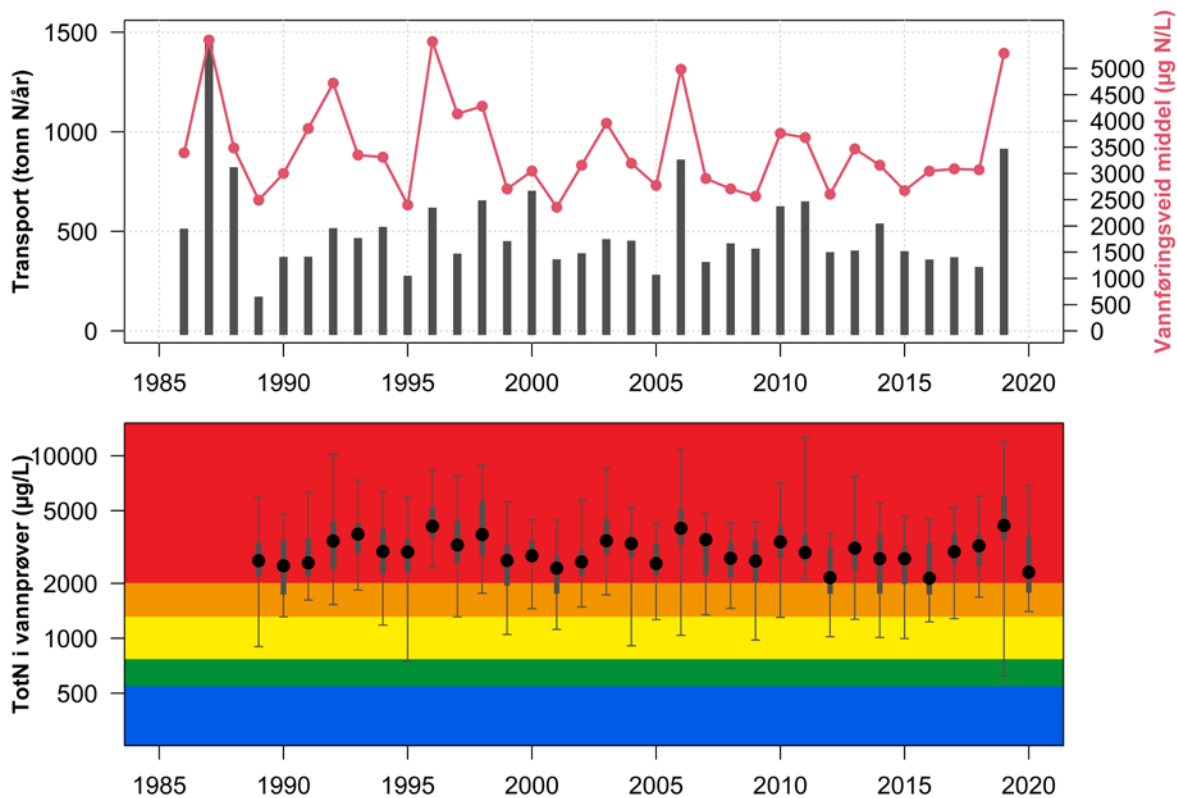
Gjennom overvåkingsprogrammet for Mjøsa med tilløpselver har det siden 1973 blitt tatt jevnlig vannprøver for analyse av totalfosfor og totalnitrogen i Lenaelva nær utløpet i Mjøsa. Det har vært en halvering både i transport (figur 1A) og konsentrasjon (figur 1B) av totalfosfor gjennom perioden, fra et gjennomsnitt på 10,1 tonn per år i perioden 1973-1989 til 5,4 tonn per år det siste tiåret (2010-2019). Lenaelva bidrar nå med ca. 4 % av de totale fosfortilførslene til Mjøsa (median for perioden 2010-2019), mot ca. 8 % på 80-tallet. Middelkonsentrasjonen av totalfosfor falt jevnt frem til begynnelsen av 2000-tallet, men

Tabell 1. Vurdering av økologisk tilstand mht. eutrofiering i Lenavassdraget. Kun vannforekomster med relevante og nyere data (fortrinnsvis fra siste 5 år) er inkludert. Vannforekomstene er sortert fra nederst til øverst i nedbørfeltet. Samlet økologisk tilstand mht. eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstalger har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Konsentrasjonen av totalnitrogen er klassifisert, men ikke tatt med i vurdering av samlet økologisk tilstand siden vannforekomstene ikke anses å være nitrogenbegrensede. SD = svært dårlig; D = dårlig; M = moderat; G = god og SG = svært god tilstand.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekst-alger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Lena, mellom Håjendammen og Mjøsa	002-946-R	M [†]	M [†]	G*	SD*	M	[†] Norconsult 2020, NIVA 2015. *Totalfosfor og totalnitrogen er målt 24 ganger årlig gjennom Mjøs-overvåkingen. Tilstand for N og P basert på snitt fra tre siste år.
Lenaelva, mellom Bråstad og Lena	002-861-R	M [†]	M [†]	SG*	SD*	M	[†] Norconsult 2020. *Vann-nett
Bøvra	002-4822-R	M [†]	G [†]	G*	-	M	[†] Norconsult 2020, NIVA 2015. NIVA vurderte ASPT til M i 2015. *Vann-nett.
Brandelva nedre del	002-2701-R	M [†]	M [†]	SD*	SD*	M	[†] Norconsult 2020, NIVA 2015. *Vann-nett. Den økologiske tilstanden ved Ensrud er G.
Brandelva øvre del	002-2707-R	SG [†]	G [†]	SG*	SG*	G	[†] Norconsult 2020. *Vann-nett.
Lenaelva, ytre Kolbu	002-2715-R	M [†]	SG [†]	SG*	M*	M	[†] Norconsult 2020. Den økologiske tilstanden ved Kolbu vannverk er G for ASPT og SG for PIT. *Vann-nett.
Lenaelva, øvre del	002-2709-R	-	-	SG*	-	G	Biologiske data mangler. Antatt god økologisk tilstand.



Figur 1. A Øverst: Estimert årlig transport av totalfosfor (tonn P/år) via Lenaelva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **B Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalfosfor (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.



Figur 2. A Øverst: Estimert årlig transport av totalnitrogen (tonn N/år) via Lenaelva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalnitrogen ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **B Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalnitrogen (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

siden det har det ikke vært noen entydig trend i tidsutviklingen (figur 1B).

Verken transport eller konsentrasjon av totalnitrogen i Lenaelva har vist noen entydig trend over tid (figur 2). Konsentrasjonene har gjennom hele perioden vært høye, og ville gitt svært dårlig tilstand, dersom nitrogen hadde vært anvendt i vannforskriftens tilstandsklassifisering (figur 2B). Om nitrogentilførselen fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa summeres, bidrar Lenaelva med ca. 11 % av totale tilførsler. Dette er høyt i forhold til elvas størrelse. Sannsynligvis bidrar ikke nitrogenet til eutrofiering av Mjøsa, ettersom planteplanktonets vekst antas å være begrenset av fosfor. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tydelig tegn på forurensing, og det er ønskelig å redusere nitrogentilførselene, ettersom nitrogen fra Mjøsa til slutt ender opp i Oslofjorden via Glomma. I kyst- og havområdene kan nitrogen potensielt få større negative effekter enn i Mjøsa. Det kan heller ikke utelukkes at nitrogenet påvirker økologien elvene og i Mjøsa, med mulige effekter på f.eks. artssammensetning.

Lenaelvas nedbørfelt er 291 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 31 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 2 %, skog, åpen fastmark og myr 60 %, vannflater 2 % og samferdsel og bebyggelse 5 %. Det er ca. 2200 husstunder med privat avløpsløsning i nedbørfeltet til Lenaelva.

KILDER TIL FOSFOR

Ifølge et kilderegnskap fra 2016 i figur 3 tilføres Lenaelva om lag 5,4 tonn totalfosfor i et gjennomsnittså. Arealavrenning fra jordbruket er den største (2,8 tonn/år) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet til Lenaelva. Samlet tilførsel fra spredt avløp er 1,2 tonn totalfosfor. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er totalt på 1,8 tonn og det er avløp som bidrar med den største delen av det biotilgjengelige fosforet (figur 3). Av de ca. 2200 husstunder med spredt avløp har ca.

1800 en avløpsløsning som ikke tilfredsstillt kravet om 90 % rensing av fosfor. De høye tallene for *E. coli* som påvises i elva kan delvis tilskrives avløp.

Skog og utmark utgjør et betydelig areal i nedbørfeltet og bidrar derfor med noe totalfosfor (1,1 tonn/år), selv om avrenningen av fosfor per arealenhet fra denne type arealer er liten. Fosfor i avrenning fra skog og utmark har lav biotilgjengelighet, og skogen bidrar derfor med lite biotilgjengelig fosfor i det totale kilderegnskapet (figur 3).

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

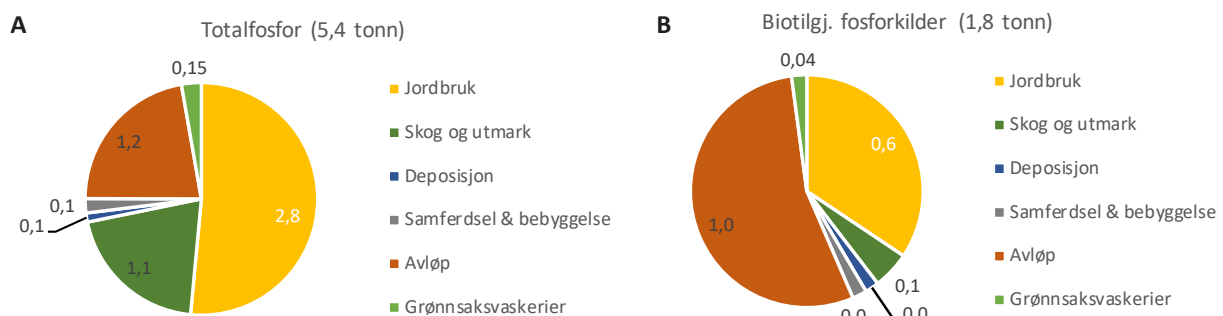
Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Lenaelva endret seg. Det har vært en økning i antall husdyr og en svak økning i jordas fosforstatus, noe som over tid kan bidra til økning i fosfortilførsler fra jordbruket til Lenaelva.

Husdyrgjødsel

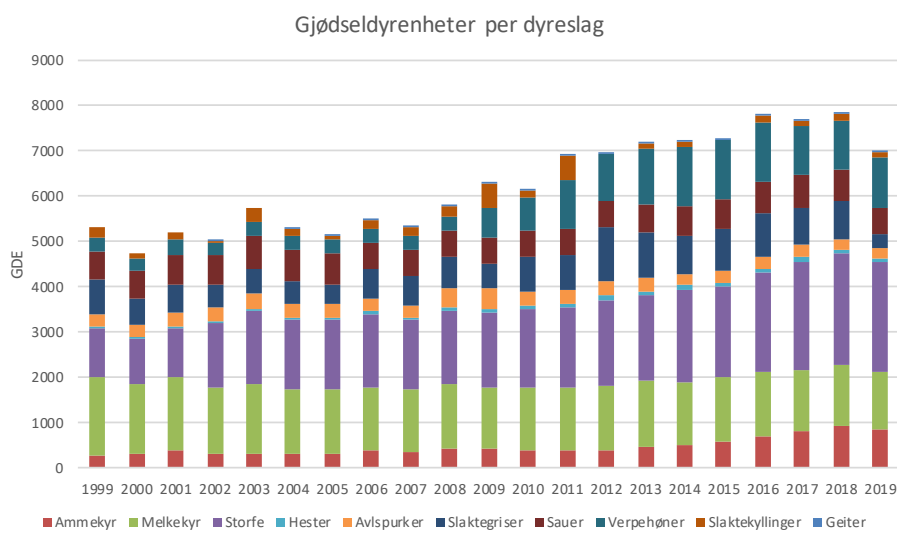
Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av løst fosfat ved avrenning rett etter spredning, ved lekkasje fra gjødsellager, og som følge av høye fosfortall i jorda. Samlet husdyrtall i nedbørfeltet til Lenaelva har økt (beregnet som gjødseldyrenheter, GDE), fra ca. 5000 GDE til ca. 7500 GDE over de siste 20 årene (figur 4). Det er særlig antall verpehøner, ammekyr, storfe og slaktegriser som har økt. Regnet i fosformengde svarer økningen i husdyrtall til 35 tonn fosfor. Det er totalt er 105 tonn fosfor tilgjengelig i husdyrgjødsel, noe som svarer til 1,1 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig basert på dyretall som er hjemmehørende på eiendommene i nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av 3,5 kg fosfor/dekar. I tillegg til å bidra med fosfor til Lenaelva kan avrenning av husdyrgjødsel også ha forårsaket høye konsentrasjoner av *E. coli*.

Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer



Figur 3. Kildedefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (tonn) i nedbørfeltet til Lenaelva basert på tidligere beregninger for 2016⁴.

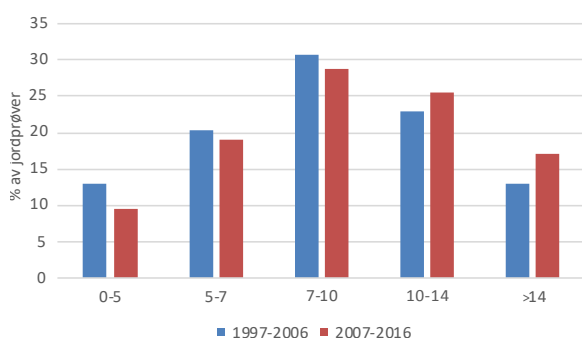


Figur 4. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 1999-2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Lenaelva fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

fosfor og dels fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når innholdet øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn-og grasdyrking er 5-7 mg P-AL/100 g. Fosfortallet øker når det tilføres mer fosfor med gjødsel sammenlignet med det som tas ut i avling. Når fosforstatus er over 14 mg P-AL/100 g gir fosforgjødsling ikke økte avlinger. Fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet til Lenaelva har i gjennomsnitt økt fra 9,8 mg P-AL/100 g til 10,3 mg P-AL/100 g fra perioden 1997-2006 til perioden 2007-2016 (figur 5). Fosfortallet er over 14 for 17 % av prøvene fra perioden 2007-2016. Økning i husdyrtall og dermed husdyrgjødselmengden kan være forklaringen på at fosforstatus i jorda har økt.

Vekstfordeling

I Lenaelvas nedbørfelt ble det i 2019 i hovedsak korn (50 %) og gras (40 %) (figur 6). De siste 20 årene har det blitt mer eng og mindre korn på arealene, noe som bidrar til redusert erosjon og dermed redusert avrenning av fosfor. I 2019 dyrkes grønnsaker og potet på ca. 12 % av arealet. Det har ikke vært betydelige



Figur 5. Fordeling av fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997-2006 og 2007-2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Lenaelva (Jord databanken, NIBIO).

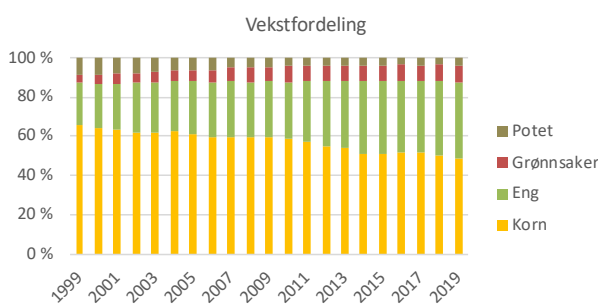
endringer i det samlede arealet med grønnsaker og potet, men en nedgang i arealet med potet til fordel for grønnsaker.

PROBLEMOMRÅDER I JORDBRUKET

En forutsetning for effekt av vannmiljøtiltak er at tiltakene målrettes mot aktuelle kilder og risikofaktorer på hvert gårdsbruk. For jordbruksarealer betyr høy erosjonsrisiko i kombinasjon med høyt fosforinnhold i jord at det er høy risiko for fosforavrenning. Elva kan imidlertid også få vesentlige tilførsler av fosfor fra arealer med lavere erosjonsrisiko dersom det i sum er mye jordbruksareal som bidrar. Transportveier i jordbrukslandskapet og avstand til elva har betydning for tilbakeholdelse av næringsstoffer og den aktuelle påvirkningen avrenning vil ha på vannkvaliteten.

Erosjon

Fosfortap som følge av erosjon fra jordbruksarealene i Lenaelvas nedbørfelt skjer ved flateerosjon (1,6 tonn fosfor) og erosjon i vannførende dråg (1,2 tonn fosfor)⁶. Mesteparten av jordbruksarealet i Lenaelvas nedbørfelt har lav risiko for flateerosjon⁵, og kun



Figur 6. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Lenaelva for perioden 1999-2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

1–2 % av arealet har middels risiko for flateerosjon (figur 7). Årsaken til dette er kombinasjonen av relativt tørt innlandsklima og et jordsmonn med egenskaper som beskytter mot erosjon (grusholdig, moldholdig til moldrik lettleire er mest utbredt). Jordtap gjennom drenggrøftene inngår i vurderingen av risiko for flateerosjon. Det er risiko for drågerosjon på mye av jordbruksarealet i alle deler av nedbørfeltet. En del arealer ned mot Lenaelva har økt risiko for erosjon ved høstpløying eller risiko for erosjon i dråg.

I sidevassdragene *Slukelva, Homla, Lenaelva ved Ytre Kolbu, Brandelva og Riseelva*⁶ er det mye gras (mer enn ca. 50 % av jordbruksarealet). Dersom det fortsetter å være mye gras forventes det at disse områdene bidrar med lite partikkelbundet fosfor til Mjøsa.

I noen områder er det en god del torvjord. Den er normalt ikke erosjonsutsatt, men den binder fosfor dårligere enn mineraljord slik at gjødsling her kan gi større risiko for utlekking av løst fosfat. Andelen jordbruksareal på torvjord er høyest (ca. 10 %) i nedbørfeltene til *Homla* og *Brandelva*.

Risikovekster

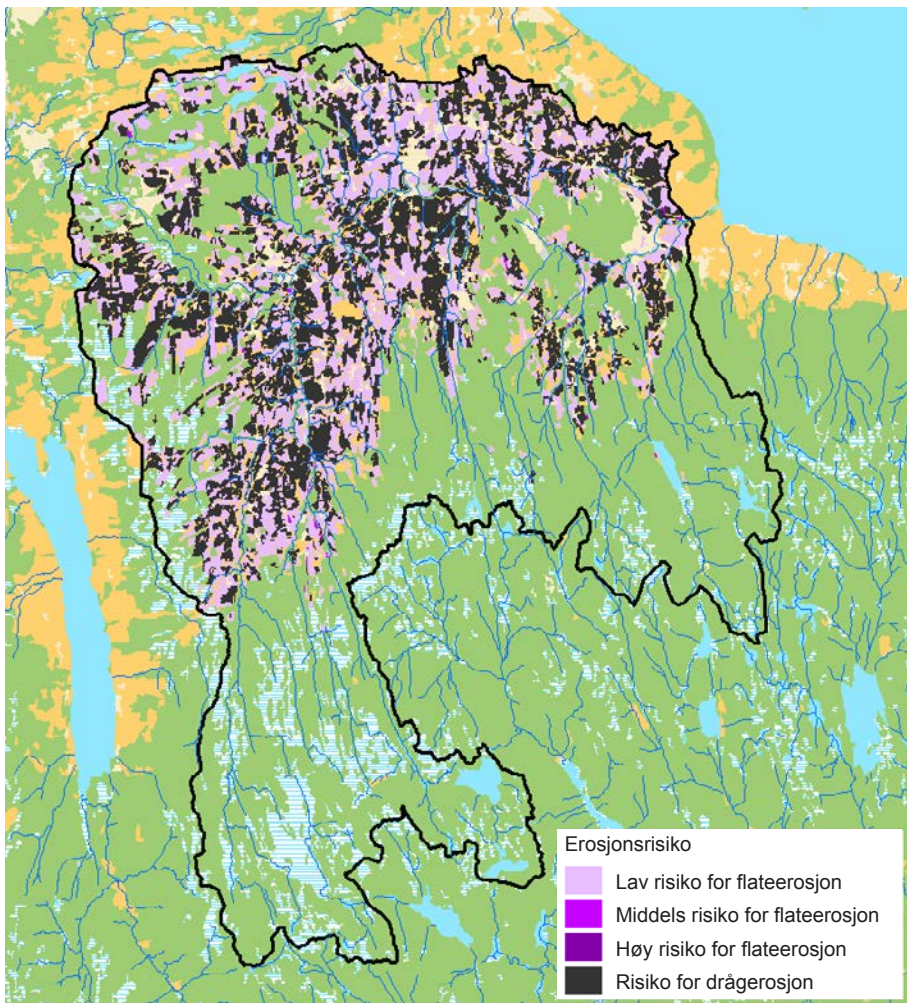
Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året, noe som medfører risiko for erosjon. Dessuten tilføres det i radkulturer som regel overskudd av fosfor da det gjødsles med mer enn det plantene tar ut i avling og jorda har derfor et høyere innhold av fosfor samlet opp over tid. I 2016 var det radkulturer på en særlig stor andel (20-30 %) av jordbruksarealet rundt *Festadbekken, småbekkene nordøst for Lenaelva og Høljaelva*. Dette kan være særlig viktig for vannkvaliteten i de enkelte sidevassdragene, men kan også ha betydning for tilførslene til Mjøsa.

Husdyrgjødsel

Antall husdyr fordelt på totalt jordbruksareal er høyest i nedbørfeltene til *Slukelva, Brandelva, Homla* og *Bøvra* (tabell 2).

Grønnsaksvaskerier

Det er tre grønnsaksvaskerier i *Brandelva* som er et sidevassdrag til *Lenaelva*. Utslipp fra grønnsaksvaskeriene har tidvis høye konsentrasjoner av partikler og næringsstoffer, med tilførsel av fosfor tilsvarende 200-300 p.e. (ca. 150 kg fosfor). Rensløsninger for de



Figur 7. Kart over nedbørfeltet til Lenaelva. Erosjonsrisikokart for jordsmonnskartlagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden.nibio.no, NIBIO).

Tabell 2. Antall gjødseldyrenheter (GDE) og GDE per dekar totalt jordbruksareal i nedbørfeltene til utvalgte vannforekomster.

Delnedbørfelt	GDE	GDE per daa totalt jordbruksareal
Bøvra	1490	0,10
Brennsæterelva og Riseelva	387	0,07
Festadbekken	451	0,09
Høljaelva	109	0,06
Homla	244	0,13
Lena, mellom Bråstad og Lena bekkefelt	1585	0,08
Lenaelva ned til Mjøsa småbekker nordsiden	574	0,03
Lenaelva Ytre Kolbu	395	0,08
Skrukkelivassdraget og Brandelva	1223	0,13
Slukelva	1030	0,17
Vesleelva	191	0,03

tre grønnsvaskeriene skal være gjennomført i løpet av 2021. Inntil videre skjer rensingen gjennom eksisterende sedimentasjonsdammer som vedlikeholdes for optimal funksjon, men inntil renseløsningene er på plass vil vaskeriene utgjøre en kilde til fosfor i Lenaelva.

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

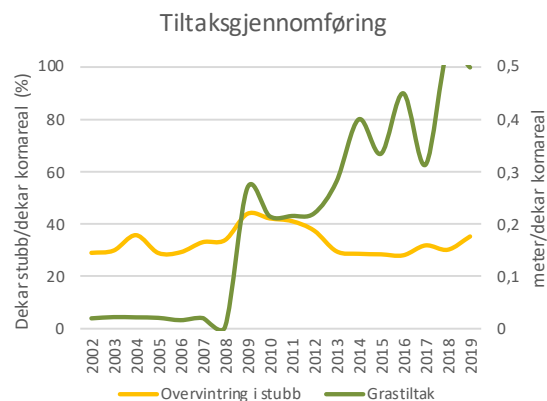
Bekke- og elveerosjon kan forekomme, særlig i de forholdsvis bratte skrentene ned mot deler av Lenaelva, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt, blant annet fra Kolbu og nordover mot Mjøsa. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelse kan føre til erosjon og tilførsel av næringsstoffer til vassdraget. Det er ikke kjennskap til hendelser i skogsdriften som kan ha ført til redusert vannkvalitet. Hogst fører til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer de første årene etter hogst.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

På rundt halvparten av jordbruksarealet i nedbørfeltet til Lenaelva dyrkes korn. Ca. 35 % av kornarealene lå i stubb i 2019. Det har vært en positiv utvikling i antall meter med grasdekt vannvei og kantsone (figur 8).

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFOR-TILFØRSLER TIL ELVA

En stor utfordring for vannkvaliteten Lenaelva er utslipp fra spredt avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. I tillegg har det vært en økning i husdyrtettheten. Fordeling av husdyrgjødsel på alt tilgjengelig spredeareal og bruk av fosforfri



Figur 8. Trender i overvintring i stubb, grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner i nedbørfeltet til Lenaelva (Kilde: Regionale miljøprogram, RMP). Data for grasdekte kantsoner før 2009 er ikke tilgjengelige.

mineralgjødsel bidrar til å redusere risikoen for fosforavrenning. Overvintring i stubb på kornarealer, og grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner på alle åpen åker arealer, er andre viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførslene til Mjøsa.

Kommunalt og spredt avløp

Det er ca. 2200 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet og herav har ca. 1800 (82 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførslene til Lenaelva med ca 900 kg fosfor/år (tabell 3). Også tiltak innen kommunalt avløp (lekkasjer/overløp) vil bidra til å redusere tilførslene av fosfor til Lenaelva.

Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg (tabell 3). Gjennomført i kombinasjon vil effekten av enkelttiltak være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak^{5,6}.

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 forsenkninger. Med utgangspunkt omfanget av overvintring i stubb i 2016 på rundt en tredjedel av kornarealet, vil stubb på alt kornareal (100 %) gi en reduksjon i fosfortap på 230 kg fosfor⁴. 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 forsenkninger, og grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i Lena-

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter⁴.

Tiltak i nedbørfeltet til Lenaelva	Reduksjon i fosfortilførsler* kg fosfor/år
Opprydding i spredt avløp	900
Kommunalt avløp – drift/overløp	Ikke estimert
Overvintring i stubb	230
Grasdekte vannveier	540
Grasdekte kantsoner	110
Fangdammer	Ikke estimert
Reduksjon i jordas fosforstatus (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>280
Tiltak i potet og grønnsaker	Ikke estimert
Reduksjon i punktkilder	Ikke estimert

*Tiltakseffekter for jordbruksarealer er beregnet for 2016 med Agricat2-modellen⁴

elvas nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 540 kg fosfor, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon på 110 kg fosfor hvis de anlegges langs alle bekker og elver⁴.

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 Lenaelvas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til 280 kg fosfor reduksjon⁴ i tap av partikkelbundet fosfor og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

Tiltak i potet og grønnsaker. På arealer der det dyrkes poteter og rotgrønnsaker bør det etableres fangvekster 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 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. Husdyrtettheten (0,08 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). Om husdyrgjødsel prioriteres på arealene med lavest fosforstatus, og 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.

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 i Mjøsa, 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

- ¹ Rognerud, S. 1988. NIVA-rapport 2170
- ² Kile, M.R. 2016. NIVA-notat 0381; Løvik m.fl. 2016. NIVA-rapport 7028
- ³ Miljøovervåking av elver og bekker i Oppland og Hedmark fylke 2019; Norconsult 2020
- ⁴ Kværnø m.fl. 2019. NIBIO-rapport 5/173
- ⁵ Kværnø m.fl. 2020. NIBIOpop 6/38
- ⁶ Veileder for miljø- og klimatiltak i landbruket: www.nibio.no/tiltak

Dette faktaarket er et av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver. De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

FORFATTERE:

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



Foto: Marianne Bechmann

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Hunnselva

Hunnselva har vært betydelig påvirket av både avløp, husdyrhold og arealavrenning fra jordbruket. Vannkvaliteten har blitt bedre sammenliknet med 1970, 1980 og 1990-tallet, men tilstanden med hensyn til eutrofiering er fortsatt moderat i nedre og midtre deler av elva. Avløp er den største kilden til biotilgjengelig fosfor. Fortsatt opprydding i spredt avløp er derfor det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten i elva. Beregninger fra 2016 viser at hovedkildene til det menneskeskapt fosfortapet er jordbruk og avløp. Jordbruksproduksjonen har endret seg lite i nedbørfeltet til Hunnselva over de siste 20 årene, og består av husdyr-, gras- og kornproduksjon. Fosforstatus i jorda er høy, og viser en svak økning i løpet av perioden. Dette medfører økt risiko for fosforavrenning. Redusert fosforgjødsling, grasdekte vannveier i forsenkninger, og 'ingen jordarbeiding om høsten' vil derfor være viktige tiltak for å redusere fosfortilførslene til elva fra jordbruksarealene. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Opprettholdelse av god vannkvalitet i Mjøsa er avhengig av målrettede tiltak i de ulike vassdragene som har utløp i Mjøsa. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltet til Hunnselva.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I HUNNSSELVA

Hunnselva var på 1970- og 80-tallet blant de mest forurensede av Mjøsas tilløpselver¹. Over tid har vannkvaliteten blitt bedre, men nyere undersøkelser av de biologiske kvalitetselementene bunndyr og begroingsalger viser at den økologiske tilstanden med hensyn til eutrofiering og organisk belastning fortsatt er moderat i nedre og midtre deler av elva². I øvre deler er tilstanden med hensyn til disse påvirkningene god (tabell 1). Den årlige mediankonsentrasjonen av totalfosfor i nedre deler av elva har det siste tiåret ligget nær grensen mellom svært god og god økologisk tilstand (figur 1B). Dette er en betydelig bedring siden 1990- og starten av 2000-tallet, da konsentrasjonen av totalfosfor oftere var i moderat økologisk tilstand (figur 1B). Det forekommer fortsatt høye enkeltmålinger, spesielt i forbindelse med flom, men i de fleste av målingene gjennom året ligger konsentrasjonen av totalfosfor innenfor god tilstand (figur 1B). Når det gjelder nitrogen har konsentrasjonen de siste fem årene tilsvarer dårlig økologisk tilstand (figur 2B). Fordi fosfor antas å være det begrensende næringsstoffet for biologisk vekst, benyttes ikke totalnitrogen i den samlede vurderingen av økologisk tilstand. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tegn på forurensing. Konsentrasjonene av fekale indikatorbakterier (*E. coli*) i nedre deler av elva tilsvarer svært dårlig tilstand² og overskrider grenseverdier for jordbruksvanning. Dette viser på at elva fortsatt får en betydelig påvirkning fra avløp eller husdyrgjødsel.

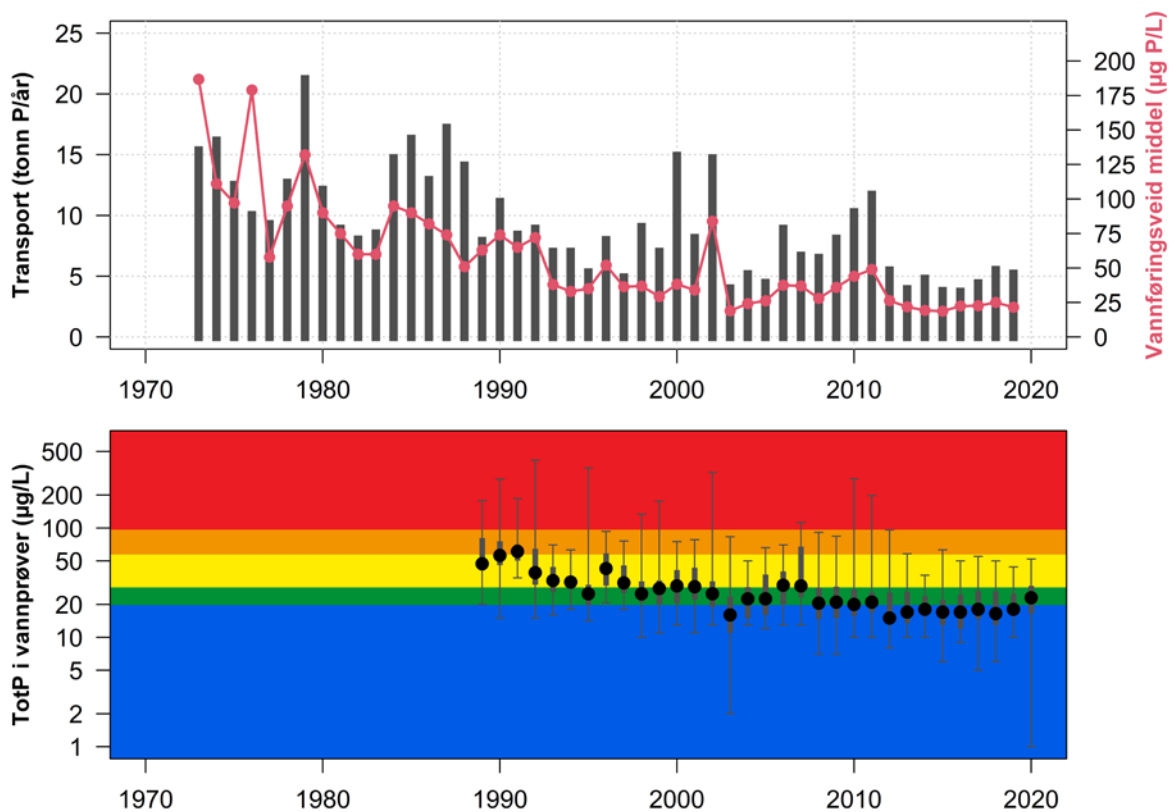
KONSENTRASJON OG TRANSPORT AV NÆRINGSSTOFFER

Gjennom overvåkingsprogrammet for Mjøsa med tilløpselver har det siden 1973 blitt tatt jevnlig vannprøver for analyse av totalfosfor og totalnitrogen i Hunnselva nær utløpet i Mjøsa. Sammenliknet med starten av perioden har det vært omtrent en halvering av fosfortransporten, fra 12,8 tonn per år på 70- og 80-tallet (gjennomsnitt for perioden 1973-1989) til 5,9 tonn per år det siste tiåret (gjennomsnitt for perioden 2010-2019; figur 1A). Årlig fosfortransport var 5,2 tonn i 2019, som utgjorde ca. 5,5 % av den totale transporten via de seks største tilløpselvene til Mjøsa. Mediankonsentrasjonen i vannprøver er også omtrent halvert siden 70-tallet og har de senere årene ligget rundt 20 µg P/l, som er nær grensen mellom god og svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften (figur 1). Likevel viser de biologiske kvalitetselementene kun moderat økologisk tilstand i midtre og nedre deler av vassdraget. Dette viser at tilførselen av næringsstoffer og/eller organisk forurensing er forhøyet, og at det bør fokuseres på ytterligere reduksjon i tilførsler.

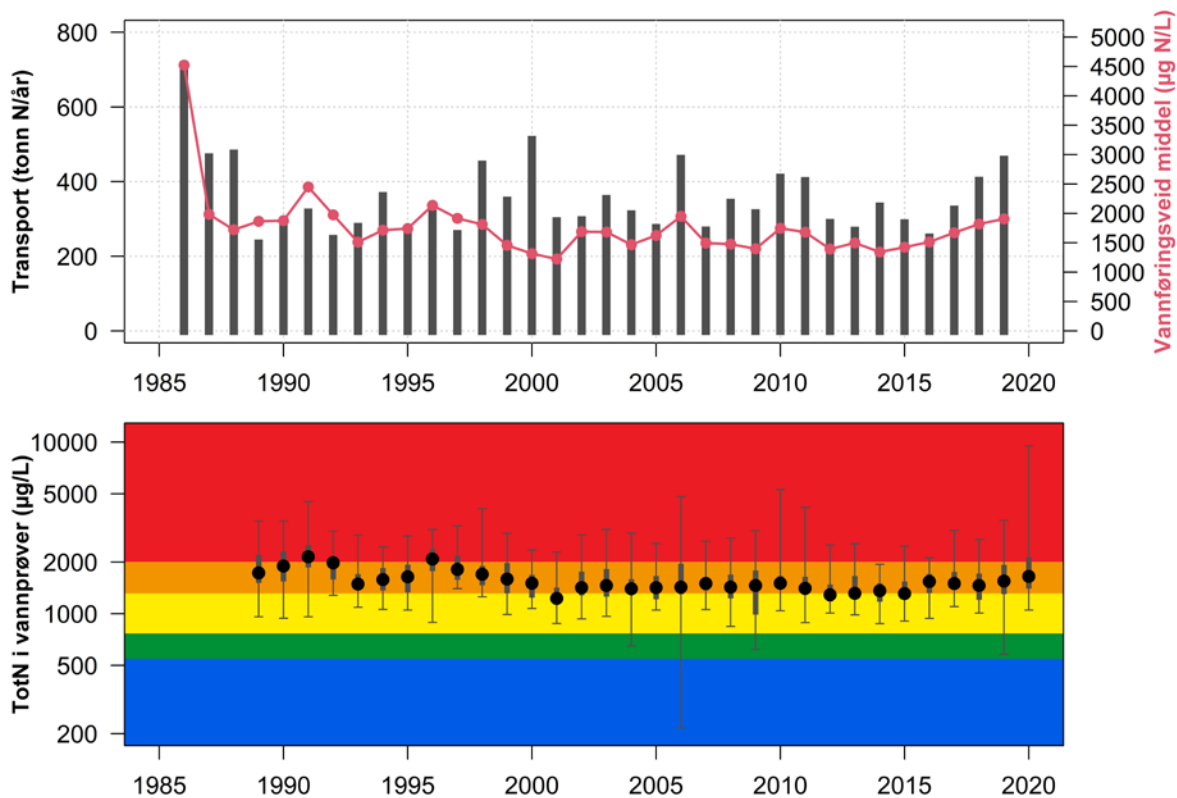
Både transport og konsentrasjon av nitrogen i Hunnselva har vært relativt stabile gjennom perioden (figur 2). Målingene antyder likevel en økende trend i både i transport og konsentrasjon de siste fem årene. Konsentrasjonen av totalnitrogen i vannprøver har i samme periode vært stabilt innenfor grensene for dårlig økologisk tilstand (figur 2B). Om nitrogentilførselen fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa

Tabell 1. Vurdering av økologisk tilstand mht. eutrofiering i Hunnselva. Kun vannforekomster med relevante og nyere data (fortrinnsvis fra siste 5 år) er inkludert. Vannforekomstene er sortert fra nederst til øverst i nedbørfeltet. Samlet økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstalger har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Konsentrasjonen av totalnitrogen er klassifisert, men ikke tatt med i vurdering av samlet økologisk tilstand siden vannforekomstene ikke anses å være nitrogenbegrenset. SD = svært dårlig; D = dårlig; M = moderat; G = god og SG = svært god tilstand.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekstalger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Hunnselva, Brufoss-Mjøsa	002-609-R	M [†]	M [†]	G*	D*	M	[†] NIVA 2018. *Totalfosfor og totalnitrogen måles 24 ganger årlig gjennom Mjøs-overvåkingen. Tilstand for N og P er basert på gjennomsnitt for tre siste år.
Vesleelva	002-2684-R	M [†]	-	SG*	D*	M [†]	[†] NIVA 2015. *Vann-nett. [‡] Få biologiske data fra de senere år; økologisk tilstand usikker.
Hunnselva, Breiskallen til Korta	002-1822-R	M [†]	M [†]	G*	D*	M	[†] NIVA 2018. Påvekstalger på grensen til G (nedstrøms Raufoss industri-park). *Vann-nett
Hunnselva, Fiskvoll-Vestbakken	002-573-R	SG [†]	G [†]	SG*	M*	G	[†] NIVA 2018. *Vann-nett.



Figur 1. A Øverst: Estimert årlig transport av totalfosfor (tonn P/år) via Hunnselva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **B Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalfosfor (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.



Figur 2. A Øverst: Estimert årlig transport av totalnitrogen (tonn N/år) via Hunnselva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalnitrogen ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **B Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalnitrogen (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

summeres, bidrar Hunnselva med ca. 9 % av totalen (median for perioden 2010-2019). Sannsynligvis bidrar ikke dette nitrogenet til eutrofiering av Mjøsa, ettersom planteplanktonets vekst antas å være begrenset av fosfor. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tydelig tegn på forurensing, og det er ønskelig å redusere nitrogentilførselene, ettersom nitrogen fra Mjøsa til slutt ender opp i Oslofjorden via Glomma. I kyst- og havområdene kan nitrogen potensielt få større negative effekter enn i Mjøsa. Det kan heller ikke utelukkes at nitrogen påvirker økologien i elvene og i Mjøsa med mulige effekter på f.eks. artssammensetning.

Hunnselvas nedbørfelt er 371 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 13 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 1 %, skog, åpen fastmark og myr 75 %, vannflater 6 % og samferdsel og bebyggelse 5 %. Det er ca. 1730 husstunder med privat avløpsløsning i nedbørfeltet.

KILDER TIL FOSFOR

Ifølge et kilderegnskap fra 2016 i figur 3A tilføres Hunnselva om lag 5 tonn totalfosfor i et gjennomsnittså. Arealavrenning fra jordbruket er den største (1,6 tonn/år) av de menneskeskapte kildene til totalfosfor elva og samlet tilførsel fra spredt avløp er 1,2 tonn totalfosfor. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er totalt på 1,7 tonn og det er avløp som bidrar med den største delen av det biotilgjengelige fosforet (figur 3B). Av de ca. 1730 husstunder med spredt avløp i nedbørfeltet har ca. 1430 (83 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstillende kravet om 90 % rensing av fosfor. De høye tallene for *E. coli* som påvises i elva kan tilskrives utslipp fra spredt og kommunalt avløp.

Skog og utmark utgjør et stort areal i nedbørfeltet og bidrar derfor betydelig med totalfosfor (1,7 tonn/år), selv om avrenningen av fosfor per arealenhet fra denne type arealer er liten. Fosfor i avrenning fra skog og utmark har lav biotilgjengelighet, og skogen bidrar

derfor med lite biotilgjengelig fosfor i det totale kilderegnskapet (figur 3A).

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Over de siste 20 årene har jordbruksproduksjonen i nedbørfeltet til Hunnselva endret seg lite.

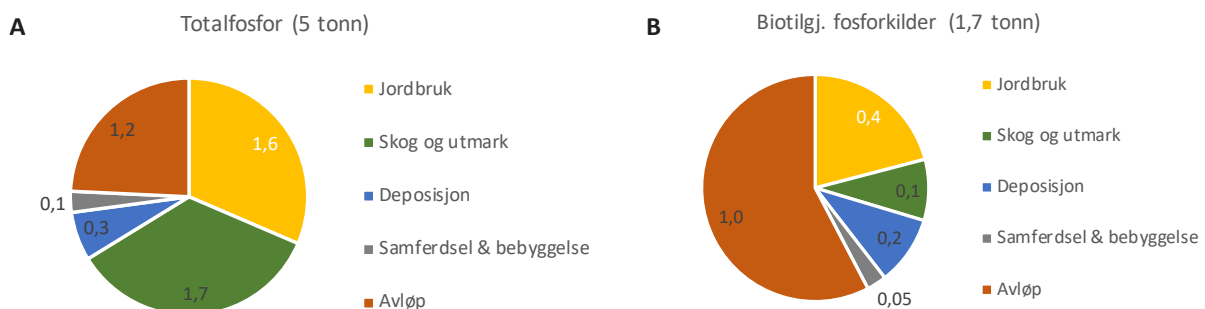
Husdyrgjødsel

Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av løst fosfat ved avrenning rett etter spredning, ved lekkasje fra gjødsellager og som følge av høyt fosforinnhold i jorda. Husdyrtettheten (beregnet som gjødseldyrenheter, GDE) har vært ganske stabil over de siste 20 årene i nedbørfeltet til Hunnselva (figur 4). I gjennomsnitt har det vært ca. 3200 GDE beregnet ut fra antall husdyr som er hjemmehørende på eiendommene i nedbørfeltet. Det svarer til totalt 44 tonn fosfor og 0,8 kg fosfor/dekar jordbruksareal (0,06 GDE/dekar) årlig i husdyrgjødsel. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av maksimalt 3,5 kg fosfor/dekar. Avrenning av husdyrgjødsel kan også ha bidratt til høye konsentrasjoner av *E. coli*.

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

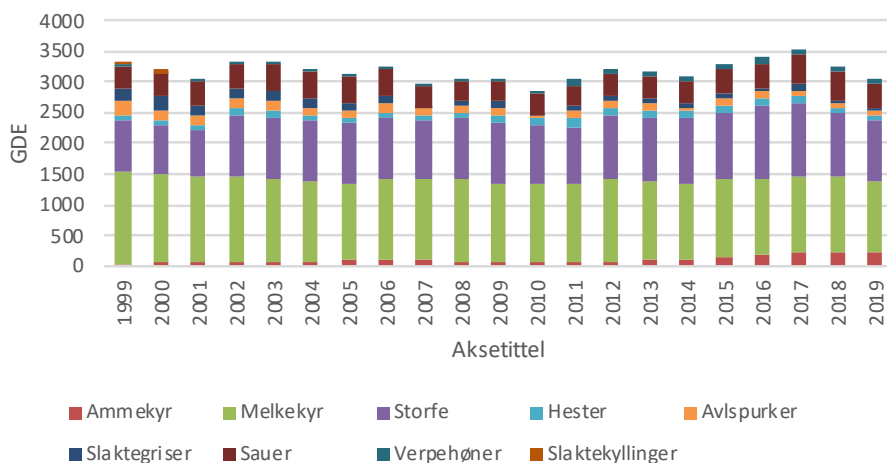
Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus (P-AL) har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer fosfor og dels fordi fosfor vaskes ut fra jorda når innholdet øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker dessuten med økende fosforstatus. Anbefalt P-AL i jorda ved korn- og grasdyrking er 5–7 mg/100 g. Fosforstatus øker når det tilføres mer fosfor med gjødsel sammenlignet med det som tas ut i avling. Når P-AL er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor⁶. Fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet til Hunnselva er høy og svakt økende. I gjennomsnitt 10,5 mg P-AL/100 g i siste periode (2007-2016) (figur 5) og i 18 % av jordprøvene er P-AL over 14 i perioden fra 2007 til 2016.

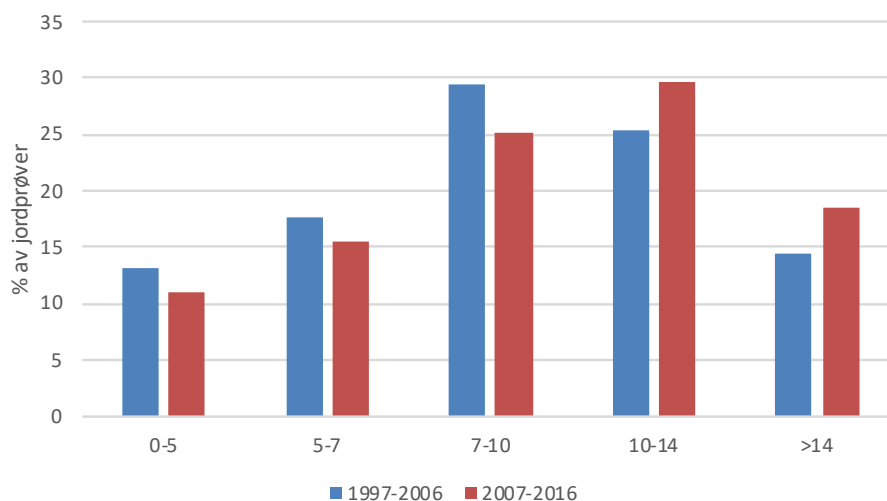


Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (tonn) i nedbørfeltet til Hunnselva basert på tidligere beregninger for 2016⁴.

Gjødseldyrenheter per dyreslag



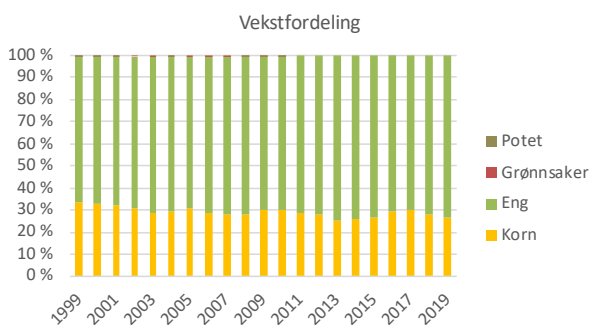
Figur 4. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 1999-2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Hunnselva fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 5. Fordeling av fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrket mark i to perioder (1997-2006 og 2007-2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Hunnselva (Jord databanken, NIBIO).

Vekstfordeling

I Hunnselvas nedbørfelt ble det i 2019 i hovedsak gras (72 %) og korn (27 %) (figur 6). Arealbruken har holdt seg ganske stabil over de siste 20 årene. Registreringene for eiendommer hjemmehørende i nedbørfeltet viser at det dyrkes lite grønnsaker og potet (figur 6). Areal med grønnsaker og potet kan være noe større dersom areal som leies ut til eiendommer utenfor

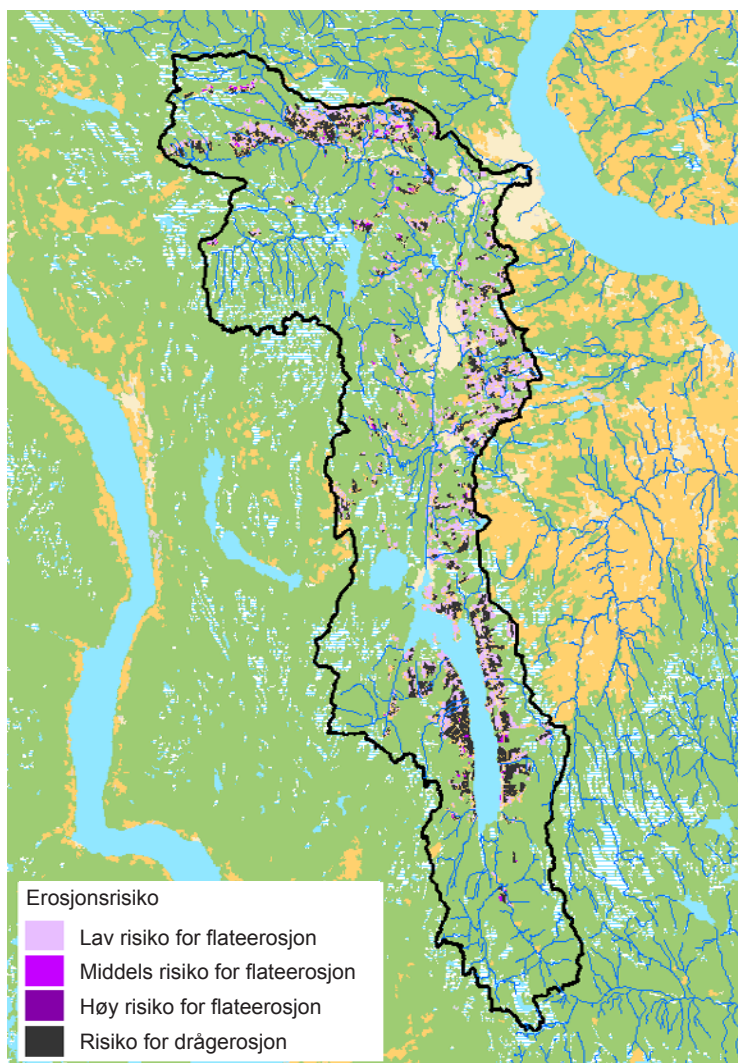


Figur 6. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Hunnselva for perioden 1999-2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

nedbørfeltet inkluderes⁶. Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året noe som medfører risiko for erosjon og innholdet av fosfor i jorda er ofte høyt, dermed har slike arealer stor risiko for fosforavrenning.

PROBLEMOMRÅDER I JORDBRUKET

En forutsetning for effekt av vannmiljøtiltak er at tiltakene målrettes mot aktuelle kilder og risikofaktorer på hvert gårdsbruk. For jordbruksarealer betyr høy erosjonsrisiko i kombinasjon med høyt fosforinnhold i jord at det er høy risiko for fosforavrenning. Elva kan imidlertid også få vesentlige tilførsler av fosfor fra arealer med lavere erosjonsrisiko dersom det i sum er mye jordbruksareal som bidrar. Transportveier i jordbrukslandskapet og avstand til elva har betydning for tilbakeholdelse av næringsstoffer, og den aktuelle påvirkningen avrenning vil ha på vannkvaliteten.



Figur 7. Kart over nedbørfeltet til Hunnselva. Erosjonsrisikokart for jordsmonnsmarklagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden.nibio.no, NIBIO). Arealressursskart i bakgrunnen.

Erosjon

Fosfortap som følge av erosjon på jordbruksarealene i Hunnselvas nedbørfelt består av flateerosjon (0,9 tonn fosfor) og erosjon i vannførende dråg (0,6 tonn fosfor). Mesteparten av jordbruksarealet i Hunnselvas nedbørfelt har lav risiko for flateerosjon⁵, mens noe av arealet, særlig rundt Einavatnet, har middels risiko for flateerosjon (figur 7). Årsaken til den generelt lave erosjonsrisikoen er kombinasjonen av relativt tørt innlandsklima og et jordsmonn med egenskaper som beskytter mot erosjon (grusholdig, moldholdig til moldrik lettleire er mest utbredt). Det er risiko for drågerosjon på mye av jordbruksarealet, i alle deler av nedbørfeltet, men særlig rundt Einavatnet og Vesleelva.

Det er mye gras (mer enn 60 % av jordbruksarealet) i hele nedbørfeltet til Hunnselva, mest (60-90 %) i nedbørfeltene til Vesleelva og Hunnselvas hovedløp, noe mindre (40-55 %) rundt Korta og Einavatn⁶. Dersom det fortsetter å være mye gras forventes det at disse områdene bidrar med lite partikkelbundet fosfor til Mjøsa.

Husdyrtetthet

Antall husdyr i forhold til totalt jordbruksareal er høyest på nordsida av Vesleelva, og lavt i øvrige vannforekomster (tabell 2). Spreddearealkravet svarer til maksimalt 0,25 GDE/dekar og ingen av delfeltene har husdyrtetthet som overstiger kravet til spreddeareal.

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

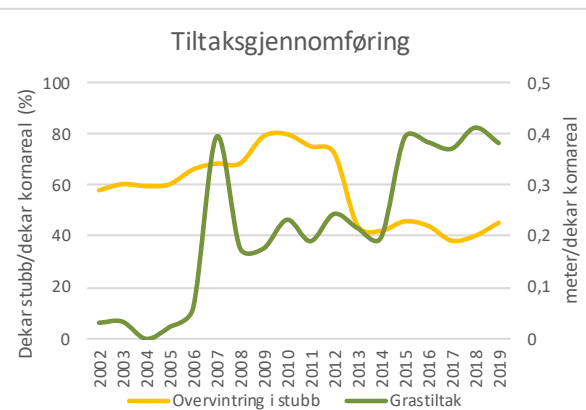
Bekke- og elveerosjon kan forekomme i nedbørfeltet til Hunnselva, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi tilførsel av næringsstoffer til elva. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, men generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer de første årene etter hogst.

Tabell 2. Antall gjødseldyrenheter (GDE) og GDE per dekar totalt jordbruksareal i nedbørfeltene til utvalgte vannforekomster.

Delnedbørfelt	GDE	GDE per daa totalt jordbruksareal
Hunnselva nedre del	49	0,02
Hunnselva øvre del	602	0,06
Korta	304	0,04
Vedsetvassdraget, Skumsjøen, Kongelstadelven	119	0,05
Vesleelva bekkefelt nordsiden	1297	0,10
Vesleelva bekkefelt sørsiden	22	0,02

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

På kornareal i nedbørfeltet til Hunnselva var det opp imot 80 % som overvintret i stubb rundt år 2010. I 2013 ble arealet redusert og nå er det under halvparten som overvintrer i stubb. Det har vært en



Figur 8. Trender i overvintring i stubb, grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner i nedbørfeltet til Hunnselva (Kilde: Regionale miljøprogram, RMP). Data for grasdekte kantsoner før 2009 er ikke tilgjengelige.

positiv utvikling i antall meter med grasdekt vannvei og grasdekt kantsone, særlig siden 2016 (figur 8).

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL ELVA

En av de viktigste utfordringene for vannkvaliteten Hunnselva er utslipp fra spredt avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. Fosforstatus i jorda er i gjennomsnitt høy, og redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høyest fosforstatus er et viktig tiltak. Overvintring i stubb og grasdekte vannveier på kornarealer, er også viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførselene til Mjøsa.

Kommunalt og spredt avløp

Det er ca. 1730 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet og herav har ca. 1430 (83 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstillende i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførselene til Hunnselva med ca 0,95 tonn fosfor/år. Også tiltak

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter^a.

Tiltak i nedbørfeltet til Hunnselva	Reduksjon i fosfortilførsler* kg fosfor/år
Opprydding i spredt avløp	1000
Kommunalt avløp – drift/overløp	Ikke estimert
Overvintring i stubb	140
Grasdekte vannveier	220
Grasdekte kantsoner	70
Fangdammer	Ikke estimert
Reduksjon i jordas fosforstatus (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>180
Tiltak i potet og grønnsaker	Ikke estimert
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke estimert
Reduksjon i punktkilder	Ikke estimert

^aTiltakseffektene er berenget med Agricat2-modellen⁶

innen kommunalt avløp (lekkasjer/overløp) vil bidra til å redusere tilførslene av fosfor til Hunnselva.

Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg (tabell 2). Gjennomført i kombinasjon vil effekten av enkelttiltak være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak⁴. 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 omfang av overvintring i stubb i 2016 (om lag 40 % av kornarealet) vil stubb på alt kornareal (100 %) gi en reduksjon i fosfortap på 140 kg fosfor⁴. 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 på kornarealer, mens grasdekte og ugjødsle kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i Hunnselvas nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 220 kg fosfor⁴, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon på 70 kg fosfor hvis de anlegges langs alle bekker og elver⁴.

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 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. Det reduserer risikoen for fosforavrenning. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Hunnselvas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til 180 kg fosfor reduksjon⁴ i tap av partikkelbundet fosfor og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat.

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). Om husdyrgjødsel prioriteres på arealene med lavest fosforstatus, og 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.

Punktkilder i jordbruket

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 i Mjøsa, 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 er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- ¹ Rognerud, S. 1988. NIVA-rapport 2170
- ² Lyche Solheim m.fl. 2019. NIVA-rapport 7373; Kile, M.R. 2016. NIVA-notat 0381.
- ³ Greipsland m.fl. 2018. NIBIO-rapport 4/85.
- ⁴ Kværnø m.fl. 2019. NIBIO-rapport 5/173
- ⁵ Kværnø m.fl. 2020. NIBIOpop 6/38
- ⁶ Veileder for miljø- og klimatilak i landbruket: www.nibio.no/tiltak

Dette faktaarket er et av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver.

De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

FORFATTERE:

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



Foto: Jan-Tore Egge/Wikimedia Commons

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Flagstadelva

Flagstadelva har vært betydelig påvirket av både avløp, husdyrhold og arealavrenning fra jordbruket. Over tid har vannkvaliteten blitt bedre, men den økologiske tilstanden er fortsatt moderat med hensyn til eutrofiering i nedre deler av elva. Beregninger for 2016 viser at hovedkildene til de menneskeskapt tilførselene av fosfor til vann er avløp og jordbruk. Avløp er den største kilden til biotilgjengelig fosfor. Fortsatt opprydding i spredt avløp er derfor det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten i elva. Det har over de siste 20 årene skjedd endringer i jordbruket som kan ha påvirket vannkvaliteten i elva og tilførselene til Mjøsa. Husdyrtettheten og fosforstatus i jorda har økt, og på kornarealene har det vært en nedgang i overvintring i stubb. Dette medfører økt risiko for fosforavrenning. Redusert fosforgjødsling, grasdekte vannveier i forsenkninger, og 'ingen jordarbeiding om høsten' vil derfor være viktige tiltak for å redusere fosfortilførselene til elva fra jordbruksarealene. Høye konsentrasjoner av *E. coli* i elva i dag indikerer at avløp eller husdyrgjødsel bidrar til næringsstoffavrenningen og det er behov for tiltak for reduserte utslipp fra disse kildene. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Opprettholdelse av god vannkvalitet i Mjøsa er avhengig av målrettede tiltak i de ulike vassdragene som har utløp i Mjøsa. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltet til Flagstadelva, som renner ut i Åkersvika ved Hamar.

ØKOLOGISK TILSTAND OG VANNKVALITET I FLAGSTADELVA

Den økologiske tilstanden i Flagstadelva er betydelig bedret siden de første undersøkelser ble gjennomført på 1970-tallet^{1,2}. Nyere undersøkelser av de biologiske kvalitetselementene bunndyr og begroingsalger i 2015 og 2019 viser at den økologiske tilstanden med hensyn til eutrofiering fortsatt er moderat i nedre del av elva (tabell 1). Tilstanden blir gradvis bedre oppover i elva, i takt med at andelen innmark og bebyggelse avtar. Den årlige mediankonsentrasjonen av totalfosfor i nedre del av elva har det siste tiåret vært innenfor svært god eller god tilstand (figur 1B). Selv om mediankonsentrasjonen per år er lav forekommer det jevnlig enkeltmålinger med høye konsentrasjoner. I Flagstadelva er det positiv sammenheng mellom konsentrasjonen av totalfosfor og vannføring¹, noe som tyder på at arealavrenning er en viktig kilde til fosfor. Når det gjelder nitrogen har tilstanden variert mellom svært dårlig, dårlig og moderat det siste tiåret (figur 2B). Fordi fosfor antas å være det begrensende næringsstoffet for biologisk vekst, benyttes ikke totalnitrogen i den samlede vurderingen av økologisk tilstand. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tegn på forurensing. Konsentrasjonene av fekale indikatorbakterier (*E. coli*) i nedre deler av elva har i senere år vært innenfor dårlig eller svært dårlig tilstand¹, og overskrider grenseverdier for jordvanning. Dette viser at det fortsatt forekommer en betydelig påvirkning fra avløp eller husdyrgjødsel.

KONSENTRASJON OG TRANSPORT AV NÆRINGSSTOFFER

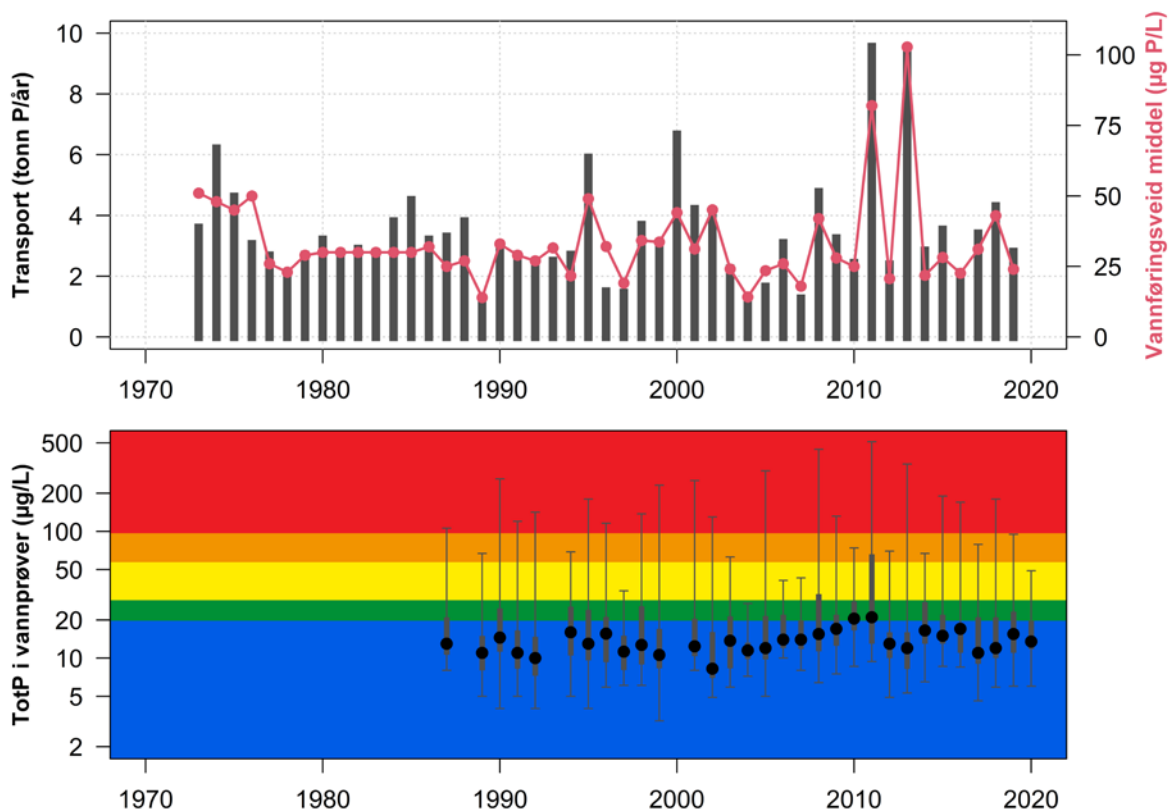
Gjennom overvåkingsprogrammet for Mjøsa med tilløpselver har det siden 1973 blitt tatt vannprøver omtrent 24 ganger årlig for analyse av totalfosfor og totalnitrogen i Flagstadelva nær utløpet i Mjøsa. Det er ingen entydig trend verken for fosforkonsentrasjon

eller fosfortransport gjennom perioden (figur 1A & B). Fosfortransporten varierer generelt mye fra år til år, noe som i hovedsak skyldes variasjoner i avrenning. Gjennomsnittlig transport av fosfor per år for tidsperiodene 1973–1989, 1990–1999 og 2000–2009 har ligget mellom 2,9 og 3,2 tonn. Siste tiår (2010–2019) var den årlige transporten 4,3 tonn, altså høyere enn de foregående tiårene. Dette skyldes særlig flom-årene 2011 og 2013 (figur 1A), som hadde en transport ca. 3 ganger et normalår. I 2019 var fosfortransporten 2,8 tonn, som utgjør ca. 3 % av den samlede fosfortransporten fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa. Den årlige mediankonsentrasjonen i vannprøvene har i de senere årene ligget mellom 10 og 20 µg totalfosfor/l, som er innenfor svært god økologisk tilstand iht. vannforskriften (figur 1B). Likevel viser påvekstalgene kun moderat tilstand i nedre del av vassdraget, noe som viser at næringssaltbelastningen er forhøyet.

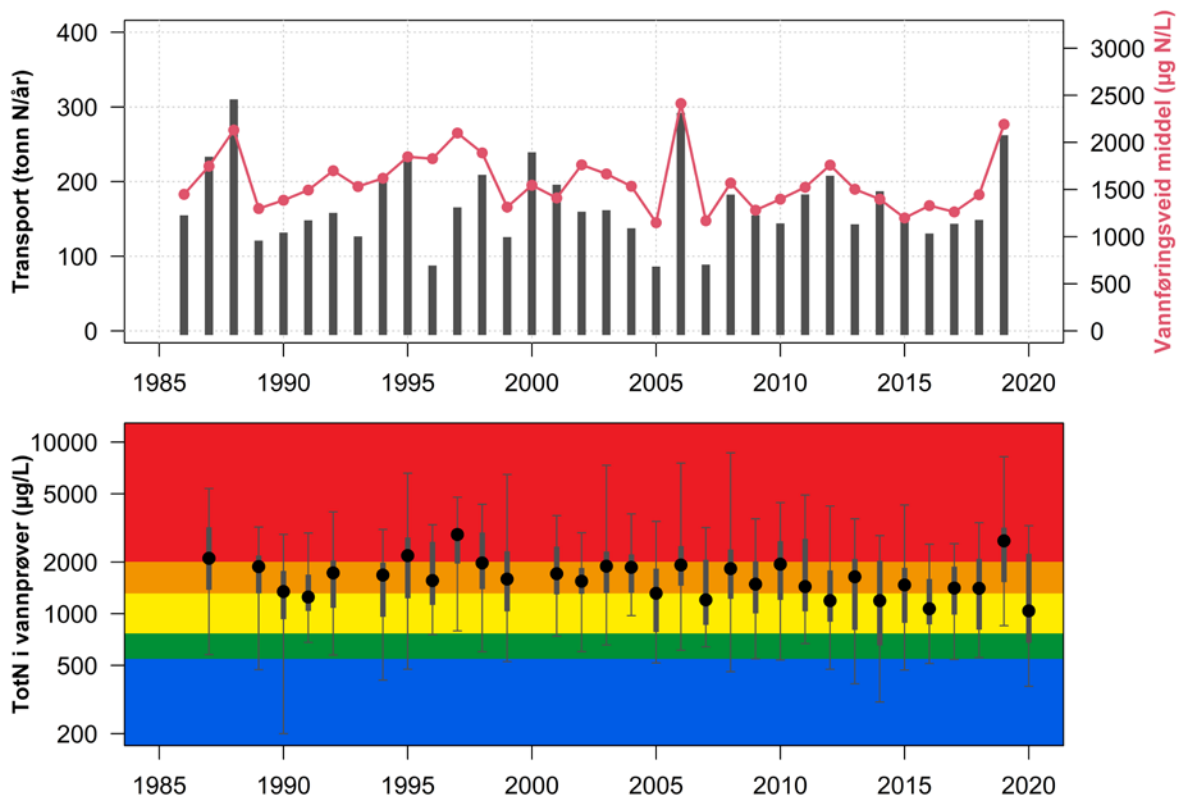
Både transport og konsentrasjon av totalnitrogen i Flagstadelva har vært relativt stabile gjennom perioden (figur 2A og 2B). Konsentrasjonen av totalnitrogen har de siste fem årene tilsvarer svært dårlig, dårlig eller moderat økologisk tilstand (figur 2B). Om nitrogentilførselen fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa summeres, bidrar Flagstadelva med ca. 4 % av totalen (median for perioden 2010–2019). Sannsynligvis bidrar ikke nitrogenet til eutrofiering av Mjøsa, ettersom vekst av planteplanktonet i Mjøsa antas å være begrenset av fosfor. Det er likevel ønskelig å redusere nitrogentilførselene, ettersom nitrogen fra Mjøsa til slutt ender opp i Oslofjorden via Glomma. I kyst- og havområdene kan nitrogen potensielt få større negative effekter enn i Mjøsa. Det kan heller ikke utelukkes at nitrogen påvirker økologien elvene og i Mjøsa med mulige effekter på f.eks. artssammensetning.

Tabell 1. Vurdering av økologisk tilstand mht. eutrofiering i Flagstadelva. Kun vannforekomster med relevante og nyere data (fortrinnsvis fra siste 5 år) er inkludert. Vannforekomstene er sortert fra nederst til øverst i nedbørfeltet. Samlet økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstalger har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Konsentrasjonen av totalnitrogen er klassifisert, men ikke tatt med i vurdering av samlet økologisk tilstand siden vannforekomstene ikke anses å være nitrogenbegrenset. SD = svært dårlig; D = dårlig; M = moderat; G = god og SG = svært god tilstand.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekst-alger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Flagstadelva nedre del	002-4824-R	M [†]	G [†]	SG*	D*	M	[†] NIVA 2019 & 2015. *Totalfosfor og totalnitrogen måles 24 ganger årlig gjennom Mjøs-overvåkingen. Tilstand for N og P er basert på gjennomsnitt for tre siste år. Moderat tilstand ble også funnet i to sidebekker som drenerer til samme vannforekomst ³ .
Flagstadelva øvre del	002-894-R	G [†]	SG [†]	SG*	SG*	G	[†] NIVA 2019, *Vann-nett.



Figur 1. A Øverst: Estimert årlig transport av totalfosfor (tonn P/år) via Flagstadelva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **B Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalfosfor (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1987–2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.



Figur 2. A Øverst: Estimert årlig transport av totalnitrogen (tonn N/år) via Flagstadelva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalnitrogen ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **B Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalnitrogen (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1987–2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

Flagstadelvas nedbørfelt er 177 km². Fulldyrket jordbruksareal utgjør 15 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 2 %, skog, åpen fastmark og myr 77 %, vannflater 1 % og samferdsel og bebyggelse 5 %. Det er ca. 1053 husstunder med privat avløpsløsning i nedbørfeltet.

KILDER TIL FOSFOR

Ifølge et kilderegnskap fra 2016 i figur 3A tilføres Flagstadelva om lag 2,6 tonn totalfosfor i et gjennomsnittså. Arealavrenning fra jordbruket er den største (1,0 tonn/år) kilden til totalfosfor i elva. Samlede tilførsler fra spredt avløp er 0,6 tonn totalfosfor/år. Tilførslene av biotilgjengelig fosfor er totalt på 0,8 tonn og det er avløp som bidrar med den største delen av det biotilgjengelige fosforet (figur 3B). Av de ca. 1053 husstunder med spredt avløp i nedbørfeltet har 680 (65 %) avløpsløsninger som ikke tilfredsstiller kravet om 90 % rensing av fosfor. De høye tallene for *E. coli* som påvises i elva kan delvis tilskrives avløp.

Skog og utmark utgjør et stort areal og bidrar derfor med en del totalfosfor (0,9 tonn/år), selv om avrenningen av fosfor per arealenhet er liten. Fosfor i avrenning fra skog og utmark har lav biotilgjengelighet, og skogen bidrar derfor med lite biotilgjengelig fosfor i det totale kilderegnskapet (figur 3A).

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT I NEDBØRFELTET

Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Flagstadelva vist endringer som kan påvirke vannkvaliteten i elva. Det har vært en økning i antall husdyr og økt bruk av husdyrgjødsel på arealene med en påfølgende økning i jordas fosforstatus, noe som kan bidra til økte fosfortilførsler til elva over tid.

Husdyrgjødsel

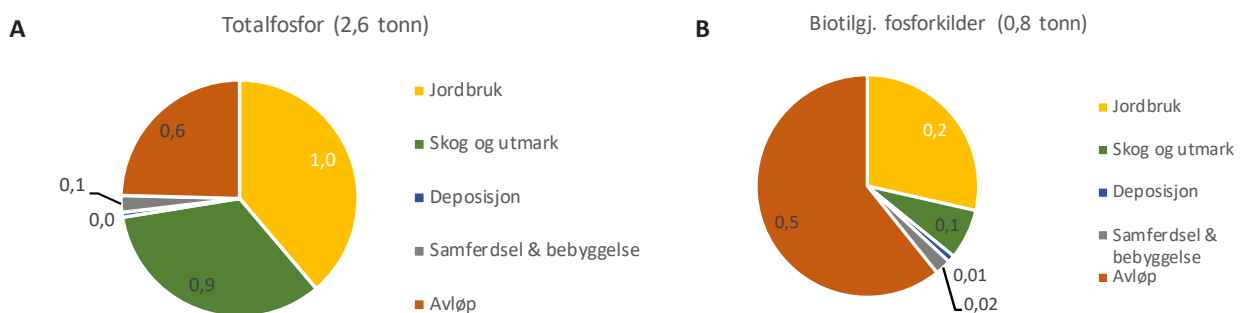
Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av løst fosfat ved avrenning rett etter spredning, ved lekkasje fra gjødsellager, og som

følge av høye fosfortall i jorda. Husdyrtettheten har variert noe over de siste 20 årene, særlig på grunn av variasjoner i antall avlspurker. Generelt har det vært en økning i husdyrtettheten på rundt 25 % (beregnet som gjødseldyrenheter, GDE), fra under 2000 GDE i årene 1999–2000, til rundt 2500 GDE i årene 2015–2018 (figur 4). Et husdyrtall på 2500 GDE svarer til 35 tonn fosfor tilgjengelig i husdyrgjødsel, og økningen på 500 GDE svarer til en økning på 7 tonn fosfor. Den totale mengden husdyrgjødsel gir 1,1 kg fosfor/dekar jordbruksareal (0,09 GDE/daa) årlig, beregnet ut fra antall dyr som er hjemmehørende på eiendommene i nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av maksimalt 3,5 kg fosfor/dekar. I tillegg til å bidra med fosfor til Flagstadelva kan avrenning av husdyrgjødsel også ha forårsaket høye konsentrasjoner av *E. coli*.

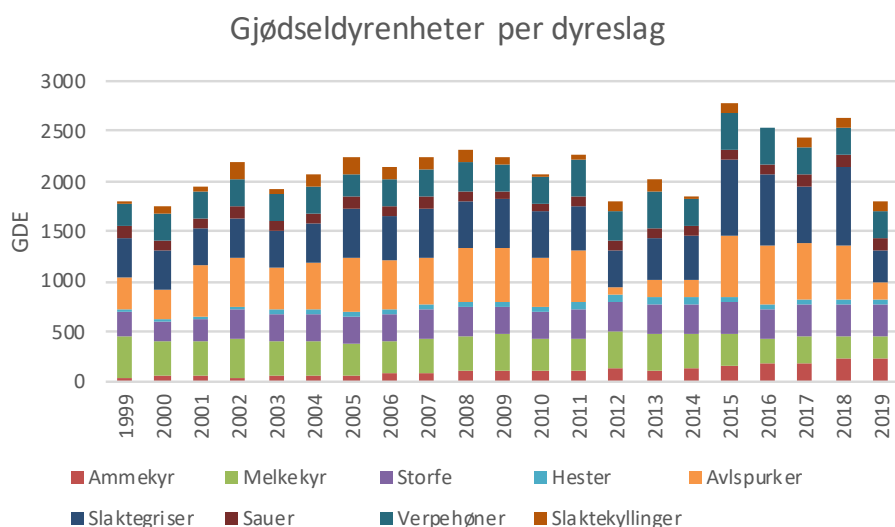
Det er ikke tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel i nedbørfeltet til Flagstadelva.

Fosforstatus i jord

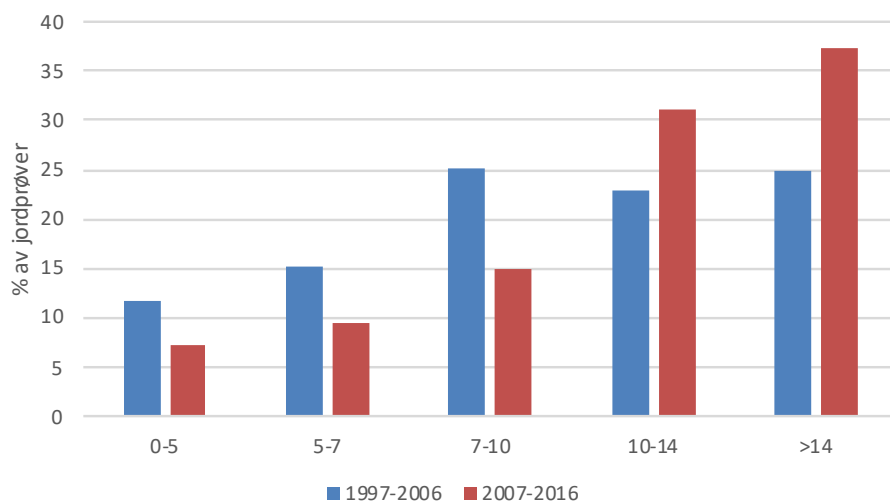
Jordas fosforstatus (P-AL) har betydning for avrenningen av fosfor fordi partikler som eroderes inneholder mer fosfor, og fordi mer fosfor vaskes ut fra jorda når innholdet øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker også ved økende P-AL-verdier. Anbefalt fosforstatus for korn- og grasdyrking er 5–7 mg P-AL/100 g. Fosfortallet øker når det tilføres mer fosfor med gjødsel enn det som tas ut i avling. Ved P-AL over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor. Fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet til Flagstadelva har i gjennomsnitt økt fra 12 til 17 mg P-AL/100 g (37 %) fra perioden 1997–2006 til perioden 2007–2016 (figur 5). I perioden 2007–2016 ligger fosforstatus over 14 for mer enn en tredjedel av prøvene. Økning i husdyrtall og dermed husdyrgjødselmengden kan være forklaringen på at fosforstatus har økt.



Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (tonn) i nedbørfeltet til Flagstadelva basert på tidligere beregninger for 2016⁴.



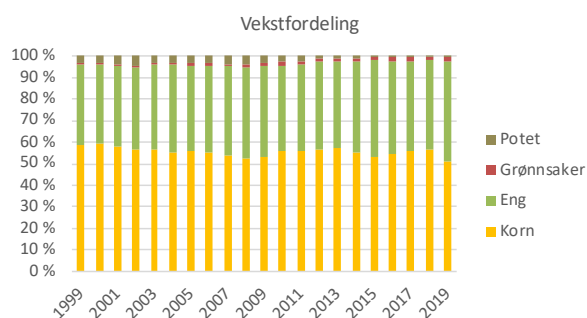
Figur 4. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 1999–2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Flagstadelva fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 5. Fordeling av fosforstatus (mg P-AL/100 g) i dyrka mark i to perioder (1997–2006 og 2007–2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Flagstadelva (Jorddatabanken, NIBIO).

Vekstfordeling

I Flagstadelvas nedbørfelt dyrkes det korn på 50–60 % av jordbruksarealet og gras på 35–45 % (figur 6). De siste 20 årene har vekstfordelingen endret seg lite men det har blitt litt mer eng på bekostning av korn på arealene, noe som kan ha bidratt litt til redusert erosjon og dermed redusert avrenning av fosfor dersom endringen har skjedd på de bratteste arealene.

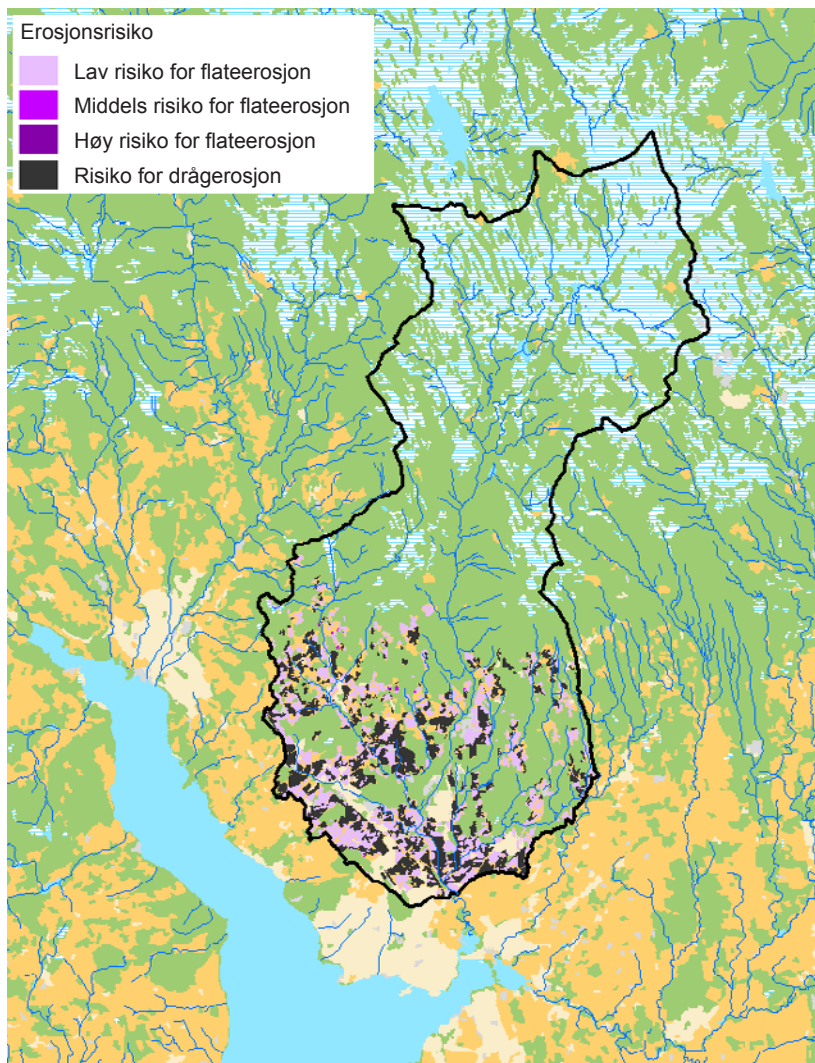


Figur 6. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Flagstadelva for perioden 1999–2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

ne. På ca. 2–4 % av arealet ble det dyrket grønnsaker og potet. Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året, noe som medfører risiko for erosjon. Potetarealet er redusert med 90 % de siste 10 årene, mens grønnsaksarealet er omtrent fordoblet.

PROBLEMOMRÅDER I JORDBRUKET

En forutsetning for effekt av vannmiljøtiltak er at tiltakene målrettes mot aktuelle kilder og risikofaktorer på hvert gårdsbruk. For jordbruksarealer betyr høy erosjonsrisiko i kombinasjon med høyt fosforinnhold i jord at det er høy risiko for fosforavrenning. Elva kan imidlertid også få vesentlige tilførsler av fosfor fra arealer med lavere erosjonsrisiko dersom det i sum er mye jordbruksareal som bidrar. Transportveier i jordbrukslandskapet og avstand til elva har betydning for tilbakeholdelse av næringsstoffer og den aktuelle påvirkningen avrenning vil ha på vannkvaliteten.



Figur 7. Kart over nedbørfeltet til Flagstadelva. Erosjonsrisikokart for jordsmonnskartlagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden.nibio.no, NIBIO).

Erosjon

Fosfortap som følge av erosjon på jordbruksarealene i Flagstadelvas nedbørfelt består av flateerosjon (0,4 tonn fosfor) og erosjon i vannførende dråg (0,6 tonn fosfor). Mesteparten av jordbruksarealet i Flagstadelvas nedbørfelt har lav risiko for flateerosjon⁵ (figur 7). Årsaken til dette er kombinasjonen av relativt tørt innlandsklima og et jordsmonn med egenskaper som beskytter mot erosjon (grusholdig, moldholdig til moldrik lettleire er mest utbredt). Jordtap gjennom drengroftene inngår i vurderingen av risiko for flateerosjon. Det er risiko for drågerosjon på mye av jordbruksarealet, men det er mye gras på jordbruksareal i de øvre, brattere delene av sidevassdragene, særlig rundt de to sidebekkene som kommer inn i Flagstadelva fra sørvest⁶. Arealene med gras beskytter godt mot erosjon og avrenning av partikkelbundet fosfor.

Husdyrtetthet

Antall gjødseldyrenheter i forhold til totalt jordbruksareal er høyere i øvre enn i nedre del av nedbørfeltet (tabell 2). Spredarealkravet i forskrift om organisk

gjødsel tilsvarer maksimalt 0,25 GDE/dekar og øvre del av Flagstadelva har husdyrtetthet opp mot kravet til spredareal, noe som fører til økning i jordas fosforstatus og økt risiko for fosforavrenning.

Tabell 2. Antall gjødseldyrenheter (GDE) og GDE per dekar totalt jordbruksareal i nedbørfeltene til utvalgte vannforekomster.

Delnedbørfelt	GDE	GDE per daa totalt jordbruksareal
Flagstadelva nedre del	1804	0,06
Flagstadelva øvre del	540	0,23

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

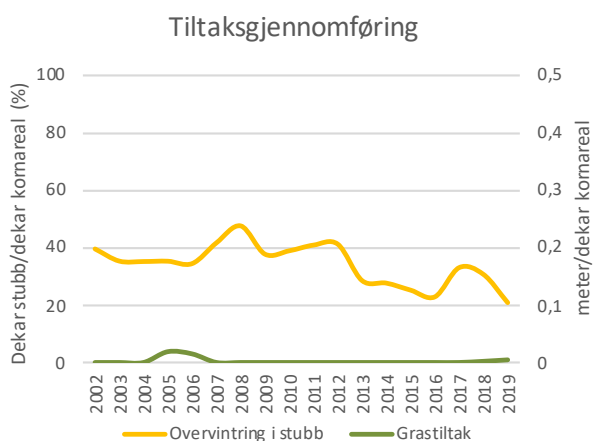
Byggeaktivitet i nedbørfeltet til Flagstadelva kan ha bidratt til avrenning av partikler i perioden med bygging. Dette gjelder særlig utbygging av E6, hvor det har foregått mye jordflytting og oppdyrking. Også omfattende utbygging av ny nærings- og handelsvirksomhet de senere årene, kan ha bidratt til partikkel- og dermed fosforavrenningen. Bekke- og elveerosjon kan

forekomme i Flagstadvassdraget, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi tilførsel av næringsstoffer til elva.

I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, men generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer de første årene etter hogst.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

I 2016 ble 75 % av kornarealet høstpløyd og 25 % lå i stubb over vinteren⁴. Siden 2002 har det vært en nedgang stubbarealet fra 40 til 20 % av kornarealet (figur 8). Det har nesten ikke vært grasdekte vannveier og kantsoner i nedbørfeltet.



Figur 8. Trender i overvintring i stubb, grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner i nedbørfeltet til Flagstadelva (Kilde: Regionale miljøprogram, RMP). Data for grasdekte kantsoner før 2009 er ikke tilgjengelige.

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL ELVA

En av de viktigste utfordringene for vannkvaliteten Flagstadelva er utslipp fra spredt avløp, og opprydding i avløpsanleggene bør prioriteres. I tillegg har det vært en økning i husdyrtettheten og det har blitt meget høye fosfortall i jordbruksjorda. Redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høye fosfortall, overvintring i stubb og grasdekte vannveier på kornarealer, er andre viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførslene til Mjøsa.

Spredt avløp

Det er ca. 1053 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet i 2020, og herav har ca. 680 (65 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. En opprydding i spredt avløp er et viktig tiltak og vil potensielt kunne redusere tilførslene til Flagstadelva med ca 0,5 tonn fosfor/år (tabell 3). Redusert utslipp fra spredt avløp vil dessuten bidra til å redusere tap av nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i elva.

Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg (tabell 3). Gjennomført i kombinasjon vil effekten av enkelttiltak være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak⁴. 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.

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter⁴.

Tiltak i nedbørfeltet til Flagstadelva	Reduksjon i fosfortilførsler* kg fosfor/år
Opprydding i spredt avløp	500
Overvintring i stubb	80
Grasdekte vannveier	420
Grasdekte kantsoner	50
Fangdammer	Ikke estimert
Reduksjon i jordas fosforstatus (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>100
Tiltak i potet og grønn saker	Ikke estimert
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke estimert
Reduksjon i punktkilder	Ikke estimert

*Tiltakseffekter for jordbruksarealer er beregnet for 2016 med Agricat2-modellen⁴

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 og fosforavrenning både på flater og i forsengkninger. Med utgangspunkt i omfanget av overvintring i stubb i 2016 (25 % av kornareal) vil overvintring i stubb på alt kornareal (100 %) gi en reduksjon i fosfortap fra jordbruksarealene på 80 kg fosfor⁴. Overvintring i stubb gir også reduserte tap av nitrogen fra kornarealene.

Grasdekte vannveier og kantsoner. Grasdekte vannveier er et målrettet tiltak for å redusere erosjon i vannførende dråg og forsengkninger, mens grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i Flagstadelvas nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 420 kg fosfor, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon på 50 kg fosfor hvis de anlegges langs alle bekker og elver⁶.

Fangdammer. Effekten av etablering av fangdammer i nedbørfeltet til Flagstadelva er ikke utredet, men 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 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. Det reduserer risikoen for fosforavrenning. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Flagstadelvas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til 100 kg fosfor reduksjon⁴ i tap av partikkelbundet fosfor og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat. 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). Om husdyrgjødsel prioriteres på arealene med lavest fosforstatus, og 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 i Mjøsa, også gi redusert organisk belastning, og dermed bedre oksygenforhold for bunndyr og fisk. Det vil også redusere bakterieforensingen. Redusert erosjon og avrenning av partikler vil generelt også bedre leveforholdene for bunndyr og fisk, som er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- ¹ Lyche-Solheim m.fl. 2020. NIVA-rapport 7491.
- ² Løvik, J.E. & Hindar, A. 2009. Faktaark om Flagstadelva.
- ³ Greipsland m.fl. 2018. NIBIO-rapport 4/85.
- ⁴ Kværnø m.fl. 2019. NIBIO-rapport 5/173
- ⁵ Kværnø m.fl. 2020. NIBIOpop 6/38
- ⁶ Veileder for miljø- og klimatiltak i landbruket: www.nibio.no/tiltak
- ⁷ NIBIOs gjødslingshåndbok: <http://www.nibio.no/gjodslingshandbok>

Dette faktaarket er et av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilloppselver. De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

FORFATTERE:

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



Foto: Jensens/Wikimedia Commons.

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Svartelva

Svartelva har vært betydelig påvirket av både avløp, husdyrhold og arealavrenning fra jordbruket. Over tid har vannkvaliteten blitt bedre, og i hovedelva og sideelva Fura er den økologiske tilstanden med hensyn til eutrofiering stort sett god. Lokalt i elva oppnås likevel ikke god økologisk tilstand. I sideelva Nordre Starelva er f.eks. den økologiske tilstanden dårlig til moderat. Beregninger for 2016 viser at hovedkildene til de menneskeskapte tilførslene av fosfor til vann er avløp og jordbruk. Avløp er den største kilden til biotilgjengelig fosfor. Fortsatt opprydding i spredt avløp er derfor det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten i elva. Over de siste 20 årene har det skjedd endringer i jordbruket som kan ha påvirket vannkvaliteten i elva og tilførslene til Mjøsa. Husdyrtettheten har økt og det har vært en halvering i areal med overvintring i stubb. Dessuten er fosforstatus i jordbruksjorda høy. Dette medfører økt risiko for fosforavrenning. Redusert fosforgjødsling, grasdekte vannveier i forsenkninger, og 'ingen jordarbeiding om høsten' vil derfor være viktige tiltak for å redusere fosfortilførslene til elva fra jordbruksarealene. Høye konsentrasjoner av *E. coli* i elva indikerer at avløp eller husdyrgjødsel bidrar til næringsstoffavrenningen og tiltak for disse kildene bør prioriteres. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltet til Svartelva.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I SVARTELVA

Som i de fleste elvene rundt Mjøsa har den økologiske tilstanden i Svartelva blitt betydelig bedre med hensyn til eutrofiering siden de første undersøkelsene på 1970-tallet¹. Nyere undersøkelser av de biologiske kvalitetselementene begroingsalger og bunndyr viser at den økologiske tilstanden med hensyn til eutrofiering/organisk belastning er god både i nedre del av hovedelva og nedre del av sideelva Fura² (tabell 1). Det foreligger få nyere undersøkelser fra de øvre delene av Svartelva, med unntak av bunndyrundersøkelser fra 2016, som viste god tilstand. Sannsynligvis blir tilstanden med hensyn til eutrofiering gradvis bedre oppover hovedelva, i takt med at andelen innmark avtar. Den årlige mediankonsentrasjonen av totalfosfor i nedre del av Svartelva har det siste tiåret vært i god eller svært god tilstand alle år unntatt 2011 (figur 1B). Det forekommer derimot jevnlig enkeltprøver med svært høye konsentrasjoner. I Svartelva er det en positiv sammenheng mellom konsentrasjon av totalfosfor og vannføring, som tyder på at arealavrenning er en viktig kilde til fosfor². Når det gjelder nitrogen er tilstanden i nedre del av Svartelva i grenseland mellom moderat og dårlig (figur 2B). Fordi fosfor antas å være det begrensende næringsstoffet for biologisk vekst, benyttes ikke totalnitrogen i den samlede vurderingen av økologisk tilstand. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tydelig tegn på forurensing. Konsentrasjonene av fekale indikatorbakterier (*E. coli*) nær utløpet i Mjøsa har i senere år vært tilsvarende dårlig eller svært dårlig tilstand² og

overskrider grenseverdier for jordbruksvanning. Dette viser at elva fortsatt får en betydelig påvirkning fra avløp eller husdyrgjødsel langs vassdraget.

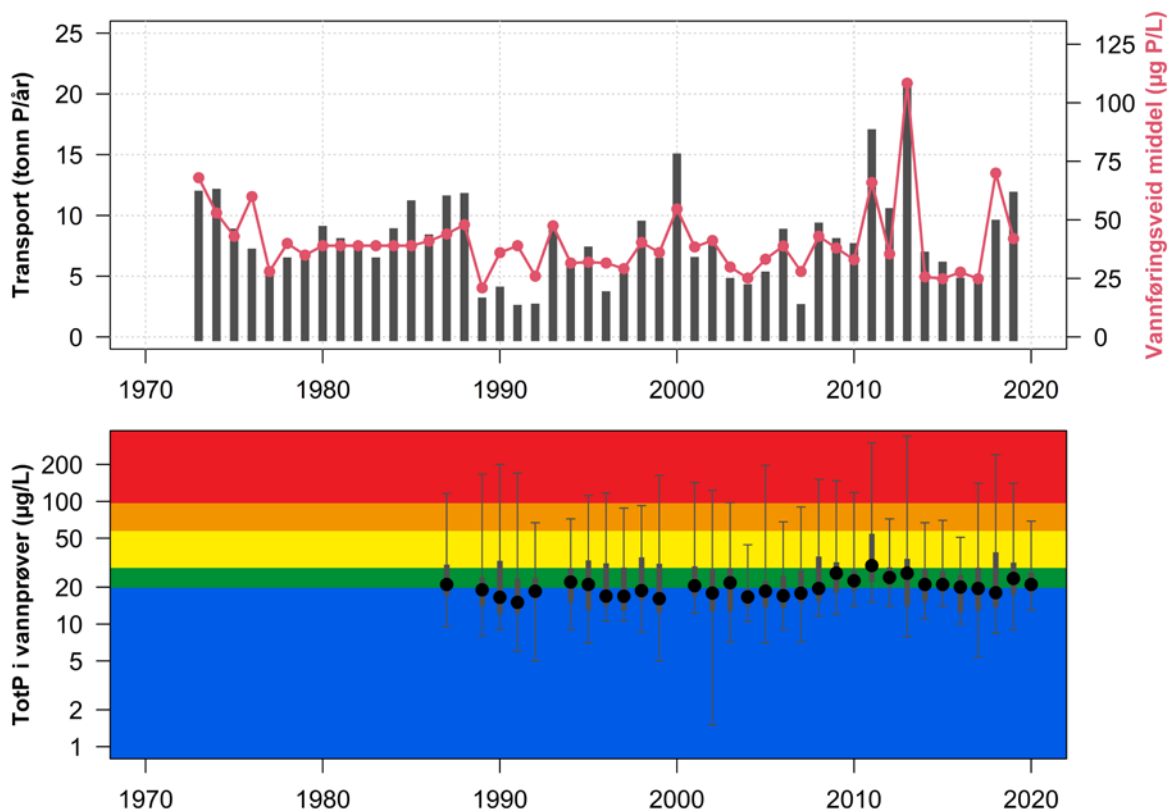
Sidevassdraget Nordre Starelva er preget av fulldyrka mark og kanaliseringer. En omfattende undersøkelse av vannkjemi ved syv stasjoner i 2020 viste moderat tilstand med hensyn til fosfor ved tre stasjoner, og dårlig tilstand ved en stasjon nedstrøms Ljøstadvfeltet. Nitrogennivåene var gjennomgående høye og i dårlig eller svært dårlig tilstand. Det samme gjaldt nivåene av fekale indikatorbakterier, som viste signifikant påvirkning fra avløp eller husdyrgjødsel ved alle stasjoner. Da påvekstalger og bunndyr ble undersøkt i Nordre Starelva i 2017, var tilstanden henholdsvis dårlig og moderat. Samlet sett viser dette en betydelig påvirkning fra næringsstoffer og/eller organisk forurensing i Nordre Starelva. I sideelva Lageråa viste undersøkelser fra 2019 at den økologiske tilstanden var god.

Konsentrasjon og transport av næringsstoffer

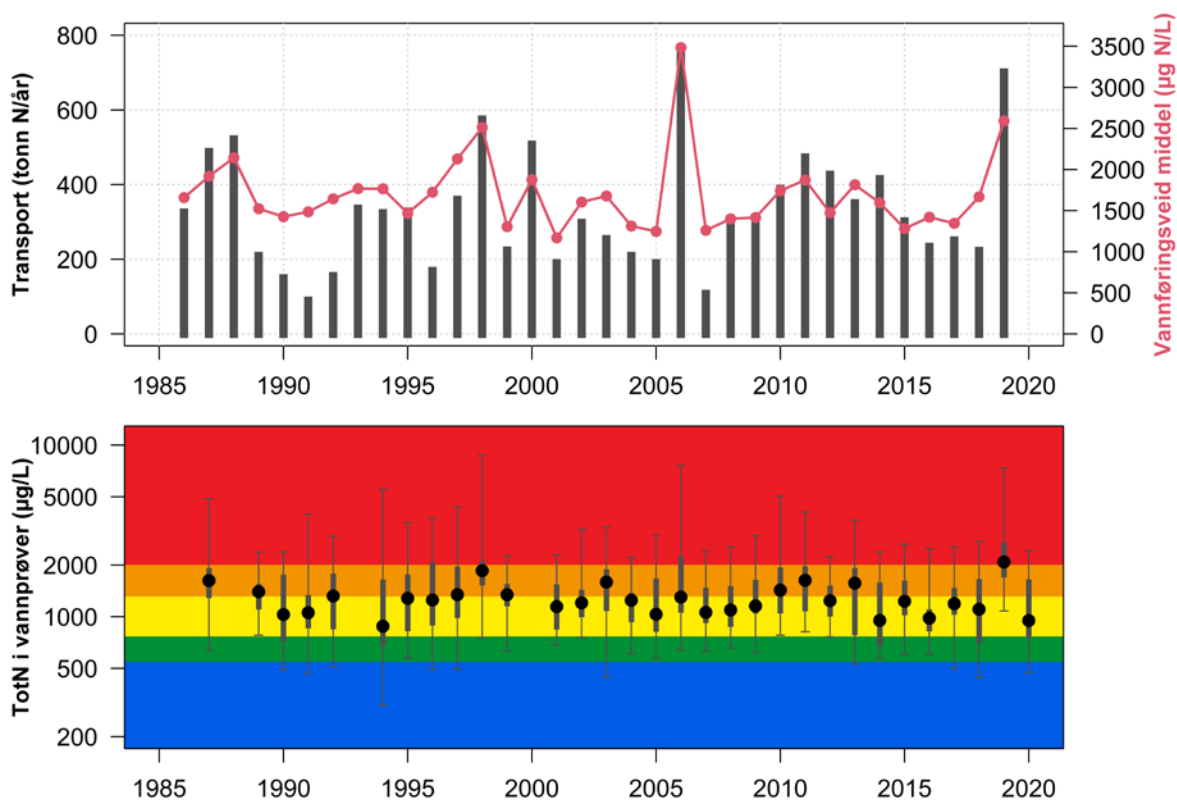
Gjennom overvåkingsprogrammet for Mjøsa med tilløpselver har det siden 1973 blitt tatt jevnlig vannprøver for analyse av totalfosfor og totalnitrogen i Svartelva nær utløpet i Mjøsa. Det er ingen entydig trend verken for fosfortransport (figur 1A) eller konsentrasjon (figur 1B) gjennom perioden. For fosfortransport er det likevel verdt å merke seg at årlig gjennomsnitt for tiårsperioden 2010-2019 (9,8 tonn) var på nivå med det årlige gjennomsnittet gjennom 70- og 80-tallet (8,2 tonn; gjennomsnitt for

Tabell 1. Vurdering av økologisk tilstand mht. eutrofiering i Svartelva-vassdraget. Kun vannforekomster med relevante og nyere data (fortrinnsvis fra siste 5 år) er inkludert. Vannforekomstene er sortert fra nederst til øverst i nedbørfeltet. Samlet økologisk tilstand mht. eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstalger har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Konsentrasjonen av totalnitrogen er klassifisert, men ikke tatt med i vurdering av samlet økologisk tilstand siden vannforekomstene ikke anses å være nitrogenbegrensende. SD = svært dårlig; D = dårlig; M = moderat; G = god og SG = svært god tilstand.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekstalger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Rokoelva - Svartelva	002-4811-R	G ⁺	G ⁺	G*	D*	G	[†] NIVA 2018 *Totalfosfor og totalnitrogen måles 24 ganger årlig gjennom Mjøs-overvåkingen. Tilstand for N og P basert på snitt fra tre siste år.
Lageråa	002-3398-R	SG ⁺	G ⁺	-	-	G	[†] Data fra Norconsult 2019
Fura	002-4984-R	G ⁺	SG ⁺	SG*	G*	G	[†] NIVA 2018. *Vann-nett.
Nordre Starelva	002-1019-R	D ⁺	M ⁺	M*	SD	D	[†] NIVA 2017. *Vann-nett
Svartelva øvre del og Veabekken	002-2875-R	-	-	G*	SG*	G	*Vann-nett.



Figur 1. Øverst: Estimert årlig transport av totalfosfor (tonn P/år) via Svartelva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalfosfor (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.



Figur2. Øverst: Estimert årlig transport av totalnitrogen (tonn N/år) via Svartelva til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalnitrogen ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalnitrogen (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

1973-1989). Dette skyldes i hovedsak høy transport i flomårene 2011 og 2013. Fosfortransporten varierer mye fra år til år, noe som først og fremst skyldes variasjon i avrenning. Den samlede tilførselen av totalfosfor fra Svartelva utgjør ca. 8 % av tilførslene fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa (median for perioden 2010-2019). Mediankonsentrasjonen av totalfosfor i vannprøver har de senere årene ligget på rundt 20 µg P/l, som er i grenselandet mellom god og svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften (figur 1B).

Verken transport eller konsentrasjon av totalnitrogen i Svartelva viser noen entydig trend gjennom perioden (figur 2). Likevel var årlig medianverdi for nitrogentransport betydelig høyere i perioden 2010-2019 (369 tonn) enn på 1990- og 2000-tallet (hhv. 273 og 272 tonn). Konsentrasjonen av totalnitrogen har de siste fem årene variert mellom svært dårlig og moderat økologisk tilstand, med moderat tilstand de fleste år (figur 2B). Om nitrogentilførselen fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa summeres, bidrar Svartelva med like under 10 % av totalen (median for perioden 2010-2019). Sannsynligvis bidrar ikke nitrogenet til eutrofiering av Mjøsa, ettersom planteplanktonets vekst antas å være begrenset av fosfor. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tydelig tegn på forurensing, og det er ønskelig å redusere nitrogentilførslene, ettersom nitrogenet fra Mjøsa til slutt ender opp i Oslofjorden via Glomma. I kyst- og havområdene kan nitrogenet potensielt få større negative effekter enn i Mjøsa. Det kan heller ikke utelukkes at nitrogenet påvirker økologien i elvene og i Mjøsa, med mulige effekter på f.eks. artssammensetning.

Svartelvas nedbørfelt er 492 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 21 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 1 %, skog, åpen fastmark og myr 72 %, vannflater 1 % og samferdsel og bebyggelse 4 %. Det er ca. 2569 husstunder med privat avløpsløsning i nedbørfeltet.

KILDER TIL FOSFOR

Ifølge et kilderegnskap for 2016 i figur 3A tilføres Svartelva om lag 5,9 tonn totalfosfor i et gjennomsnittså. Arealavrenning fra jordbruket er den største (1,5 tonn/år) av de menneskede kildene til totalfosfor i nedbørfeltet til Svartelva. Samlet tilførsel fra spredt avløp er 2,0 tonn totalfosfor. Tilførslene av biotilgjengelig fosfor er totalt på 2,2 tonn og det er avløp som bidrar med den største delen av det biotilgjengelige fosforet (figur 3B). Av de ca. 2569 husstunder med spredt avløp i nedbørfeltet, har ca. 1896 (74 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstillende kravet om 90 % rensing av fosfor. De høye tallene for *E. coli* som påvises i elva kan delvis tilskrives avløp.

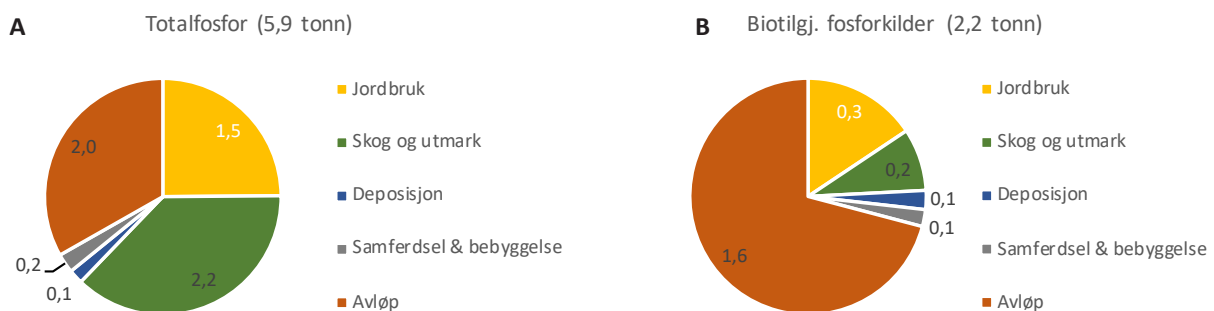
Skog og utmark utgjør et stort areal i nedbørfeltet og bidrar derfor betydelig med totalfosfor (2,2 tonn/år) selv om avrenningen av fosfor per arealenhet fra denne typen arealer er liten. Fosfor i avrenning fra skog og utmark har lav biotilgjengelighet, og skogen bidrar derfor med lite biotilgjengelig fosfor (figur 3).

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Over de siste 20 årene har det vært en økning i husdyrtettheten i nedbørfeltet til Svartelva og en liten økning i grasareal på bekostning av korn.

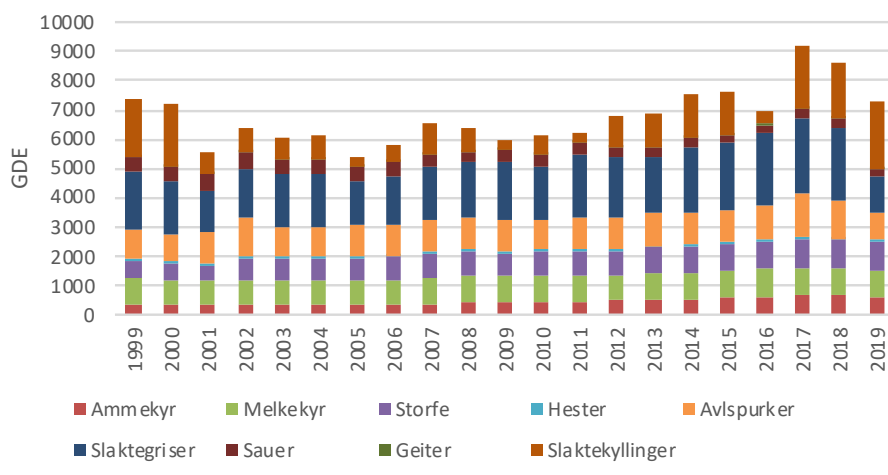
Husdyrgjødsel

Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av løst fosfat ved avrenning rett etter spredning, ved lekkasje fra gjødsellager, og som følge av høye fosfortall i jorda. Husdyrtettheten



Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (tonn) i nedbørfeltet til Svartelva basert på tidligere beregninger for 2016⁴.

Gjødseldyrenheter per dyreslag



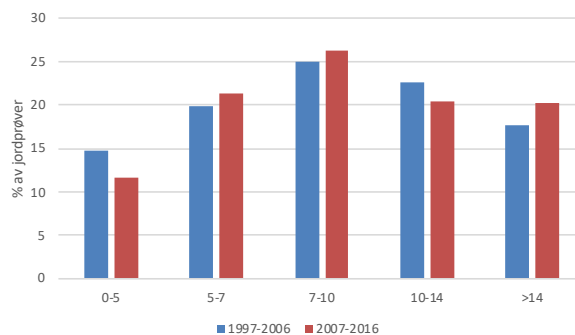
Figur 4. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 1999-2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Svartelva fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

(beregnet som gjødseldyrenheter, GDE) i nedbørfeltet til Svartelva har variert, særlig på grunn av variasjon i antall slaktekyllinger, slaktegriser og avlspurker (figur 4). Siden 2017 har slaktekyllinger bidratt til høyt antall GDE. Det var ca. 2000 GDE mer i 2017-2018 sammenlignet med årene 1999-2000. Regnet i fosformengde svarer økningen i husdyrtall til 28 tonn fosfor, det vil si at det totalt er 126 tonn fosfor tilgjengelig i husdyrgjødsel. Den totale mengden husdyrgjødsel svarer til 1,2 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig, beregnet ut fra antall husdyr som er hjemmehørende på eiendommene i nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av 3,5 kg fosfor/dekar. I tillegg til å bidra med fosfor til Svartelva, kan avrenning av husdyrgjødsel også ha forårsaket høye konsentrasjoner av *E.coli*.

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

Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus har betydning for avrenningen av fosfor fordi partikler som eroderes inneholder mer fosfor og fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når innholdet øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn- og grasdyrking er 5-7 mg P-AL/100g. Ved fosfortall (P-AL) er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor. Fosforstatus i dyrka mark har i gjennomsnitt økt fra P-AL 10 til 11 fra perioden 1997-2006 til perioden 2007-2016 (figur 5). Det er imidlertid mye færre jordprøver tilgjengelig i siste periode og den reelle endringen i P-AL er derfor vanskelig å vurdere. Fosfortallet øker når det tilføres mer fosfor med gjødsel sammenlignet med det som tas ut i avling. For jordprøver fra nedbørfeltet til Svartelva



Figur 5. Fordeling av fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997-2006 og 2007-2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Svartelva (Jord databanken, NIBIO).

ligger fosfortallet over 14 for 20 % av prøvene. Økning i husdyrtall og dermed husdyrgjødselmengden kan være forklaringen på at fosfortallene har økt.

Vekstfordeling

I Svartelvas nedbørfelt ble det i 2019 i hovedsak korn (56 %) og gras (40 %) (figur 6). De siste 20 årene har det blitt mer eng og mindre korn på arealene, noe som bidrar til redusert erosjon og dermed redusert avrenning av fosfor. På ca. 4 % av arealet dyrkes det grønnsaker og potet. Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året noe som medfører risiko for erosjon. Det har ikke vært betydelig endring i det samlede arealet med grønnsaker og potet, men en nedgang i potetareal og en økning i grønnsaksarealet.

PROBLEMRÅDER I JORDBRUKET

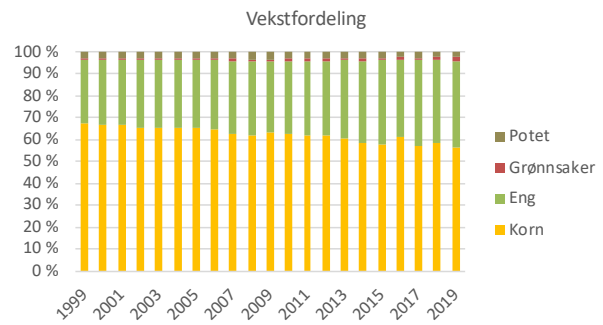
En forutsetning for effekt av vannmiljøtiltak er at tiltakene målrettes mot aktuelle kilder og risikofaktorer på hvert gårdsbruk. For jordbruksarealer betyr høy erosjonsrisiko i kombinasjon med høyt fosforinnhold i jord at det er høy risiko for fosforavrenning. Elva kan

imidlertid også få vesentlige tilførsler av fosfor fra arealer med lavere erosjonsrisiko dersom det i sum er mye jordbruksareal som bidrar. Transportveier i jordbrukslandskapet og avstand til elva har betydning for tilbakeholdelse av næringsstoffer og den aktuelle påvirkningen avrenning vil ha på vannkvaliteten.

Erosjon

Erosjon på jordbruksarealene i Svartelvas nedbørfelt består av flateerosjon (0,9 tonn fosfor) og erosjon i vannførende dråg (0,5 tonn fosfor). Mesteparten av jordbruksarealet i Svartelvas nedbørfelt har lav risiko for flateerosjon⁵ (figur 7). Årsaken til dette er kombinasjonen av relativt tørt innlandsklima og et jordsmonn med egenskaper som beskytter mot erosjon (grusholdig, moldholdig til moldrik lettleire er mest utbredt). Det er også en del areal med mer eroderbar siltjord, men det er stort sett areal med lite helling. Det er risiko for drågerosjon på mye av jordbruksarealet i alle deler av nedbørfeltet.

Det er gras på ca. 30 % av jordbruksarealet, og dette arealet er spredt rundt i hele nedbørfeltet. I øvre deler av vassdraget er det noe høyere andel gras enn i lavere deler. Arealene med gras forventes å bidra med lite partikkelbundet fosfor til Mjøsa.

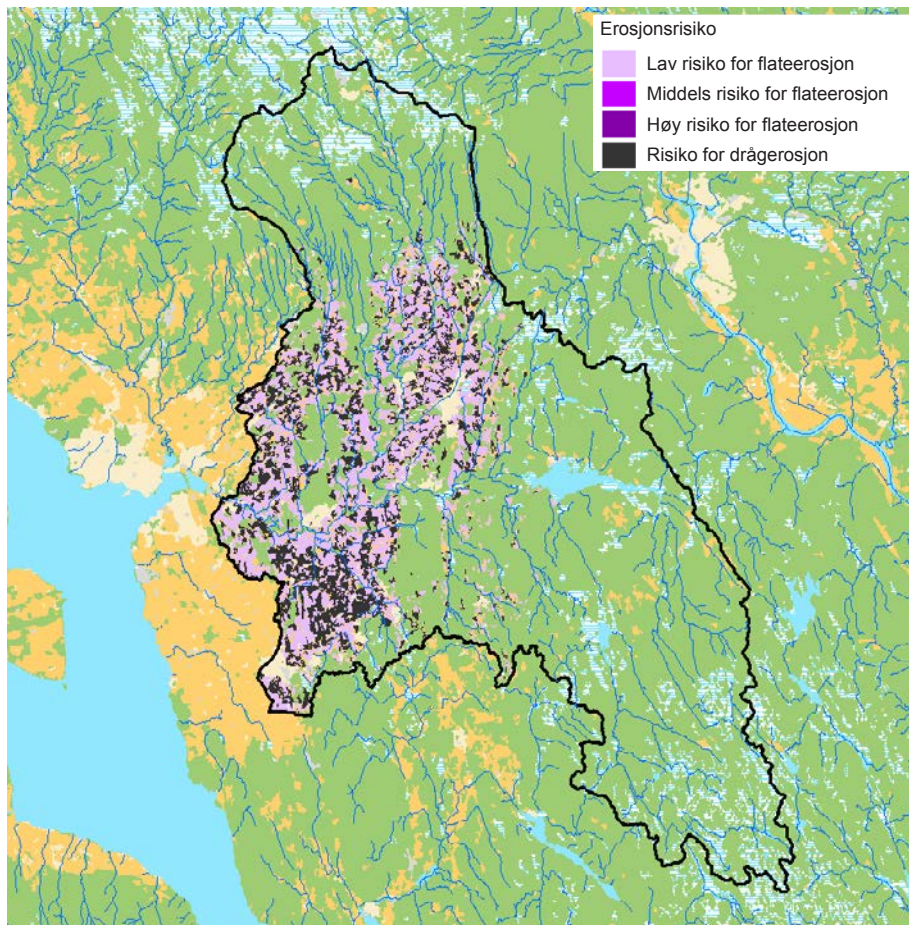


Figur 6. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Svartelva for perioden 1999-2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

Spredt over hele nedbørfeltet er det areal med dyrka torvjord. Den er normalt ikke erosjonsutsatt, men den binder fosfor dårligere enn mineraljord slik at gjødsling her kan gi større risiko for utlekking av løst fosfat.

Risikovekster

Radkulturer (potet og grønnsaker), særlig rotvekster, er forbundet med til dels høyere erosjonsrisiko enn korn med høstpløying. Dessuten tilføres det i radkulturer som regel overskudd av fosfor da det gjødsles med mer enn det plantene tar ut i avling, og jorda vil derfor over tid få høyere innhold av fosfor. Radkultu-



Figur 7. Kart over nedbørfeltet til Svartelva. Erosjonsrisikokart for jordsmonnskartlagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden.nibio.no, NIBIO).

rer har særlig stor utbredelse i Nordre Starelv og de nedre delene av Svartelva, Rokoelva og Fura/Vingerjessa. Dette kan være viktig for vannkvaliteten i de enkelte sidevassdragene.

Husdyrtetthet

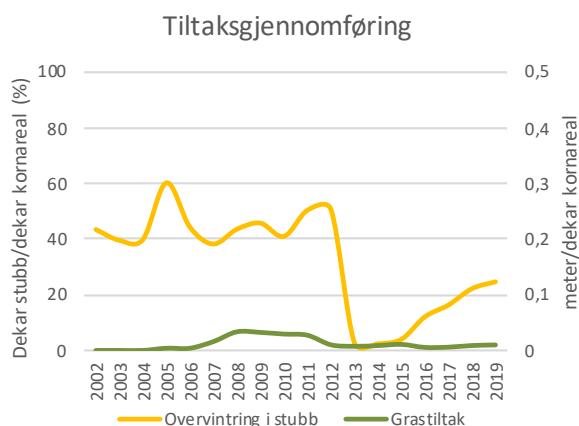
Antall gjødseldyrenheter fordelt på totalt jordbruksareal i nedbørfeltet til Svartelva er 0,09 GDE/dekar jordbruksareal. Til sammenligning tilsvarer spredearealkravet i forskrift om organisk gjødsel maksimalt 0,25 GDE/dekar.

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

Byggeaktivitet i nedbørfeltet til Svartelva kan bidra mye til avrenning av partikler i perioden med bygging. Dette gjelder særlig utbygging av E6, men også ny riksvei med jordflytting og oppdyrking. Omfattende utbygging av industrifelt og boligfelt de senere årene kan også ha bidratt til partikkel- og dermed fosforavrenningen. Bekke- og elveerosjon kan forekomme i nedbørfeltet til Svartelva, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømmet. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi tilførsel av næringsstoffer til elva. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, men generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

I 2016 var det kun en liten del av kornarealet i nedbørfeltet til Svartelva som overvintret i stubb⁴. Før 2013 overvintret omtrent 40 % av kornarealet i stubb, men fra og med 2013 ble andelen redusert til null for



Figur 8. Trender i overvintring i stubb, grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner i nedbørfeltet til Svartelva (Kilde: Regionale miljøprogram, RMP). Data for grasdekte kantsoner før 2009 er ikke tilgjengelige.

så å stige til ca. 25 % i 2019. Det er dessuten få meter med grasdekt vannvei og kantsone i området (figur 8).

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL ELVA

Den største utfordringen for vannkvaliteten i Svartelva er utslipp fra avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. I tillegg har det vært en økning i husdyrtettheten og redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus er et viktig tiltak. På kornarealene er overvintring i stubb og grasdekte vannveier andre viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførsler til Mjøsa.

Kommunalt og spredt avløp

Det er ca. 2569 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet, og herav har ca. 1896 (74 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførslene til Svartelva med ca 1,6 tonn fosfor/år. Også tiltak innen kommunalt avløp (lekksjer/overløp) vil bidra til å redusere tilførslene av fosfor til Svartelva.

Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg (tabell 2). Gjennomført i kombinasjon vil effekten av enkelttiltak være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak^{5,6}. Jordbrukstiltakene vil i tillegg til reduserte fosfortil-

Tabell 2. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter⁴.

Tiltak i nedbørfeltet til Svartelva	Reduksjon i fosfortilførsler* kg fosfor/år
Opprydding i spredt avløp	1600
Kommunalt avløp – drift/overløp	Ikke estimert
Overvintring i stubb	50
Grasdekte vannveier	350
Grasdekte kantsoner	70
Fangdammer	Ikke estimert
Reduksjon i jordas fosforstatus (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>170
Tiltak i potet og grønnsaker	Ikke estimert
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke estimert
Reduksjon i punktkilder	Ikke estimert

*Tiltakseffektene er beregnet for 2016 med Agricat2-modellen⁴

førsler 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 forsenknin-ger. Med utgangspunkt i omfanget av overvintring i stubb i 2016 vil overvintring i stubb på alt kornareal gi en liten reduksjon (50 kg) i fosfortap⁴. Overvintring i stubb gir også redusert tap av nitrogen fra kornarea-lene.

Grasdekte vannveier og kantsoner. Grasdekte vannvei-er er et målrettet tiltak for å redusere erosjon i vannførende dråg og forsenkninger, og grasdekte kantsoner reduserer erosjon mot bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i Svartelvas nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 350 kg fosfor, og tilsvarende for grasdekte kant-soner 70 kg fosfor reduksjon i fosfortap⁴.

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 av renseseffekten av fangdammer er målt til 20-45 % for fosfor med størst effekt på partikkel-bundet fosfor.

Redusert gjødsling. Når husdyrtettheten og spredning av husdyrgjødsel øker, øker risikoen for fosforavren-ning. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel brukes der jordas fosforstatus er høy. Det reduserer risikoen for fosfor-avrenning. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Svartelvas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til 170 kg fosfor reduksjon⁴ i tap av partikkelbundet fosfor og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

Tiltak i potet og grønnsaker. På arealer der det dyrkes potet- og rotgrønnsaker kan det etableres fangvekst for å hindre erosjon og fosforavrenning. Gras i vannførende dråg, og fangdammer eller sediment-asjonsdammer i jordbruksbekker er også effektive 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. Husdyrtett-heten (0,09 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). Om husdyrgjødsel prioriteres på arealene med lavest fosforstatus, og med god avstand til åpent vann vil det redusere risikoen for utslipp til elva. For beiter bør det være god avstand fra fôrings-plass 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 i Mjøsa, 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 levefor-holdene for bunndyr og fisk, som f.eks. er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- ¹ Løvik, J.E. A. Faktaark om Svartelva. 2010.
- ² NIVA-rapport 7373-2019
- ³ Greipsland m.fl. 2018. NIBIO rapport 4/85
- ⁴ Kværnø m.fl. 2019. NIBIO-rapport 5/173
- ⁵ Kværnø m.fl. 2020. NIBIOpop 6/38
- ⁶ Veileder for miljø- og klimatiltak i landbruket: www.nibio.no/tiltak

Dette faktaarket er et av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdrags-forbundet for Mjøsa med tilløpselver.

De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

FORFATTERE:

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



Foto: Jan-Erik Thrane

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Moelva og Tingnes-Brøttum

Moelva og bekkene i området Tingnes-Brøttum har vært betydelig påvirket av både avløp, husdyrhold og arealavrenning fra jordbruket. Over tid har vannkvaliteten blitt bedre og de nyeste undersøkelserne viser stort sett god økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering i Moelva. I området Tingnes-Brøttum er mange av bekkene trolig ikke i god økologisk tilstand. Beregninger for 2016 viser at hovedkildene til de menneskeskapt tilførselene av fosfor til vann er jordbruk og avløp. Avløp er den største kilden til biotilgjengelig fosfor. Fortsatt oppryffing i spredt avløp er derfor det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten. Over de siste 20 årene har det dessuten skjedd endringer i jordbruket som kan ha påvirket vannkvaliteten i elva og bekkene, og tilførselene til Mjøsa. Husdyrtettheten og fosforstatus i jorda har økt, og på kornarealene har det vært en svak nedgang i overvintring i stubb. Dette medfører økt risiko for fosforavrenning. Redusert fosforgjødsling, grasdekte vannveier i forsengkninger, og 'ingen jordarbeiding om høsten' vil derfor være viktige tiltak for å redusere fosfortilførselene til Mjøsa fra jordbruksarealene. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Opprettholdelse av god vannkvalitet i Mjøsa er avhengig av målrettede tiltak i de ulike elvene som har utløp i Mjøsa. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltet til Moelva og området Tingnes-Brøttum.

ØKOLOGISK TILSTAND OG VANNKVALITET I MOELVA OG TILLØPSBEKKER TIL MJØSA MELLOM TINGNES OG BRØTTUM

Moelva renner ut i Mjøsa ved Moelv og har sitt utspring fra innsjøen Næra i Ringsaker. Med et nedbørfeltareal på 191 km² er Moelva det største østlige tilløpsvassdraget til Mjøsa mellom Tingnes og Lillehammer. I samme område renner en rekke mindre bekker vestover mot Mjøsa gjennom jordbruksområder. Disse bekkene er samlet i en felles vannforekomst som heter «Østlige tilløpsvassdrag Mjøsa (Tingnes-Brøttum)».

Bunndyr og påvekstlger ble undersøkt på tre stasjoner i Moelva i 2020. Påvekstalgene viste god tilstand med hensyn til eutrofiering i øvre og midtre deler, men var nær grensen mellom god og moderat tilstand ved nederste stasjon nær utløpet i Mjøsa. Nederste stasjon viste moderat tilstand i 2017 og 2011¹, som indikerer en noe forhøyet næringsstoffbelastning i nedre del. I 2020 ble det funnet mikroskopiske mengder «lammehaler» i midtre og nedre del, som er tegn på noe tilførsler av lett nedbrytbart organisk stoff (organisk belastning). Bunndyrene indikerte allikevel svært god tilstand med hensyn til organisk belastning på alle tre stasjoner i 2020 (tabell 1). I perioden 2018-2019 ble det også gjort undersø-

kelsler av biologiske kvalitetselementer i noen av tilløpsbekkene til Moelva, både i øvre og nedre del av elva². Resultatene herfra viste god eller svært god tilstand med hensyn til eutrofiering og/eller organisk belastning (tabell 1). Samlet sett indikerer undersøkelsene noe påvirkning fra næringsstoffer og/eller organisk belastning i nedre del, men dette avtar trolig oppover i vassdraget.

I innsjøen Næra (som Moelva renner ut fra) viser undersøkelser fra perioden 2016-2018 god tilstand med hensyn til eutrofiering³. Miljøtilstanden vurderes derimot som ustabil, og det er risiko for algeoppblomstringer og redusert økologisk tilstand dersom tilførslene av fosfor til innsjøen øker. I flere av tilløpsbekkene til Næra er tilstanden moderat eller dårlig. Fosfortilførslene påvirker ventelig konsentrasjonen i Næra og dermed også Moelva.

For bekkene mellom Tingnes og Brøttum er det vanskelig å stadfeste økologisk tilstand, ettersom det kun finnes enkeltmålinger av næringsstoffer og ingen undersøkelser av biologiske kvalitetselementer fra nyere tid. Overvåking i 2005, 2007 og 2012 vurderte flere av bekkene (Krokvikbekken, Steinsbekken, Smestadbekken, Smedstuabekken, Windjuslettbekken og Evjua) som moderat påvirket av næringsstoffer og/

Tabell 1. Vurdering av økologisk tilstand mht. eutrofiering i ulike vannforekomster i Moelv-vassdraget og småbekker mellom Tingnes og Brøttum. Kun vannforekomster med relevante og nyere data (fortrinnsvis fra siste 5 år) er inkludert. Vannforekomstene er sortert fra nederst til øverst i nedbørfeltet. Samlet økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstlger har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Konsentrasjonen av totalnitrogen er klassifisert, men ikke tatt med i vurdering av samlet økologisk tilstand siden vannforekomstene ikke anses å være nitrogenbegrenset. SD = svært dårlig; D = dårlig; M = moderat; G = god og SG = svært god tilstand.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekstlger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Moelva nedstrøms Strand Unikorn	002-2590-R	M [†]	SG [†]	SG*	G*	M	[†] Gjennomsnitt av NIVAs undersøkelser i 2017 og 2020. *Vann-nett.
Tilløpsvassdrag Moelva nedre del	002-3432-R	SG [†]	-	SG*	-	SG	[†] NIVA 2018. *Vann-nett
Moelva inntak Moelv kraftverk - dam nedstrøms utløp Moelv kraftverk	002-5001-R	G	SG	-	-	G	NIVA 2020
Moelva øvre del	002-1002-R	G	SG	-	-	G	NIVA 2020
Tilløpsvassdrag Moelva øvre del	002-4816-R	G	SG	-	-	G	Norconsult 2019
Næra	002-196-L	-	-	G	M	G	Samlet sett god tilstand mht. eutrofiering ³
Østlige tilløpsvassdrag Mjøsa (Tingnes - Brøttum)	002-3433-R	-	-	M*	SD*	M*	*Vann-nett. Samlet økologisk tilstand usikker pga lite data

eller organisk stoff⁴. Enkeltmålinger av næringsstoffer fra 2006-2013 indikerer høye konsentrasjoner av nitrogen (2000-6000 µg nitrogen per liter), som er tydelige tegn på forurensing fra jordbruk eller avløp. Vannprøvene indikerte ikke spesielt høye nivåer av totalfosfor, med unntak av Windjuslettbekken og Krokvikbekken, men tilstanden er usikker på grunn av lite data.

Nedbørfeltene som går under samlebetegnelsen Moelv-Tingnes-Brøttum, er til sammen 285 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 23 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 4 %, skog, åpen fastmark og myr 65 %, vannflater 4 % og samferdsel og bebyggelse 4 %. Det er ca. 2040 husstander med privat avløpsløsning i nedbørfeltet.

KILDER TIL FOSFOR

Ifølge et kilderegnskap fra 2016 i figur 1A tilføres området Moelv-Tingnes-Brøttum om lag 5,2 tonn totalfosfor i et gjennomsnittså. Arealavrenning fra jordbruket er den største (2,5 tonn/år) kilden til totalfosfor i nedbørfeltet. Samlet tilførsel fra spredt avløp er 1,3 tonn totalfosfor/år. Tilførslene av biotilgjengelig fosfor er totalt på 1,8 tonn og det er avløp som bidrar med den største delen av det biotilgjengelige fosforet (figur 1B). Av de ca. 2040 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet har ca. 1343 (66 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet om 90 % rensing av fosfor.

Skog og utmark utgjør et stort areal i nedbørfeltet og bidrar derfor med noe totalfosfor (1,1 tonn/år), selv om avrenningen av fosfor per arealenhet fra denne type arealer er liten. Fosfor i avrenning fra skog og

utmark har lav biotilgjengelighet, og skogen bidrar derfor med lite biotilgjengelig fosfor i det totale kilderegnskapet (figur 1A).

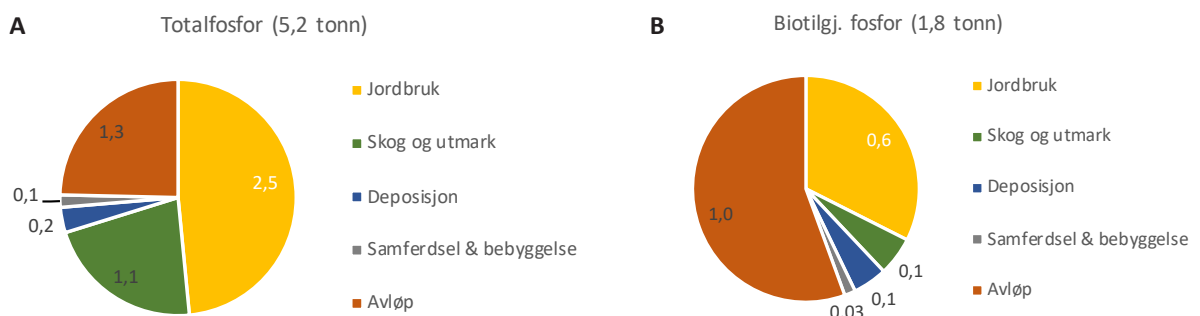
TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Moelva og området Tingnes-Brøttum endret seg. Det har vært en økende trend i antall husdyr og en økning i jordas fosforstatus, noe som kan bidra til økte fosfortilførsler til elva over tid. Samtidig har det blitt litt mer eng på bekostning av åpen åker, noe som virker motsatt og fører til reduksjon i fosforavrenningen som følger med erosjon.

Husdyrgjødsel

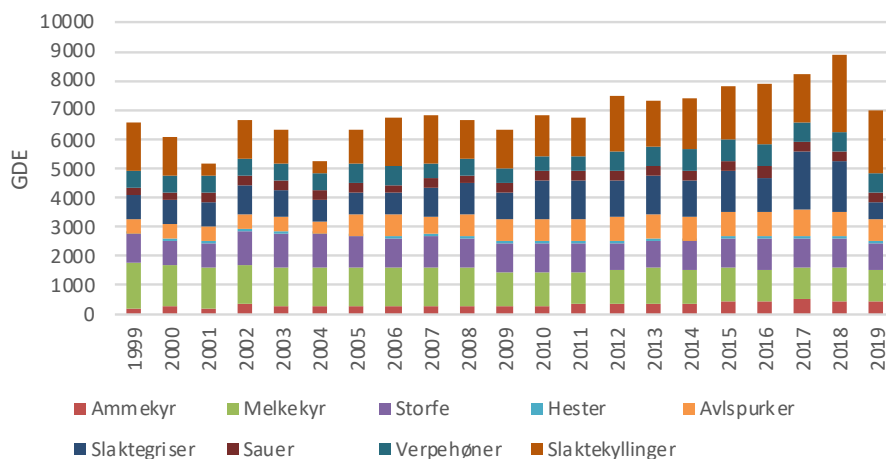
Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av løst fosfat ved avrenning rett etter spredning, ved lekkasje fra gjødsellager, og som følge av høye fosfortall i jorda. I perioden fra 1999 til og med 2018 har det vært en økning i husdyrtetthet på rundt 33 % (beregnet som gjødseldyrenheter, GDE) (figur 2). Det er særlig antall slaktegriser og slaktekyllinger som har økt. I 2019 er det registrert færre slaktegriser enn tidligere. Økningen i husdyrtall på ca. 2000 GDE frem til 2018 svarer i fosformengde til 28 tonn fosfor, det vil si at det totalt er ca 124 tonn fosfor tilgjengelig i husdyrgjødsel. Den totale mengde husdyrgjødsel svarer til 1,6 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig, basert på dyretall som er hjemmehørende 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 tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel i nedbørfeltet til Moelv-Tingnes-Brøttum.

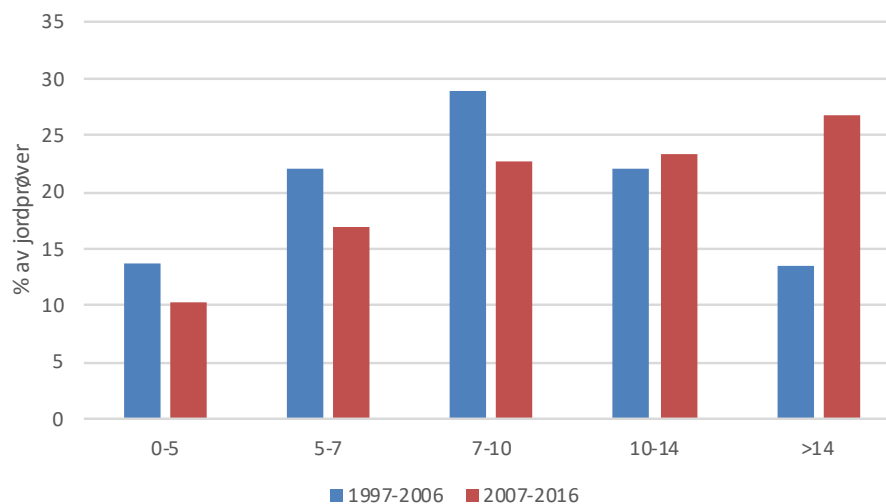


Figur 1. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (tonn) i nedbørfeltet til Moelva og området Tingnes-Brøttum basert på tidligere beregninger for 2016⁴.

Gjødseldyrenheter per dyreslag



Figur 2. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 1999-2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Moelv og området Tingnes-Brøttum fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 3. Fordeling av fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997-2006 og 2007-2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Moelv og området Tingnes-Brøttum (Jorddatabanken, NIBIO).

Fosforstatus i jord

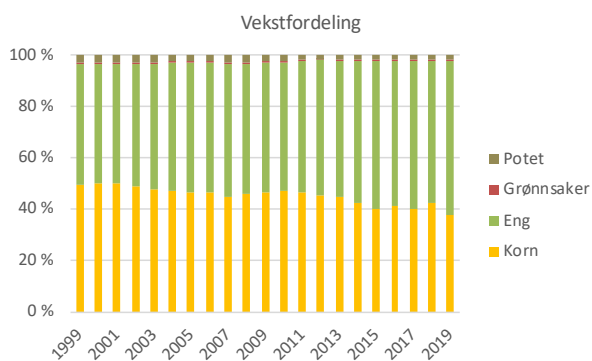
Jordas fosforstatus har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer fosfor og dels fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når innholdet øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn- og grasdyrking er 5-7 mg P-AL/100g. Når fosforstatus er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor. Fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet til Moelva og området Tingnes-Brøttum har i gjennomsnitt økt fra 8,6 mg P-AL/100 g til 13,9 mg P-AL/100 g (60 %) fra perioden 1997-2006 til perioden 2007-2016. Det var en stor økning i antall jordprøver med fosfortall (P-AL) over 10 mellom de to periodene (figur 3). Fosfortallet øker når det tilføres mer fosfor med gjødsel, både husdyrgjødsel og mineralgjødsel, sammenlignet med det som tas ut i avling. For jordprøver fra jordbruksarealene i nedbørfeltet til Moelva og området Tingnes-Brøttum ligger fosfortallet over P-AL 14 i 27 % av prøvene. Økning i husdyrtall og dermed husdyrgjødselmengden kan være forklaringen på at fosfortallene har økt.

Vekstfordeling

I nedbørfeltet til Moelva og området Tingnes-Brøttum ble det i 2019 i hovedsak dyrket gras (60 %) og korn (37 %) (figur 4). De siste 20 årene har det blitt mer eng og mindre korn på arealene, noe som bidrar til redusert erosjon og dermed redusert avrenning av fosfor. På ca. 2,5 % av arealet dyrkes det i 2019 grønnsaker og potet. Ved dyrking av potet og rotgrønnsaker ligger jorda åpen store deler av året noe som medfører risiko for erosjon. Det har vært en liten nedgang i det samlede arealet med grønnsaker og potet.

PROBLEMOMRÅDER I JORDBRUKET

En forutsetning for effekt av vannmiljøtiltak er at tiltakene målrettes mot aktuelle kilder og risikofaktorer på hvert gårdsbruk. For jordbruksarealer betyr høy erosjonsrisiko i kombinasjon med høyt fosforinnhold i jord at det er høy risiko for fosforavrenning. Elva kan imidlertid også få vesentlige tilførsler av fosfor fra arealer med lavere erosjonsrisiko dersom det i sum er mye jordbruksareal som bidrar. Transportveier i jordbrukslandskapet og avstand til elva har betydning



Figur 4. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Moelva og området Tingnes-Brøttum for perioden 1999-2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

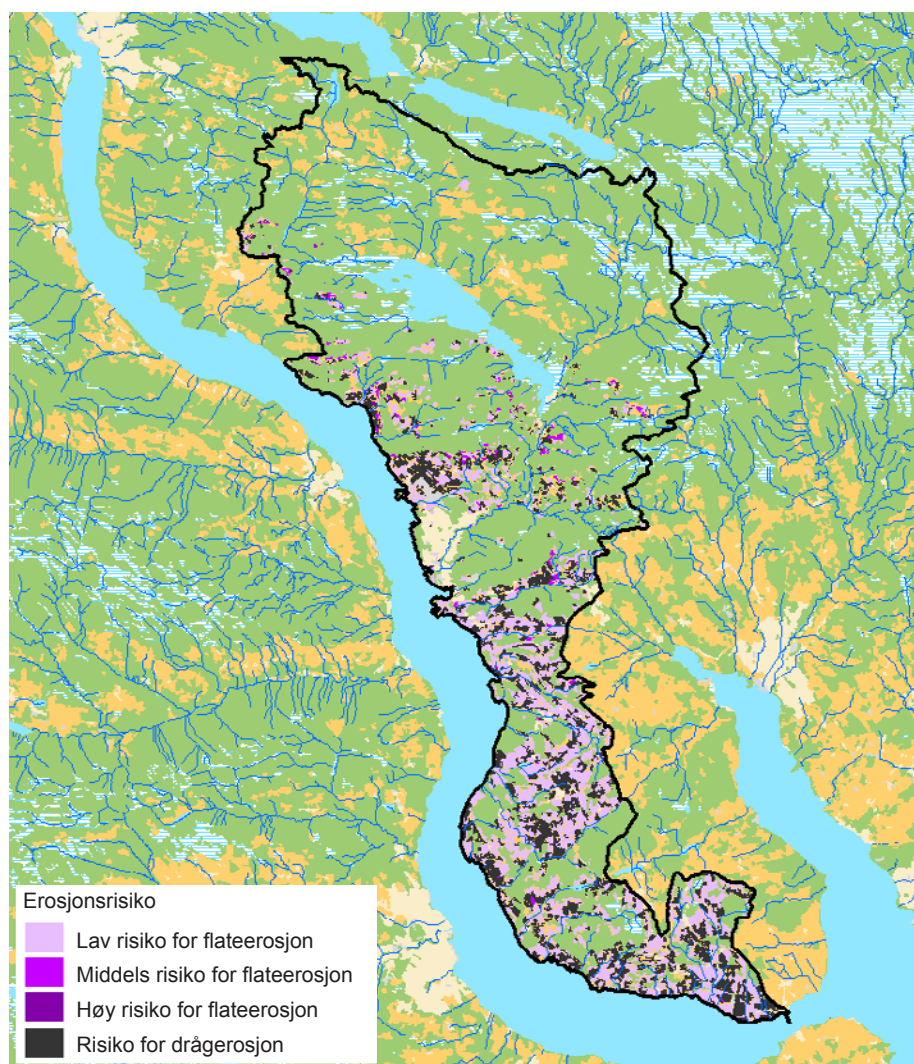
for tilbakeholdelse av næringsstoffer og den aktuelle påvirkningen avrenning vil ha på vannkvaliteten.

Erosjon

Erosjon på jordbruksarealene i nedbørfeltet til Moelva og området Tingnes-Brøttum består av flateerosjon (1,2 tonn fosfor) og erosjon i vannførende dråg (1,2 tonn fosfor). Mesteparten av jordbruksarealet i

nedbørfeltene har lav risiko for flateerosjon⁵, og noe areal har middels risiko for flateerosjon (figur 5). Årsaken til lav risiko for flateerosjon er kombinasjonen av relativt tørt innlandsklima og stor utbredelse av jordsmonn med egenskaper som beskytter mot erosjon (grusholdig, moldholdig til moldrik lettleire er mest utbredt). Jordtap gjennom drenggrøftene inngår i vurderingen av risiko for flateerosjon. Det er risiko for drågerosjon på mye av jordbruksarealet, i alle deler av nedbørfeltet. En stor del av jordbruksarealet nord og øst for innsjøen Næra ikke er jordsmonnskartlagt, og erosjonsrisiko er derfor ikke kjent på disse arealene.

I nedbørfeltet til Moelva er det stort sett gras i form av eng og beite på jordbruksarealet. Trolig bidrar derfor dette arealet med lite partikkelbundet fosfor til Mjøsa. Området Tingnes-Brøttum har en større andel areal med åpen åker kulturer. Radkulturer, særlig rotvekster, kan være 'hot spots' for fosforavrenning på grunn av en kombinasjon av høy erosjonsrisiko og høy fosforstatus i jorda.



Figur 5. Kart over nedbørfeltet til Moelva og nedbørfeltene Tingnes-Brøttum. Erosjonsrisikokart for jordsmonnskartlagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden.nibio.no, NIBIO).

Tabell 2. Antall gjødseldyrenheter (GDE) og GDE per dekar totalt jordbruksareal i nedbørfeltene til utvalgte vannforekomster.

Delnedbørfelt	GDE	GDE per daa totalt jordbruksareal
Tilløpsvassdrag Næra	2122	0,12
Østlige tilløpsvassdrag Mjøsa (Tingnes - Brøttum)	6688	0,10
Moelva med sidebekker	*	*

*Det mangler data for Moelva med sidebekker.

Husdyrtetthet

Det er husdyrproduksjon fordelt over hele Moelv-Tingnes-Brøttum. Antall gjødseldyrenheter fordelt på totalt jordbruksareal er drøyt 0,1 GDE/daa, og litt høyere i tilløpsvassdragene til Næra enn i de østlige tilløpsvassdragene til Mjøsa mellom Tingnes og Brøttum. Spreddearealkravet tilsvarer maksimalt 0,25 GDE/dekar og ingen av delfeltene har husdyrtetthet som overstiger kravet til spreddeareal.

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

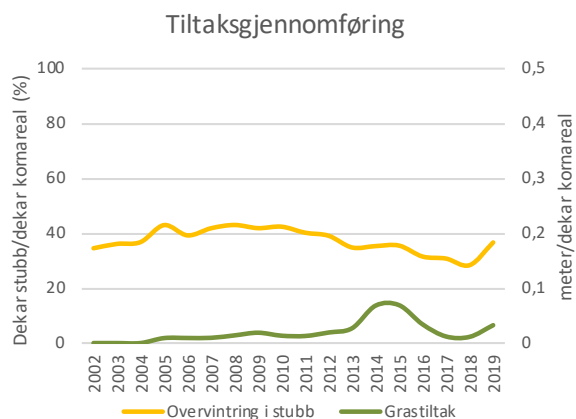
Bekke- og elveerosjon kan forekomme, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi erosjon og tilførsel av næringsstoffer til vassdraget. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, men generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

Kornarealet utgjør rundt 40 % av jordbruksarealet i nedbørfeltet til Moelva og Tingnes-Brøttum i 2019. Rundt 60 % av dette arealet blir høstpløyd, og 40 % ligger i stubb⁶. De siste åtte årene har det vært en nedadgående trend i stubbarealet med et lite oppsving i 2019. Dessuten er det få meter med grasdekt vannvei og kantsone i området (figur 6).

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER TIL ELVA

En stor utfordring for vannkvaliteten i Moelva og utslipp fra Tingnes-Brøttum-området til Mjøsa er utslipp fra spredt avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. I tillegg har det vært en økning i husdyrtettheten og det har blitt meget høye fosfortall i jordbruksjorda. Redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus, er sammen med overvintring i stubb og grasdekte



Figur 6. Trender i overvintring i stubb, grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner i nedbørfeltet til Moelv og området Tingnes-Brøttum (Kilde: Regionale miljøprogram, RMP). Data for grasdekte kantsoner før 2009 er ikke tilgjengelige.

vannveier på kornarealer, viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførsler til Mjøsa.

Kommunalt og spredt avløp

Det er ca. 2040 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet og herav har ca. 1343 (66 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstillende i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførslene til Moelv-Tingnes-Brøttum med ca 1 tonn fosfor/år. Også tiltak innen kommunalt avløp (lekkasjer/overløp) vil bidra til å redusere tilførslene av fosfor til Moelv-Tingnes-Brøttum.

Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg (tabell 3). Gjennomført i kombinasjon vil effekten av enkelttiltak være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak^{5,6}. 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 forsennkniger. Med utgangspunkt omfanget av overvintring i stubb i 2016 (37 % av kornarealet) vil overvintring i stubb på alt kornareal (100 %) gi en reduksjon i fosfortap på 280 kg fosfor⁴. 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 forsenkninger, og grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i nedbørfeltet til Moelva og Tingnes-Brøttum er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 710 kg fosfor, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon på 80 kg fosfor hvis de anlegges langs alle bekker og elver⁴.

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 fosforgjødsling. 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. Det reduserer risikoen for fosforavrenning. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Moelvas nedbørfelt og området Tingnes-Brøttum til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til 260 kg fosfor reduksjon⁴ i tap av partikkelbundet fosfor og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat. 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

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter⁴.

Tiltak i nedbørfeltet til Moelv-Tingnes-Brøttum	Reduksjon i fosfortilførsler* kg fosfor/år
Opprydding i spredt avløp	1000
Kommunalt avløp – drift/overløp	Ikke estimert
Overvintring i stubb	280
Grasdekte vannveier	710
Grasdekte kantsoner	80
Fangdammer	Ikke estimert
Reduksjon i jordas fosforstatus (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>260
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke estimert
Reduksjon i punktkilder	Ikke estimert

*Tiltakseffekter for jordbruksarealer er beregnet for 2016 med Agricat2-modellen⁴

bedre utnyttelse av næringsstoffene og mindre risiko for avrenning av fosfor og nitrogen. Husdyrtettheten (0,1 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). Om husdyrgjødsel prioriteres på arealene med lavest fosforstatus, og 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 i Mjøsa, 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

- Lyche Solheim m.fl. 2018. NIVA-rapport 7273
- Håll m.fl. 2019. NIVA-rapport 7394
- Håll, J. & Skjelbred, B. NIVA-rapport 7427
- Kjellberg, G. 2006. NIVA-rapport 5194; Løvik, J.E. & Romstad, R. 2008. NIVA-rapport 5574; Løvik, J.E. & Brettum, P. 2013. NIVA-rapport 6522.
- Kværnø m.fl. 2019. NIBIO-rapport 5/173
- Kværnø m.fl. 2020. NIBIOpop 6/38
- Veileder for miljø- og klimatiltak i landbruket: www.nibio.no/tiltak
- Gjødslingshåndboka: nibio.no/gjodslingshandbok

Dette faktaarket er et av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver. De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

FORFATTERE:

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



Foto: Annbjørg Øverli Kristoffersen

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Heggshuselva

Heggshuselva har vært betydelig påvirket av både avløp, husdyrhold og arealavrenning fra jordbruket. Det foreligger få nyere undersøkelser av vannmiljøet i elva, men økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering er trolig moderat. Beregninger for 2016 viser at hovedkildene til de menneskeskapte tilførselene av fosfor er jordbruk og avløp. Avløp er den største kilden til bio-tilgjengelig fosfor. Fortsatt opprydding i spredt avløp er derfor det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten i elva. Det har likevel over de siste 20 årene skjedd endringer i jordbruket i nedbørfeltet som kan ha hatt positiv effekt på vannkvaliteten i elva og tilførselene til Mjøsa. Husdyrtettheten er redusert og det samme gjelder kornarealet, mens andelen av kornarealet som overvintret i stubb har økt. Fosforstatus i jordbruksjorda er imidlertid høy og har ikke endret seg de siste 20 årene. En fortsatt nedgang i husdyrtetthet med redusert spredning av husdyrgjødsel på jordbruksarealene vil føre til redusert fosforstatus i jorda og redusert avrenning av fosfor. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Opprettholdelse av god vannkvalitet i Mjøsa er avhengig av målrettede tiltak i de ulike vassdragene som har utløp i Mjøsa. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltet til Heggshuselva.

Tabell 1. Vurdering av økologisk tilstand mht. eutrofiering i nedre del av Heggshuselva. Det foreligger ikke data fra øvre del. Samlet økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstalger har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Data på næringsstoffer mangler.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekstalger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Heggshuselva, nedre del	002-2663-R	M [†]	G [‡]	-	-	M	[†] NIVA 2015. [‡] NIVA 2011.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I HEGGSHUSELVA

Heggshuselva drenerer et lite nedbørfelt på vestsiden av Mjøsa, like vest for Kapp sentrum. Kalksjøene Eriksrudtjern og Helsettjernet inngår i nedbørfeltet. I nedre deler skjærer Heggshuselva seg ned i dalbunnen og danner en bekkekløft. Vassdraget som er vernet som naturreservat i midtre deler¹. Til tross for vassdragets spesielle karakter (kalkrikt vassdrag i bekkekløft) er det gjort få undersøkelser av vannkvalitet og økologisk tilstand i elva. Det foreligger heller ikke målinger av næringsstoffer. I 2015 undersøkte NIVA begroingsalger og heterotrof begroing nær utløpet i Mjøsa, og disse viste moderat tilstand med hensyn til eutrofiering og god tilstand med hensyn til organisk belastning (tabell 1)². Undersøkelser av bunndyr ved to stasjoner i 2011 viste god tilstand med hensyn til organisk belastning³. Samlet sett indikerer disse undersøkelsene noe forhøyet næringsstoffbelastning, og Heggshuselva er trolig i dag i moderat økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering.

Heggshuselvas nedbørfelt er 26 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 37 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 1 %, skog, åpen fastmark og myr 55 %, vannflater knapt 2 % og samferdsel og bebyggelse 5 %. Det er ca. 239 husstunder med privat avløpsløsning i nedbørfeltet.

KILDER TIL FOSFOR

Ifølge kilderegnskapet fra 2016 i figur 1A tilføres Heggshuselva om lag 0,54 tonn totalfosfor i et gjennomsnittså. Arealavrenning fra jordbruket er den største (0,3 tonn/år) kilden til totalfosfor i elva. Tilførselen fra spredt avløp er 0,14 tonn totalfosfor. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er totalt 0,2 tonn og det er avløp som bidrar med den største delen av det biotilgjengelige fosforet (figur 1B). Av de ca. 239 husstunder med spredt avløp i 2020 har ca. 189 (79 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet om 90 % rensing av fosfor.

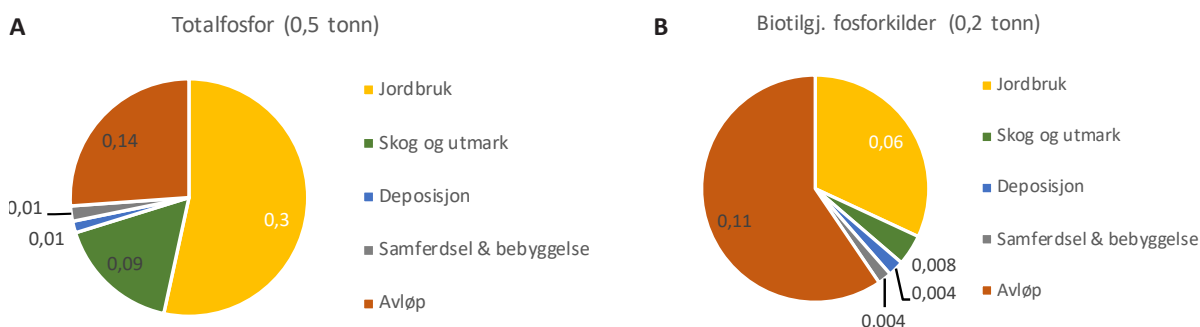
Skog og utmark utgjør halvparten av arealet i nedbørfeltet og bidrar derfor med noe totalfosfor (0,1 tonn/år) selv om avrenningen av fosfor per arealenhet er liten. Fosfor i avrenning fra skog og utmark har lav biotilgjengelighet og skogen bidrar derfor med lite biotilgjengelig fosfor i det totale kilderegnskapet (figur 1A).

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

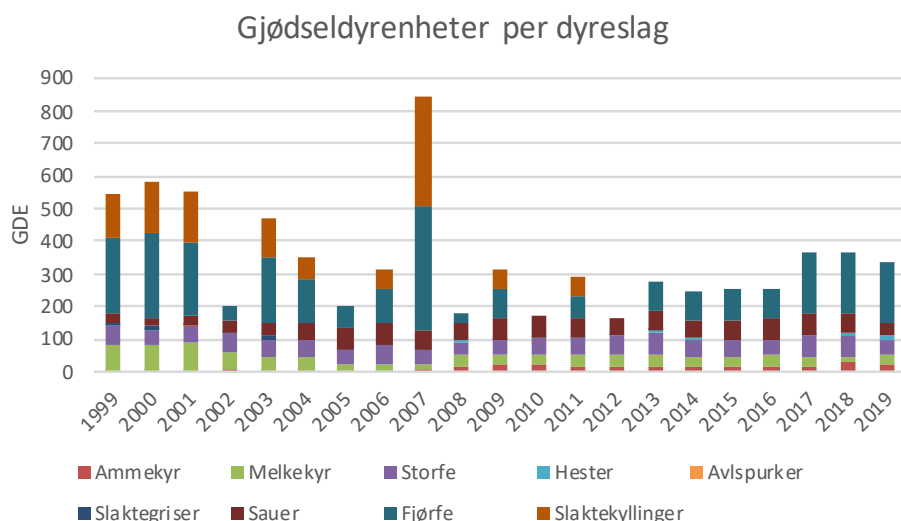
Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltet til Heggshuselva endret seg. På jordbruksarealene har det blitt litt mer eng og litt mindre korn. Dessuten har det vært en reduksjon i antall gjødseldyrenheter på 15 %, men ingen tilsvarende reduksjon i jordas fosforstatus.

Husdyrgjødsel

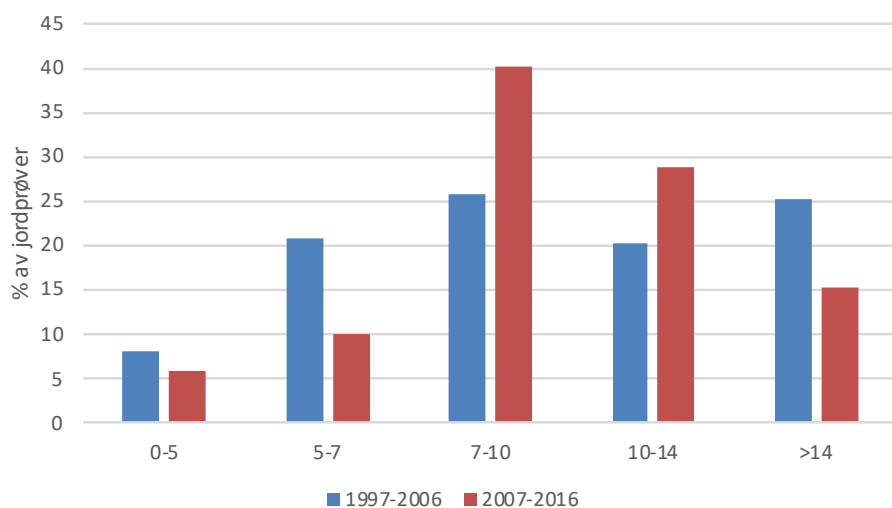
Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av løst fosfat ved avrenning rett etter spredning, ved lekkasje fra gjødsellager, og som



Figur 1. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (tonn) i nedbørfeltet til Heggshuselva basert på tidligere beregninger for 2016⁴.



Figur 2. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 1999-2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Heggshuselva fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 3. Fordeling av fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997-2006 og 2007-2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Heggshuselva (Jorddatabanken, NIBIO).

følge av høy fosforstatus i jorda. Nedbørfeltet til Heggshuselva er lite, og endringer i produksjon på enkeltbruk har stor betydning for samlet antall husdyr i nedbørfeltet. Derfor er det stor variasjon i husdyrtettheten (beregnet som gjødseldyrenheter, GDE) fra år til år, særlig for fjørfe og slaktekyllinger. Totalt kan husdyrtettheten se ut til å ha gått noe ned over de siste 20 årene. For årene 1999-2001 var det ca. 650 GDE, mens det for årene 2017-2019 var ca. 550 GDE i nedbørfeltet (figur 2). Regnet i fosformengde svarer nedgangen til ca. 1,5 tonn fosfor og det er totalt ca. 7,6 tonn fosfor tilgjengelig i husdyrgjødsel. Den totale mengden husdyrgjødsel svarer til 0,8 kg fosfor/dekar (0,05 GDE/dekar) jordbruksareal årlig, beregnet ut fra antall dyr som er hjemmehørende på eiendommene i nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av maksimalt 3,5 kg fosfor/dekar.

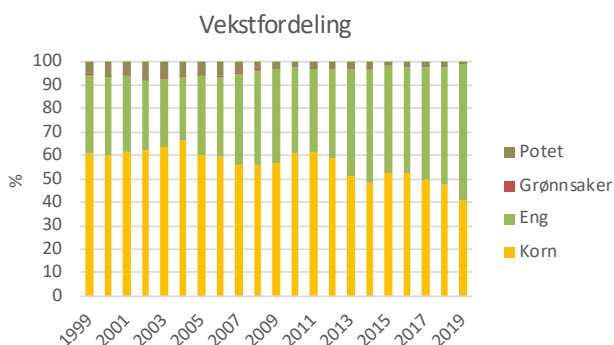
Det er ikke tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel i nedbørfeltet til Heggshuselva.

Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus (P-AL) har betydning for avrenningen dels fordi partiklene som eroderes inneholder mer fosfor og dels fordi mer fosfor vaskes ut fra jorda når innholdet øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker dessuten ved økende P-AL-verdier. Anbefalt P-AL i jorda ved korn- og grasdyrking er 5-7 mg/100 g. Når P-AL er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor. Fosforstatus i dyrka mark i nedbørfeltet til Heggshuselva er i gjennomsnitt høy, om lag 11 mg P-AL/100 g ifølge jordprøveresultatene (figur 3). Fosforstatus var over P-AL 14 i 15 % av jordprøvene fra perioden 2007-2016. Gjennomsnittlig P-AL har ikke endret seg de siste 20 årene. Husdyrtettheten og dermed husdyrgjødselmengden over tid har betydning for hvor mye fosfor som er lagret i jorda.

Vekstfordeling

I Heggshuselvas nedbørfelt ble det i 2019 i hovedsak dyrket gras (58 %) og korn (41 %) (figur 4). Siden 2012 har det blitt litt mer eng og litt mindre korn på



Figur 4. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Heggshuselva for perioden 1999-2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

arealene, noe som bidrar til redusert erosjon og dermed redusert avrenning av fosfor. Det har dessuten vært en nedgang i det samlede arealet med grønnsaker og potet fra år 2000 til 2019.

PROBLEMMRÅDER I JORDBRUKET

En forutsetning for effekt av vannmiljøtiltak er at tiltakene målrettes mot aktuelle kilder og risikofaktorer på hvert gårdsbruk. For jordbruksarealer betyr høy erosjonsrisiko i kombinasjon med mye fosfor i jorda at det er høy risiko for fosforavrenning. Elva kan imidlertid også få vesentlige tilførsler av fosfor fra

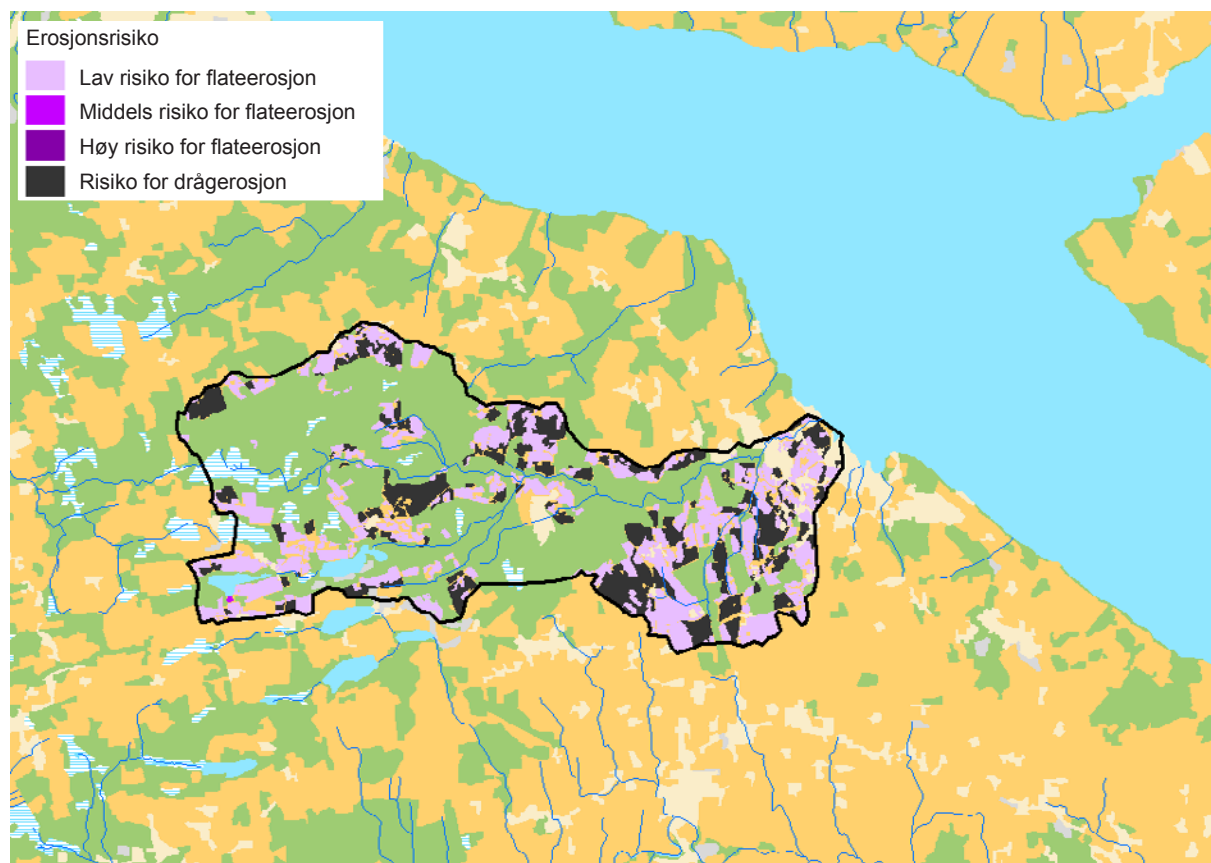
arealer med lavere erosjonsrisiko dersom det i sum er mye jordbruksareal som bidrar. Transportveier i jordbrukslandskapet og avstand til elva har betydning for tilbakeholdelse av næringsstoffer, og dermed betydning for den aktuelle påvirkningen avrenning vil ha på vannkvaliteten.

Erosjon

Fosfortap som følge av erosjon på jordbruksarealene i Heggshuselvas nedbørfelt består av flateerosjon (0,2 tonn fosfor) og erosjon i vannførende dråg (0,1 tonn fosfor)⁴. Mesteparten av jordbruksarealet har lav risiko for flateerosjon⁵ (figur 5). Årsaken til dette er kombinasjonen av relativt tørt innlandsklima og et jordsmonn med egenskaper som beskytter mot erosjon (grusholdig, moldholdig til moldrik lettleire er mest utbredt). Det er risiko for drågerosjon på mye av jordbruksarealet, men det er forholdsvis mye gras (ca. 45 % av jordbruksarealet i 2016) i nedbørfeltet⁶. Arealene med gras beskytter godt mot erosjon og avrenning av partikkelbundet fosfor.

Husdyrtetthet

Antall gjødseldyrenheter fordelt på totalt jordbruksareal i nedbørfeltet til Heggshuselva er ca. 0,05 GDE/dekar, det vil si en femtedel av spredearealkravet i forskrift om organisk gjødsel på 0,25 GDE/dekar.



Figur 5. Kart over nedbørfeltet til Heggshuselva. Erosjonsrisikokart for jordsmonn kartlagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden.nibio.no, NIBIO).

Andre kilder til næringsstoffer

Bekke- og elveerosjon kan forekomme i Heggshusvassdraget, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi tilførsel av næringsstoffer til elva. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, men generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer de første årene etter hogst.

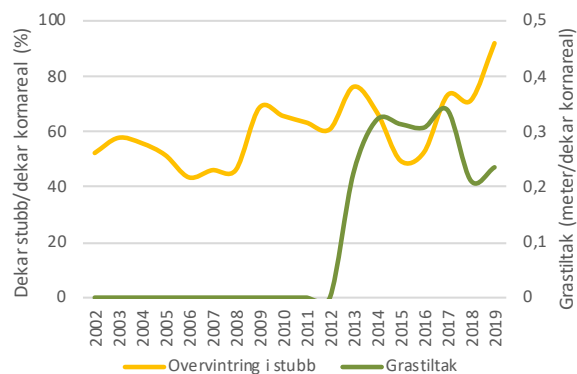
TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

Andelen av kornarealet som overvintret i stubb har økt siden 2002, og i 2019 var det ca. 90 % som overvintret i stubb, samtidig med at det dyrkes gras på noe av det som tidligere var kornareal (figur 6). Det gir redusert risiko for erosjon og avrenning av partikkelbundet fosfor. Siden 2013 har det dessuten vært en positiv utvikling i antall meter med grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner.

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFOR-TILFØRSLER TIL ELVA

En av de viktigste utfordringene for vannkvaliteten i Heggshuselva er utslipp fra spredt avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. En fortsatt nedgang i husdyrtetthet med redusert spredning av husdyrgjødsel på jordbruksarealene vil føre til redusert fosforstatus i jorda, og redusert avrenning av fosfor. Overvintring i stubb og grasdekte vannveier på kornarealer er andre viktige tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførslene til Mjøsa.

Tiltaksgjennomføring



Figur 6. Trender i overvintring i stubb, grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner i nedbørfeltet til Heggshuselva (Kilde: Regionale miljøprogram, RMP). Data for grasdekte kantsoner før 2009 er ikke tilgjengelige.

Spredt avløp

Det er ca. 239 husstander med spredt avløp i 2020 og herav har ca. 189 (79 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførslene til Heggshuselva med ca 0,1 tonn fosfor/år (tabell 2). Også tiltak innen kommunalt avløp (lekkasjer/overløp) vil bidra til å redusere tilførslene av fosfor til Heggshuselva.

Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg (tabell 2). Gjennomført i kombinasjon vil effekten av enkelttiltak være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak^{5,6}.

Tabell 2. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter^a.

Tiltak i nedbørfeltet til Heggshuselva	Reduksjon i fosfortilførsler* kg fosfor/år
Opprydding i spredt avløp	100
Kommunalt avløp – drift/overløp	Ikke estimert
Overvintring i stubb	20
Grasdekte vannveier	50
Grasdekte kantsoner	20
Fangdammer	Ikke estimert
Reduksjon i jordas fosforstatus (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>50
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke estimert
Reduksjon i punktkilder	Ikke estimert

*Tiltakseffekter for jordbruksarealer er beregnet for 2016 med Agricat2-modellen⁴

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 arealet som overvintret i stubb i 2016 (53 % av kornarealet) gir overvintring i stubb på alt kornareal (100 %) en reduksjon i fosfortap på 20 kg fosfor⁴. I 2019 var det 90 % som overvintret i stubb. 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, mens grasdekte kantsoner reduserer erosjon på arealer nær bekken eller elva. Etablering av grasdekte vannveier i Hegghuselvas nedbørfelt er beregnet til å gi en reduksjon i fosfortap på 50 kg fosfor, og tilsvarende er det for grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon på 20 kg fosfor hvis de anlegges langs alle bekker og elver⁴.

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

Redusert gjødsling. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel brukes der jordas fosforstatus er høy. Det reduserer risikoen for fosforavrenning. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Hegghuselvas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til 50 kg fosfor reduksjon⁴ i tap av partikkelbundet fosfor og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat. 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 (0,05 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). Om husdyrgjødsel prioriteres på arealene med lavest fosforstatus, og 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 punktutslipp

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 i Mjøsa, også gi redusert organisk belastning, og dermed bedre oksygenforhold for bunndyr og fisk i elva. Det vil også redusere bakterieforurensingen. Redusert erosjon vil også kunne bedre leveforholdene for bunndyr og fisk, som er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- ¹ <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/fm-innlandet/06-miljo-og-klima/vern/oppstartvarsler/oppstartsmelding-frivillig-vern-oppland-2019/hegghuselva---rapport-12.pdf>
- ² Kile, M.R. 2016. NIVA notat 0381/16
- ³ Bækken, T. 2012. NIVA rapport 6367
- ⁴ Kværnø m.fl. 2019. NIBIO-rapport 5/173
- ⁵ Kværnø m.fl. 2020. NIBIOpop 6/38
- ⁶ Veileder for miljø- og klimatilak i landbruket: www.nibio.no/tiltak
- ⁷ NIBIOs gjødslingshåndbok: <http://www.nibio.no/gjodslingshandbok>

Dette faktaarket er ett av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver. De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

FORFATTERE:

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



Foto: Jarl-Eivind Løvik

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Skanselva og Bausbakkelva

Skanselva og Bausbakkelva har vært betydelig påvirket av både avløp, husdyrhold og arealavrenning fra jordbruket. Det foreligger få nyere undersøkelser av økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering, men den er trolig moderat i midtre og nedre deler av begge elvene. Beregninger for 2016 viser at hovedkildene til det menneskeskapede tapet av fosfor er jordbruk og avløp. Avløp er den største kilden til biotilgjengelig fosfor. Fortsatt oppgradering av spredt avløp er derfor det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten i elvene. I jordbruket har det over de siste 20 årene skjedd endringer som kan ha påvirket vannkvaliteten i elva og tilførslene til Mjøsa. Husdyrtettheten og fosforstatus i jorda har økt, noe som medfører økt risiko for fosforavrenning. Redusert fosforgjødsling generelt og bruk av fosforfri gjødsel på jord med høyt fosforinnhold er viktige tiltak for å redusere fosfortilførselen til elvene fra jordbruksarealene. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Opprettholdelse av god vannkvalitet i Mjøsa er avhengig av målrettede tiltak i de ulike vassdragene som har utløp i Mjøsa. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltene til Skanselva og Bausbakkelva.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I BAUSBAKKELVA OG SKANSELVA

Bausbakkelva (Båhusbekken) og Skanselva (Skansenelva) er to små vassdrag som renner ut helt innerst i Furnesfjorden. Begge elvene er potensielt viktige gyteelver for Mjøsørret¹. Det foreligger ingen nyere undersøkelser av biologiske kvalitetselementer fra elvene og kun enkeltmålinger av nitrogen og fosfor. I 2009 ble det gjennomført en feltbefaring, hvor øvre deler av begge elver ble vurdert som lite påvirket av næringsstofftilførsler og lokale forurensinger.² I midtre og nedre deler var de moderat påvirket av næringsstoffer. For å kunne gjøre en god vurdering av dagens økologiske tilstand med hensyn til eutrofiering bør det gjennomføres nye undersøkelser av biologiske kvalitetselementer.

Nedbørfeltene til Skanselva og Bausbakkelva er til sammen 46 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 23 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 5 %, skog, åpen fastmark og myr 63 % og samferdsel og bebyggelse 8 %. Det er noen mindre tjern i nedbørfeltene, som utgjør mindre enn 1 % av det totale arealet. Det er ca. 337 husstander med privat avløpsløsning i de to nedbørfeltene.

KILDER TIL FOSFOR

Ifølge et kilderegnskap fra 2016 i figur 1A tilføres Skanselva og Bausbakkelva på om lag 0,8 tonn totalfosfor i et gjennomsnittså. Arealavrenning fra jordbruket er den største (0,3 tonn/år) kilden til totalfosfor i nedbørfeltene til Skanselva og Bausbakkelva. Samlet tilførsel fra spredt avløp er 0,2 tonn totalfosfor. Tilførselene av biotilgjengelig fosfor er totalt på 0,3 tonn og det er avløp som bidrar med den største delen av det biotilgjengelige fosforet (figur 1B). Av de ca. 337 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet har ca. 263 (78 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstillende kravet om 90 % rensing av fosfor.

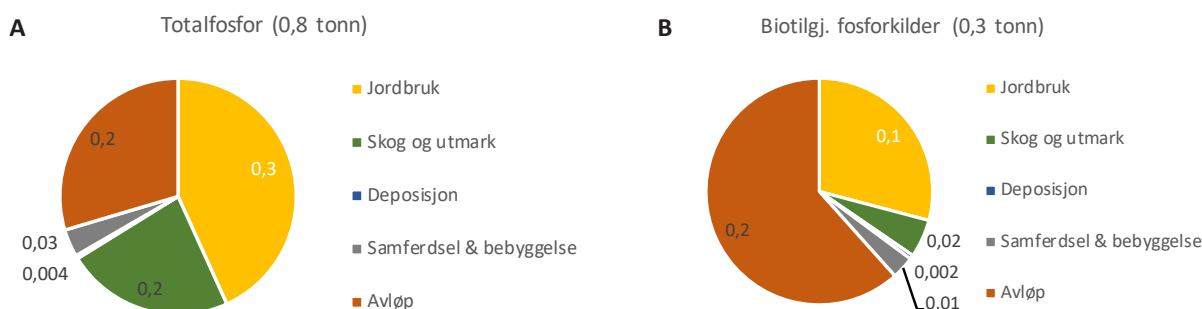
Skog og utmark utgjør et stort areal i nedbørfeltet og bidrar derfor med noe totalfosfor (0,2 tonn/år), selv om avrenningen av fosfor per arealenheter fra denne type arealer er liten. Fosfor i avrenning fra skog og utmark har lav biotilgjengelighet, og skogen bidrar derfor med lite biotilgjengelig fosfor i det totale kilderegnskapet (figur 1A).

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Over de siste 20 årene har jordbruksdriften i nedbørfeltene til Skanselva og Bausbakkelva endret seg. Det har vært en økning i antall husdyr og økt bruk av husdyrgjødsel på arealene noe som bidrar til en sterk økning i jordas fosforstatus med påfølgende risiko for økte fosfortilførsler til elvene over tid. Samtidig har det blitt mer eng i stedet for åpen åker i nedbørfeltene til de to elvene samlet, noe som kan føre til reduksjon i avrenning av partikkelbundet fosfor.

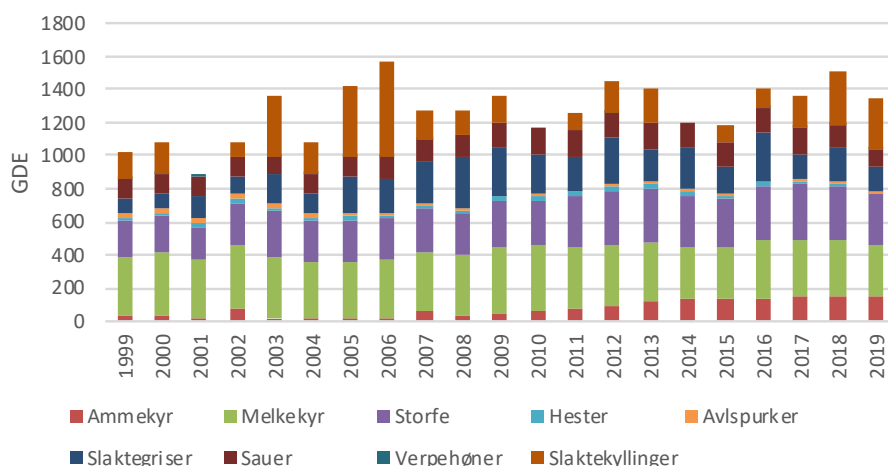
Husdyrgjødsel

Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av løst fosfat ved avrenning rett etter spredning, ved lekkasje fra gjødsellager, og som følge av høye fosfortall i jorda. Over de siste 20 årene har det vært en økning i husdyrtettheten (beregnet som gjødseldyrenheter, GDE), på om lag 400 GDE (40 %; figur 2) fra 1000 GDE til 1400 GDE i nedbørfeltene til Skanselva og Bausbakkelva samlet sett. Det er særlig antall ammekyr, storfe, slaktegriser og kyllinger som har økt. Regnet i fosformengde svarer økningen i husdyrtall til omtrent 5 tonn fosfor, det vil si at det totalt er 19 tonn fosfor tilgjengelig i husdyrgjødsel. Den totale mengde husdyrgjødsel svarer til 1,5 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig basert på antall dyr som er hjemmehørende 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.

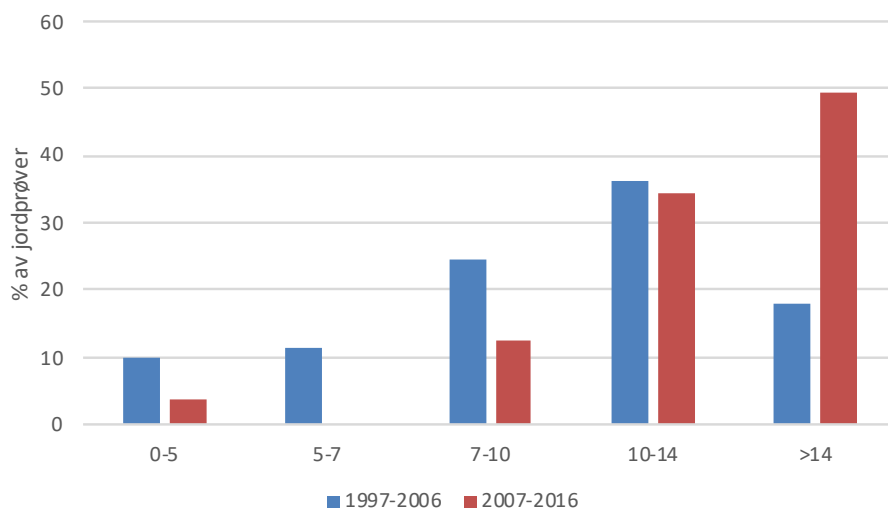


Figur 1. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (tonn) i nedbørfeltet til Skanselva og Bausbakkelva basert på tidligere beregninger for 2016⁴.

Gjødseldyrenheter per dyreslag



Figur 2. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 1999-2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Skanselva og Bausbakkelva fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 3. Fordeling av fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997-2006 og 2007-2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Skanselva og Bausbakkelva (Jorddbanken, NIBIO).

Det er ikke tilgjengelig informasjon om endringer i bruken av mineralgjødsel i nedbørfeltet til Skanselva og Bausbakkelva.

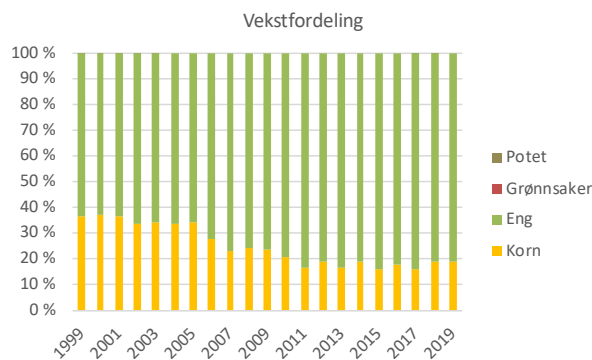
Fosforstatus i jord

Jordas fosforstatus har betydning for avrenningen av fosfor fordi partikler som eroderes inneholder mer fosfor og fordi mer fosfor vaskes ut fra jorda når innholdet øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for korn-og grasdyrking er 5-7 mg P-AL/100g. Fosfortallet øker når det tilføres mer fosfor med gjødsel, både husdyrgjødsel og mineralgjødsel, sammenlignet med det som tas ut i avling. Når fosforstatus er over 14 anbefales det å ikke gjødsle med fosfor. Fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltene til Skanselva og Bausbakkelva er i gjennomsnitt mer enn fordoblet fra P-AL 7,3 i perioden 1997-2006 til P-AL 17 i perioden 2007-2016. Fosforstatus i 50 % av jordprøvene fra perioden 2007-2016 er over P-AL 14 (figur 3). Økning i husdyr-

tall og dermed husdyrgjødselmengden kan være en del av forklaringen på at fosfortallene har økt.

Vekstfordeling

I Skanselvas og Bausbakkelvas nedbørfelter ble det i 2019 i hovedsak dyrket gras (81 %) og korn (19 %) (figur 4). De siste 20 årene har det blitt mer eng og



Figur 4. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Skanselva og Bausbakkelva for perioden 1999-2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

mindre korn på arealene, noe som bidrar til redusert erosjon og dermed redusert avrenning av fosfor. Det dyrkes lite grønnsaker og potet i området.

PROBLEMMRÅDER I JORDBRUKET

En forutsetning for effekt av vannmiljøtiltak er at tiltakene målrettes mot aktuelle kilder og risikofaktorer på hvert gårdsbruk. For jordbruksarealer betyr høy erosjonsrisiko i kombinasjon med høyt fosforinnhold i jord at det er høy risiko for fosforavrenning. Elva kan imidlertid også få betydelig tilførsler av fosfor fra arealer med lavere erosjonsrisiko dersom det i sum er mye jordbruksareal som bidrar. Transportveier i jordbrukslandskapet og avstand til elva har betydning for tilbakeholdelse av næringsstoffer og den aktuelle påvirkningen avrenning vil ha på vannkvaliteten.

Erosjon

Erosjon på jordbruksarealene i Skanselva og Bausbakksevas nedbørfelt består av flateerosjon (0,2 tonn fosfor) og erosjon i vannførende dråg (0,1 tonn fosfor). Mesteparten av jordbruksarealet i nedbørfeltene har lav risiko for flateerosjon⁵ (figur 5). Årsaken

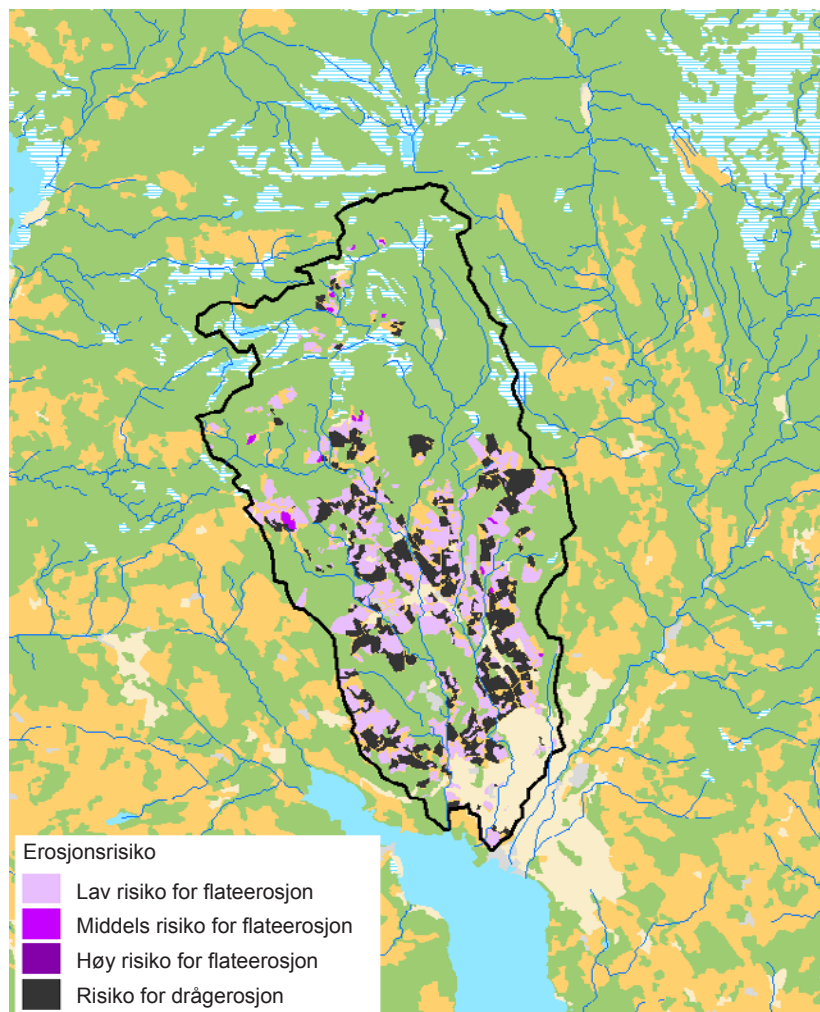
til dette er kombinasjonen av relativt tørt innlandsklima og et jordsmonn med egenskaper som beskytter mot erosjon (grusholdig, moldholdig til moldrik lettleire er mest utbredt). Det er risiko for drågerosjon på mye av jordbruksarealet i alle deler av nedbørfeltene. Grasdyrking eller overvintring i stubb på kornarealer er effektive tiltak for å redusere erosjon og avrenning av partikkelbundet fosfor. Det er mye gras i nedbørfeltet og dersom det fortsetter å være mye gras forventes det at disse områdene bidrar med lite partikkelbundet fosfor til elvene.

Husdyrtetthet

Husdyrtettheten er på drøyt 0,1 GDE per dekar, og litt høyere i nedre deler av nedbørfeltene enn i øvre del (tabell 1). Spreddearealkravet i forskrift om organisk gjødsel er til sammenligning 0,25 GDE/dekar.

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

Bekke- og elveerosjon kan forekomme i nedbørfeltene til Skanselva og Bausbakkseva, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømm-



Figur 5. Kart over nedbørfeltet til Skanselva. Erosjonsrisikokart for jordsmonnskartlagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden.nibio.no, NIBIO).

Tabell 1. Antall gjødseldyrenheter (GDE) og GDE per dekar totalt jordbruksareal i nedbørfeltene til utvalgte vannforekomster.

Delnedbørfelt	GDE	GDE per daa totalt jordbruksareal
Skanselva og Bausbakkelva nedre deler	1280	0,12
Skanselva og Bausbakkelva øvre deler	323	0,10

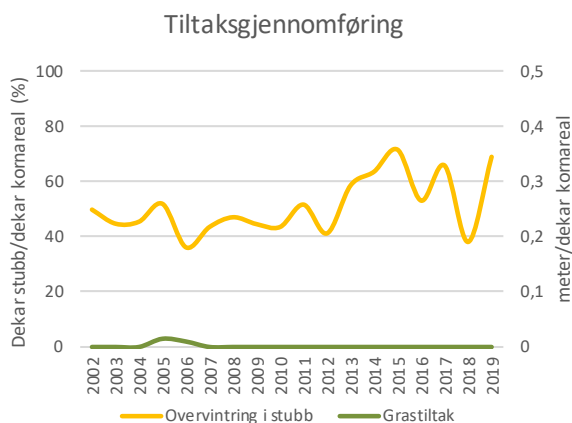
melser kan gi tilførsel av næringsstoffer til elva. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, men generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer.

TILTAKSGJENNOMFØRING I JORDBRUKET

På kornarealer i nedbørfeltene til Skanselva og Bausbakkelva blir ca. 45 % høstpløyd og 55 % overvintrer i stubb i 2016⁴. Arealet med overvintring i stubb har de siste 20 årene variert mellom ca. 40 og 70 % av kornarealet (figur 6) med høyere andel flere av de siste årene. Sammen med redusert kornareal har det bidratt til å redusere fosfortilførslene til elvene de siste årene. Grasdekt vannvei og kantsone har det omtrent ikke vært gitt tilskudd til (figur 6).

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFOR-TILFØRSLER

En stor utfordring for vannkvaliteten Skanselva og Bausbakkelva er utslipp fra spredt avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. I tillegg har det vært en økning i husdyrtettheten og det har blitt meget høye fosfortall i jordbruksjorda. Fordeling av husdyrgjødsla på arealer med den laveste fosforstatus og bruk av fosforfri gjødsel på jordbruksarealer med høy fosforstatus er sammen med ugjødsle kantsoner viktige tiltak for jordbrukets bidrag til å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførsler til Mjøsa.



Figur 6. Trender i overvintring i stubb, grasdekte vannveier og grasdekte kantsoner i nedbørfeltet til Skanselva og Bausbakkelva (Kilde: Regionale miljøprogram, RMP). Data for grasdekte kantsoner før 2009 er ikke tilgjengelige.

Spredt avløp

Det er ca. 337 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet, og herav har ca. 263 (78 %) en avløpsløsning som ikke tilfredsstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførslene til elvene med ca 200 kg fosfor/år (tabell 2).

Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg (tabell 2). Gjennomført i kombinasjon vil effekten av enkelttiltak være litt lavere enn sumeffekten av enkelttiltak^{5,6}. 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.

Redusert gjødsling. Når husdyrtallene øker blir det mer tilgjengelig husdyrgjødsel og høyere fosforstatus i jorda. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel brukes der jordas fosforstatus er høy. Det reduserer risikoen for fosforavrenning. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Skanselva og Bausbakkelvas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til 50 kg fosfor reduksjon⁴ i tap av partikkelbundet fosfor og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat. Balansert gjødsling med nitrogen tilpasset plantenes opptak av nitrogen, vil også bidra til redusert avrenning av nitrogen.

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. Om husdyrgjødsle prioriteres på arealer med lavest fosforstatus, og med god avstand til åpent vann vil det redusere risikoen for utslipp til elvene. Husdyrtettheten (0,11 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet (maks. 0,25 GDE/dekar). 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

Tabell 2. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekte³.

Tiltak i nedbørfeltet til Skanselva og Bausbakkkelva	Reduksjon i fosfortilførsler* kg fosfor/år
Opprydding i spredt avløp	200
Overvintring i stubb	10
Grasdekte vannveier	60
Grasdekte kantsoner	20
Ugjødsla kantsoner i eng	Ikke estimert
Fangdammer	Ikke estimert
Reduksjon i jordas fosforstatus (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>50

*Tiltakseffekter for jordbruksarealer er beregnet for 2016 med Agricat2-modellen³

nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i elva.

Tiltak på kornarealene. Overvintring i stubb (ingen jordarbeiding om høsten) på kornarealer, eller gras på arealer utsatt for erosjon, er viktige tiltak på kornarealene.. Med utgangspunkt i omfanget av overvintring i stubb i 2016 (55 % av kornarealet) vil overvintring i stubb på alt kornareal (100 %) gi en reduksjon i fosfortap på 10 kg³.

Tilsvarende vil etablering av grasdekte vannveier i Skanselva og Bausbakkkelvas nedbørfelter gi en reduksjon i fosfortap på 60 kg fosfor, og grasdekte kantsoner beregnet en reduksjon på 20 kg fosfor³ hvis de anlegges langs bekker og elver. Effekten av ugjødsla kantsoner i eng er ikke estimert.

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 i Mjøsa, 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 levetidene for bunndyr og fisk, som er avhengige av at substratet ikke tilslammes.

REFERANSER

- ¹ Linløkken, A. N., 2012. Høgskolen i Hedmark Oppdragsrapport nr. 8 – 2012
- ² Løvik, J.-E. 2010. NIVA-rapport 5965.
- ³ Kværnø m.fl. 2019. NIBIO-rapport 5/173
- ⁴ Kværnø m.fl. 2020. NIBIOpop 6/38
- ⁵ Veileder for miljø- og klimatiltak i landbruket: www.nibio.no/tiltak

Dette faktaarket er et av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver.

De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

FORFATTERE:

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



Foto: Jarl Eivind Løvik

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Gausa

Gausa har vært betydelig påvirket av både avløp, husdyrhold og arealavrenning fra jordbruket. Over tid har vannkvaliteten blitt bedre, og den økologiske tilstanden har vært god eller svært god med hensyn til eutrofiering i nedre deler av elva de siste årene. Lokalt i vassdraget er derimot den økologiske tilstanden fortsatt moderat. Beregninger for 2016 viser at hovedkildene til de menneskeskapte tilførselene av fosfor til elva er jordbruk og avløp. Avløp er den største kilden til biotilgjengelig fosfor. Fortsatt opprydding i spredt avløp er derfor det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten i elva. Jordbruket i Gausas nedbørfelt er dominert av grasdyrking og husdyrproduksjon. Fosforstatus i dyrket mark er høy og dette medfører risiko for avrenning av fosfor. Redusert fosforgjødsling er et viktig tiltak for å redusere fosforavrenningen fra jordbruksarealene. Konsentrasjoner av *E. coli* i elva indikerer at avløp eller husdyrgjødsel bidrar til næringsstoffavrenningen og tiltak for disse kildene bør prioriteres. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Opprettholdelse av god vannkvalitet i Mjøsa er avhengig av målrettede tiltak i de ulike vassdragene som har utløp i Mjøsa. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltet til Gausa.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I GAUSA

Gausa er den nest største av Mjøsas tilløpselver og dannes like nedstrøms Segelstad bru, der Jøra fra Vestre Gausdal møter Vesleelva fra Østre Gausdal. De høyere liggende delene av nedbørfeltet består av skogs- og myrområder, men det er betydelige jordbruksarealer nede i dalene langs de fleste grenene av vassdraget.

Den økologiske tilstanden i nedre deler av Gausa ble undersøkt for påvirkning fra eutrofiering og organisk belastning i 2017 og 2020. Resultatene viste svært god tilstand både for begroingsalger, heterotrof begroing og bunndyr i 2020 og god tilstand for begroing i 2017¹ (tabell 1). Samlet sett tyder dette på relativt liten eutrofibelastning i nedre deler av vassdraget. I Vesleelva fra Østre Gausdal ble begroingsalger undersøkt på fire stasjoner i 2015² og én stasjon i 2020. I øvre deler (ved Svingvoll og Fykse) var økologisk tilstand god, mens den var moderat i nedre del (ved Segelstad). Her er det store jordbruksområder som trolig bidrar til forhøyet næringsstoffbelastning. Det foreligger få nyere undersøkelser av eutrofiparametere i øvre og vestre deler av Gausa-vassdraget, men resultater fra 2010/2011 indikerer god tilstand mht. eutrofiering i Jøra og Augga.

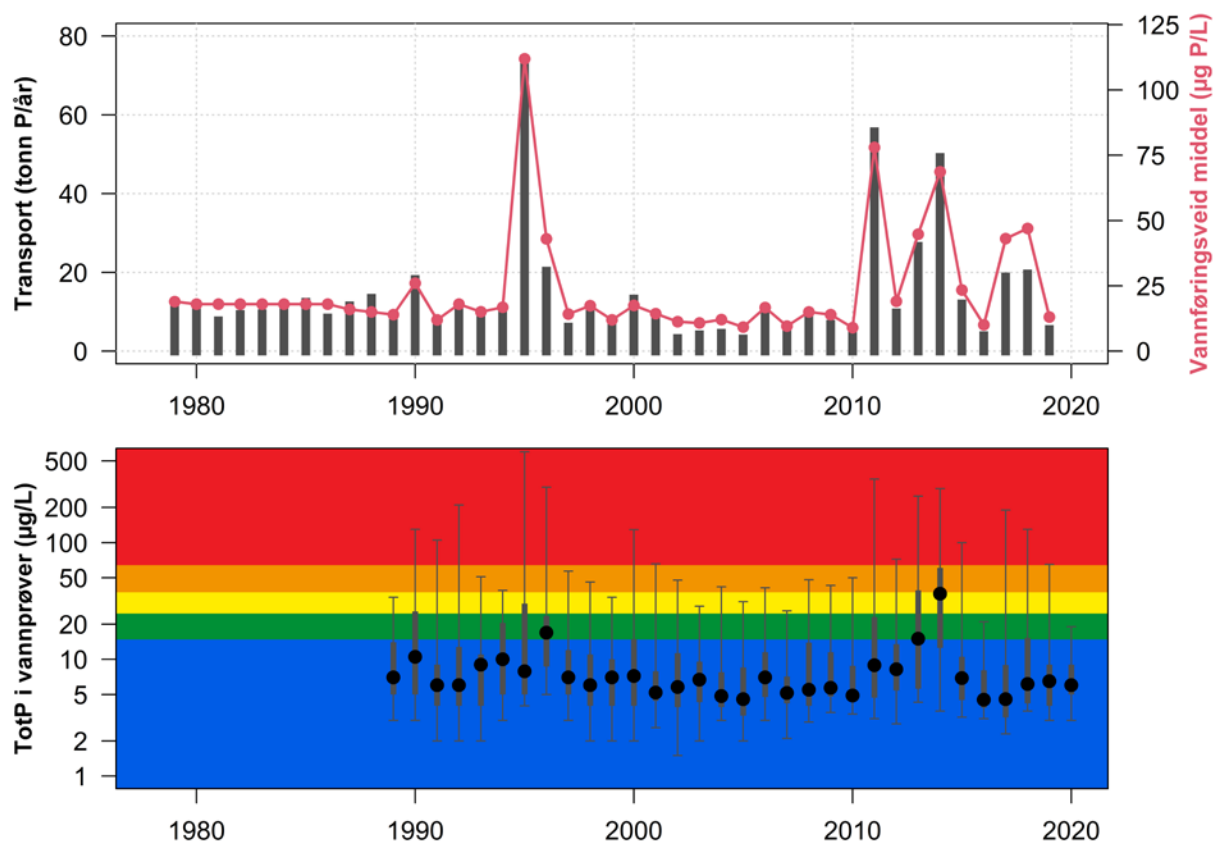
Til tross for en god del jordbruk langs vassdraget har den årlige mediankonsentrasjonen av totalfosfor i nedre del av Gausa vært innenfor svært god tilstand de fleste årene siden slutten av 80-tallet (figur 1B). Enkelte år skiller seg derimot ut med høyere konsentrasjoner – spesielt 2014 og til dels 2013 (figur 1B). Selv om de årlige mediankonsentrasjonene er relativt lave, forekommer det jevnlig enkeltmålinger med høye konsentrasjoner. I Gausa er konsentrasjonen av totalfosfor positivt korrelert med vannføring¹, noe som tyder på at arealavrenning er en viktig kilde til fosfor. Når det gjelder nitrogen har konsentrasjonen de siste årene tilsvart moderat eller dårlig økologisk tilstand (figur 2B). Fordi fosfor antas å være det begrensende næringsstoffet for biologisk vekst, benyttes ikke totalnitrogen i den samlede vurderingen av økologisk tilstand. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tydelig tegn på forurensing. Konsentrasjonene av fekale indikatorbakterier (*E. coli*) i nedre deler av Gausa har de senere år vært innenfor moderat tilstand³. Dette viser at det fortsatt forekommer noe påvirkning fra avløp eller husdyrgjødsel.

KONSENTRASJON OG TRANSPORT AV NÆRINGSSTOFFER

Gjennom overvåkingsprogrammet for Mjøsa med tilløpselver har det siden slutten av 70-tallet blitt tatt jevnlig vannprøver for analyse av totalfosfor og totalnitrogen i Gausa nær utløpet i Lågen. Både transport

Tabell 1. Vurdering av økologisk tilstand mht. eutrofiering i Gausa-vassdraget. Kun vannforekomster med relevante og nyere data (fortrinnsvis fra siste 5-10 år) er inkludert. Vannforekomstene er sortert fra nederst til øverst i nedbørfeltet. Samlet økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstalger har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Konsentrasjonen av totalnitrogen er klassifisert, men ikke tatt med i vurdering av samlet økologisk tilstand siden vannforekomstene ikke anses å være nitrogenbegrenset. SD = svært dårlig; D = dårlig; M = moderat; G = god og SG = svært god tilstand.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekstalger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Gausa Follebu bruk – Lågen	002-4723-R	G ⁺	SG ⁺	SG*	M	G	[†] Tilstand basert på gjennomsnitt av NIVAs undersøkelser i 2020 og 2017. *Total-fosfor måles 24 ganger årlig gjennom Mjøs-overvåkingen. Tilstand for N og P er basert på gjennomsnitt for tre siste år.
Gausa Jøra – Follebu bruk	002-4722-R	G	SG	-	-	G	2010/2011; Vann-nett
Vesleelva	002-2325-R	M ⁺	G ⁺	-	-	M	[†] NIVA 2020 og 2015.
Jøra inntaksdam Holsfossen – Gausa	002-4724-R	G	G	-	-	G	2010/2011; Vann-nett
Jøra Augga - inntaksdam Holsfossen	002-4725-R	G	G	-	-	G	2010/2011; Vann-nett
Augga	002-2533-R	G	G	-	-	G	2010/2011; Vann-nett



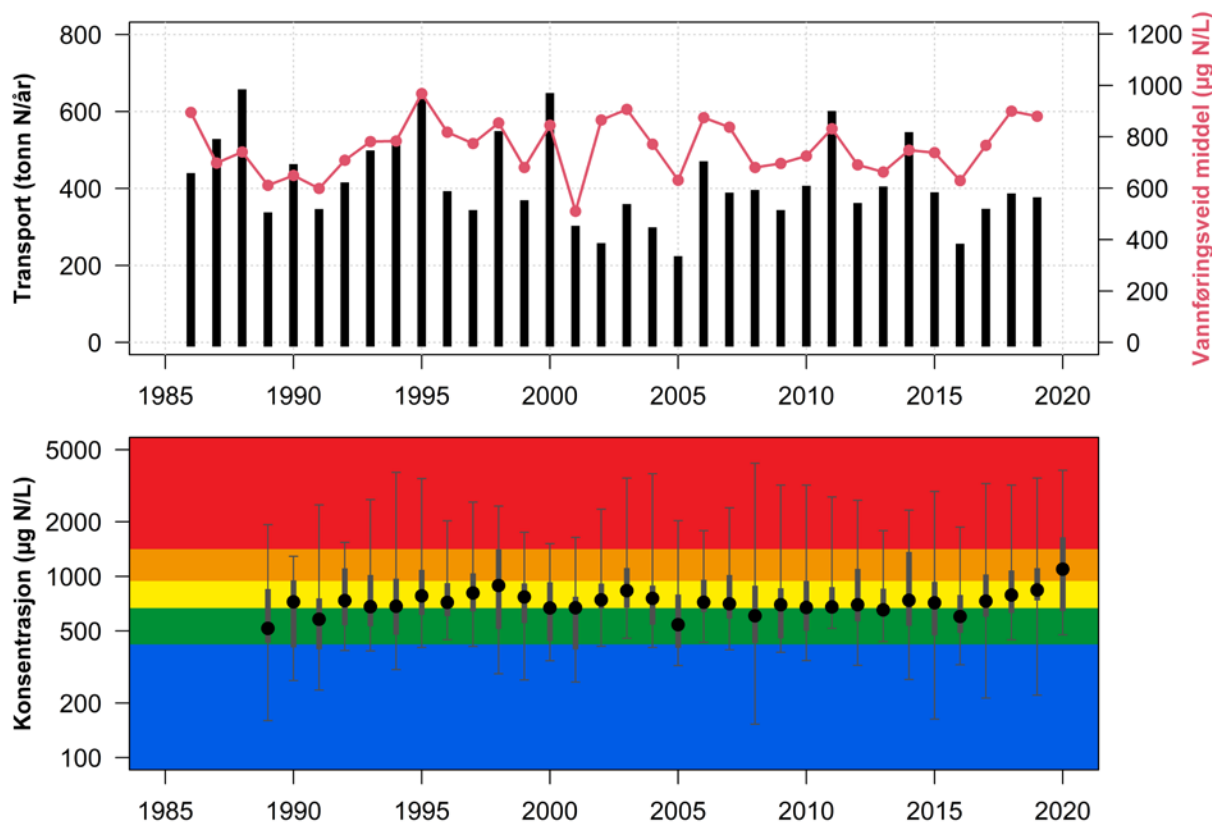
Figur 1. A Øverst: Estimert årlig transport av totalfosfor (tonn P/år) via Gausa til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalfosfor ($\mu\text{g}/\text{l}$) ved utløpet. **B Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalfosfor (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

og konsentrasjon av totalfosfor var relativt stabile frem til starten av 2000-tallet, med unntak av flomåret 1995 (figur 1A). Perioden fra 2000-2009 hadde også stabilt lave fosfortransporter (i gjennomsnitt 6,5 tonn per år). Det siste tiåret har fosfortransporten variert vesentlig mer fra år til år. I perioden 2010-2019 var gjennomsnittlig årlig fosfortransport 20,6 tonn – en betydelig økning fra tiåret før. Dette skyldes i hovedsak den høye transporten i flom-årene 2011, 2013 og 2014. I perioden 2010-2019 sto Gausa i snitt for 12 % av den totale fosfortransporten fra de seks største tilløpselvene (median for 2010-2019). De tre foregående tiårene har denne andelen ligget mellom 7 og 10 %.

For totalnitrogen er det ingen entydig trend i verken transport eller konsentrasjon gjennom perioden (figur 2A og 2B). Gjennomsnittlig årlig nitrogentransport var allikevel noe høyere på 80- og 90-tallet (hhv. 480 og 440 tonn per år) enn på 2000-tallet (358 tonn per år) og perioden 2010-2019 (397 tonn per år). Data fra de siste fem årene indikerer muligens en økende trend for nitrogenkonsentrasjon (figur 2B). Om vi summerer

nitrogen tilførselen fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa bidrar Gausa med omkring 10 % av totalen (median for perioden 2010-2019). Sannsynligvis bidrar ikke nitrogenet til eutrofiering av Mjøsa, ettersom vekst av planteplanktonet i Mjøsa antas å være begrenset av fosfor. Høye nitrogenkonsentrasjoner er allikevel et tydelig tegn på forurensing, og det er ønskelig å redusere nitrogen tilførselene, ettersom nitrogen fra Mjøsa til slutt ender opp i Oslofjorden via Glomma. I kyst- og havområdene kan nitrogen potensielt få større negative effekter enn i Mjøsa. Det kan heller ikke utelukkes at nitrogen påvirker økologien i elvene og i Mjøsa med mulige effekter på f.eks. artssammensetning.

Gausas nedbørfelt er 941 km². Fulldyrka jordbruksareal utgjør 6 % av totalarealet, beite og overflatedyrka areal 2 %, skog, åpen fastmark og myr 87 %, vannflater 3 % og samferdsel og bebyggelse 1 %. Det er ca. 1475 husstander med privat avløpsløsning i nedbørfeltet.



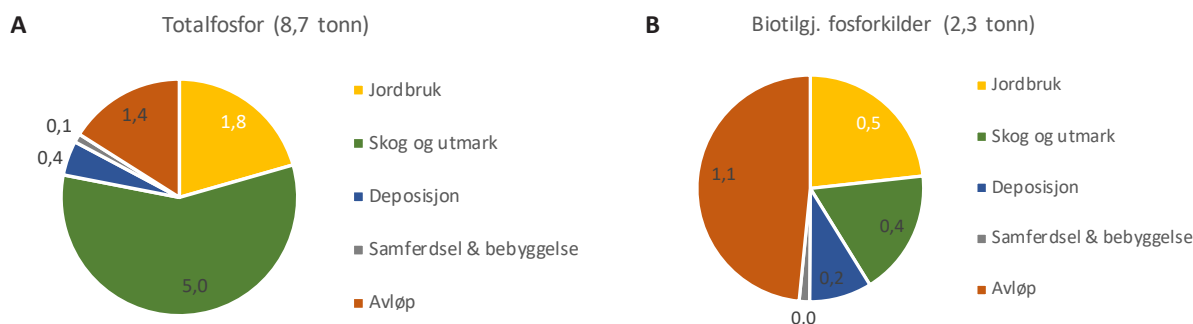
Figur 2. A Øverst: Estimert årlig transport av totalnitrogen (tonn N/år) via Gausa til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalnitrogen ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **B Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalnitrogen (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1989-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

KILDER TIL FOSFOR

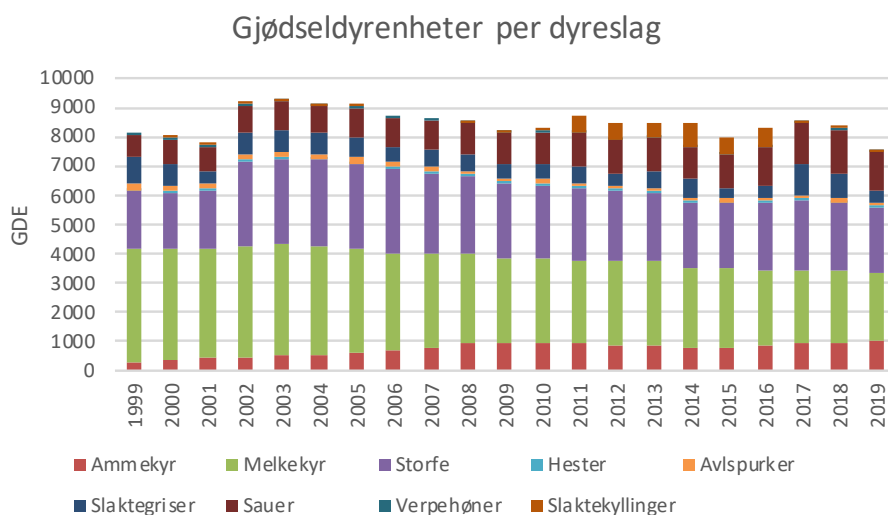
Ifølge et kilderegnskap fra 2016 (figur 3A) tilføres Gausa på om lag 8,7 tonn totalfosfor i et gjennomsnittsår. Arealavrenning fra jordbruket er den største (1,8 tonn/år) av de menneskede kildene til totalfosfor i elva. Samlet tilførsel for spredt avløp er også en viktig kilde med 1,4 tonn totalfosfor. Tilførslene av biotilgjengelig fosfor er totalt på 2,3 tonn og det er avløp som bidrar med den største delen av det biotilgjengelige fosfor (figur 3B). Av de ca. 1475 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet har ca. 1291 (88 %) i 2020 en avløpsløsning som ikke tilfreds-

stiller kravet om 90 % rensing av fosfor. De høye tallene for *E. coli* som påvises i elva kan delvis tilskrives avløp.

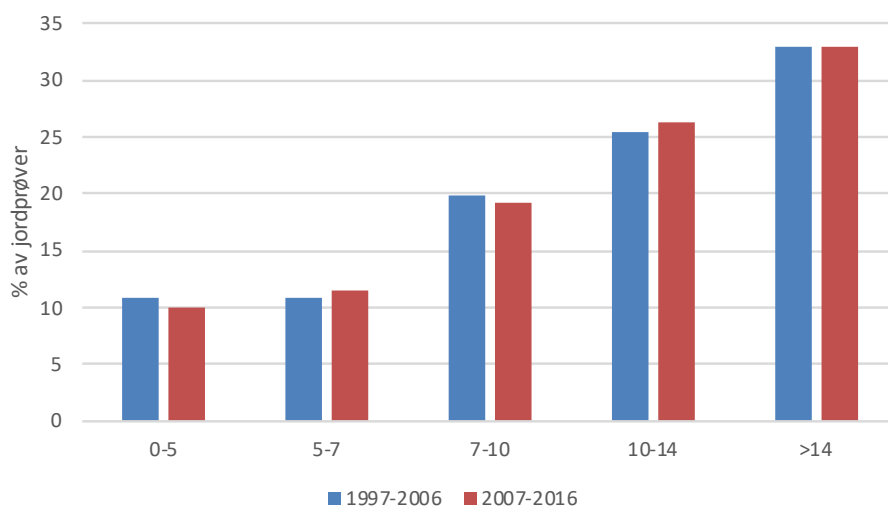
Skog og utmark utgjør det meste av arealet i nedbørfeltet og bidrar derfor med mye totalfosfor (5,0 tonn/år), selv om avrenningen av fosfor per arealenhet er liten. Fosfor i avrenning fra skog og utmark har lav biotilgjengelighet, og skogen bidrar derfor med forholdsvis lite biotilgjengelig fosfor i det totale kilderegnskapet (figur 3A).



Figur 3. Kildefordeling av totalfosfor (A) og biotilgjengelig fosfor (B) (tonn) i nedbørfeltet til Gausa basert på tidligere beregninger³.



Figur 4. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 1999-2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Gausa fordelt på dyreslag (Kilde: Statistisk sentralbyrå).



Figur 5. Fordeling av fosforstatus (mg P-AL/100g) i dyrka mark i to perioder (1997-2006 og 2007-2016) basert på jordprøver fra gårdsbruk i nedbørfeltet til Gausa (Jord-databanken, NIBIO).

TRENDER I JORDBRUKSDRIFT

Jordbruket i Gausas nedbørfelt er dominert av grasdyrking og husdyrproduksjon. Fosforstatus i dyrka mark er høy. Over de siste 20 årene har det vært noe variasjon i husdyrtetthet, men ingen entydig endring.

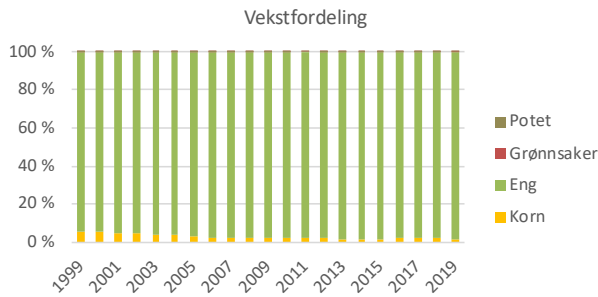
Husdyrgjødsel

Samlet husdyrtall (beregnet som gjødseldyrenheter, GDE) i nedbørfeltet til Gausa har ikke vist noen entydig endring i perioden fra 1999 til 2019 (figur 4). I 2002 var det en kraftig økning i antall storfe, som avtok frem mot 2014. Regnet i fosformengde svarer antall GDE i 2019 til 106 tonn fosfor tilgjengelig i husdyrgjødsel og den totale mengde husdyrgjødsel svarer til 1,3 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig, beregnet ut fra antall dyr som er hjemmehørende på eiendommene i nedbørfeltet. Til sammenligning tilsvarer kravet om spredeareal i forskrift om organisk gjødsel en tillatt spredning av 3,5 kg fosfor/dekar. Avrenning av husdyrgjødsel kan også ha bidratt til *E.coli* i elva.

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

Fosforstatus i jord

Fosfortallet i jorda har betydning for avrenningen av fosfor fordi partikler som eroderes inneholder mer fosfor og fordi mer løst fosfat vaskes ut fra jorda når innholdet øker. Biotilgjengeligheten av fosfor i avrenningen øker med økende fosforstatus. Anbefalt fosforstatus for grasdyrking er 5-7 mg P-AL/100 g. Ved fosfortall over 14 mg P-AL/100 g anbefales det å ikke gjødsle med fosfor. Fosforstatus i dyrket mark i nedbørfeltet er i gjennomsnitt høy, om lag 13,5 mg P-AL/100 g ifølge jordprøveresultatene (figur 5). For en tredjedel av jordprøvene fra perioden 2007-2016 fra jordbruksarealer i Gausas nedbørfelt er fosfortallet over 14 mg P-AL/100 g. Gjennomsnittlig fosfortall har økt med 4 % de siste 20 årene. Husdyrtettheten og dermed husdyrgjødselmengden over tid har betydning for hvor mye fosfor som er lagret i jorda.



Figur 6. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Gausa for perioden 1999-2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

Vekstfordeling

I Gausas nedbørfelt dyrkes det i hovedsak gras (figur 6). De siste 20 årene har kornarealet blitt redusert fra 5 til 2 %, noe som kan bidra til redusert erosjon, og dermed redusert avrenning av fosfor men arealet er lite og betydningen tilsvarende lav. Det er ubetydelige arealer med grønnsaker og potet i nedbørfeltet til Gausa.

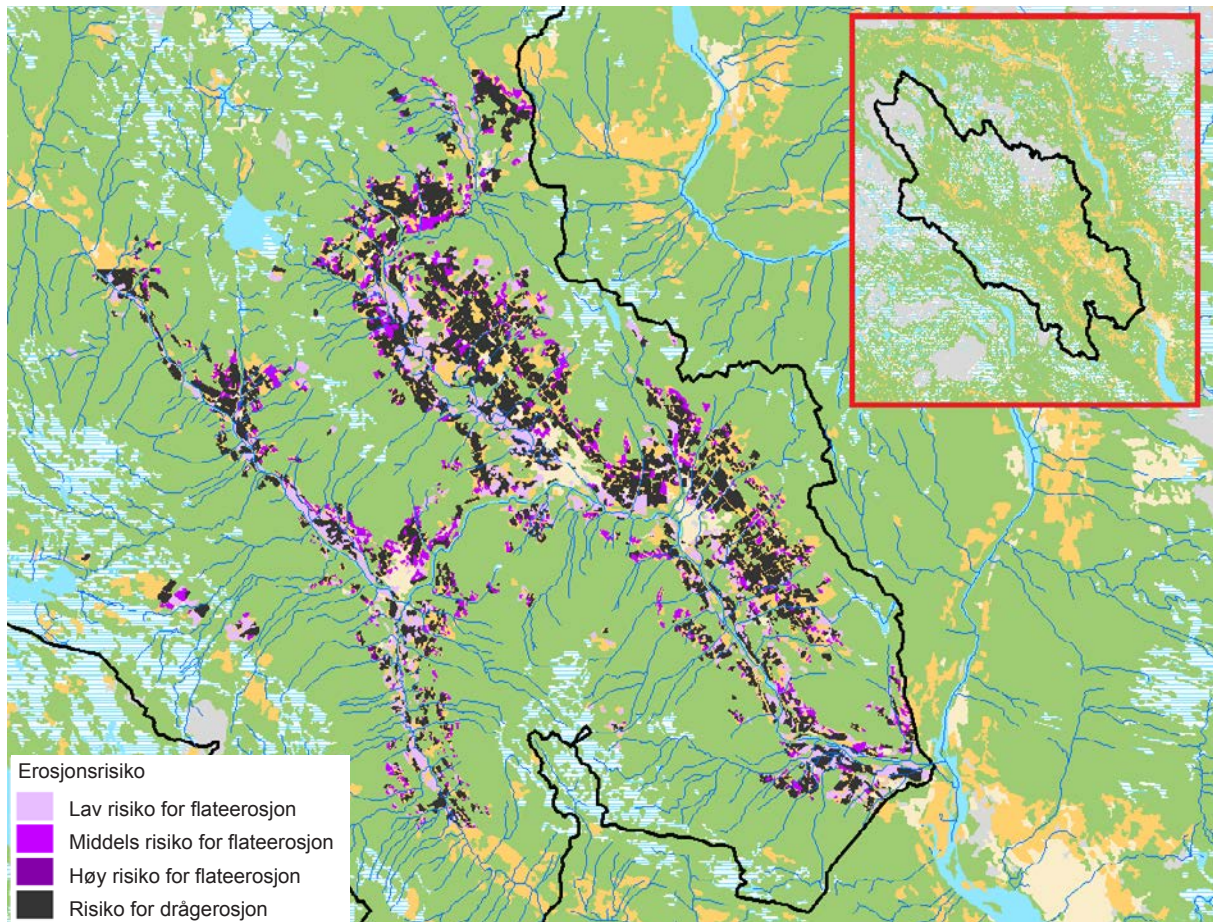
PROBLEMRÅDER I JORDBRUKET

En forutsetning for effekt av vannmiljøtiltak er at tiltakene målrettes mot aktuelle kilder og risikofakto-

rer på hvert gårdsbruk. For jordbruksarealer betyr høy erosjonsrisiko i kombinasjon med høye fosfortall i jorda at det er særlig høy risiko for fosforavrenning. Elva kan imidlertid også få betydelig tilførsel av fosfor fra arealer med lavere erosjonsrisiko dersom det i sum er mye jordbruksareal som bidrar.

Erosjon

Fosfortap som følge av erosjon fra jordbruksarealene i Gausas nedbørfelt skjer ved flateerosjon (1,1 tonn fosfor) og erosjon i vannførende dråg (0,4 tonn fosfor). Deler av jordbruksarealet er jordsmonnscartlagt, og har derfor også tall for erosjonsrisiko (figur 7). Jordsmonnet preges av sand og silt, med varierende motstandskraft mot erosjon. På de flattere elveslettene er det lav risiko for flateerosjon⁴, mens det i de brattere skråningene er middels til høy risiko for flateerosjon. Store deler av arealet har også risiko for drågerosjon, både i bratt og mindre bratt terreng. Det er imidlertid gras på mesteparten (ca. 95 %) av jordbruksarealet og gras beskytter godt mot erosjon. Erosjon på jordbruksareal bidrar dermed per areal-enhet lite med partikkelbundet fosfor til Mjøsa.



Figur 7. Kart over nedbørfeltet til Gausa. Erosjonsrisikokart for jordsmonnscartlagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden: nibio.no, NIBIO).

Tabell 2. Antall gjødseldyrenheter (GDE) og GDE per dekar totalt jordbruksareal i nedbørfeltene til utvalgte vannforekomster.

Delnedbørfelt	GDE	GDE per daa totalt jordbruksareal
Augga	678	0,08
Bennsjøen-Benna-Dørja	335	0,13
Gausa	2291	0,09
Jøra bekkefelt Svatum	669	0,07
Jøra fra Brenna til samløp Augga	1303	0,11
Ongsjøen-Ongsjoa-Fagerlivatnet-Børka-Espedalselva-Gryta	182	0,04
Sjøsætervatnet, Raudsjøen	192	0,04
Vesleelva	2569	0,11

Husdyrtetthet

Der det spres mye husdyrgjødsel kan det være ekstra risiko for avrenning av løst fosfat ved avrenning rett etter spredning, ved lekkasje fra gjødsellager, og som følge av høye fosfortall i jorda. Husdyrtettheten er høyest i vannforekomstene Bennsjøen-Benna-Dørja, Jøra fra Brenna til samløp Augga og Vesleelva (tabell 2). Spreddearealkravet er til sammenligning maksimalt 0,25 GDE/dekar.

ANDRE KILDER TIL NÆRINGSSTOFFER

Bekke- og elveerosjon kan forekomme i nedbørfeltet til Gausa, men omfanget er ikke kjent. Andre arealer kan i flomsituasjoner bli oversvømt. Både erosjon i skrenter mot elva og oversvømmelser kan gi tilførsel av næringsstoffer til elva. I skogsdriften er det ikke kjennskap til hendelser som kan ha ført til redusert vannkvalitet, men generelt vil hogst føre til økte konsentrasjoner av nitrogen på grunn av mineralisering av organisk stoff og manglende vegetasjon til å ta opp næringsstoffer.

AKTUELLE TILTAK OG EFFEKTER PÅ FOSFORTILFØRSLER

En stor utfordring for vannkvaliteten i Gausavassdraget er utslipp fra spredt avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. I tillegg er det mye fosfor i jordbruksjorda og redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus er et viktig tiltak for å bedre vannkvaliteten i elva, og redusere tilførsler til Mjøsa.

Spredt avløp

Det er ca. 1475 husstander med spredt avløp i nedbørfeltet og herav har ca. 1291 (88 %) i 2020 en avløpsløsning som ikke tilfredsstillende kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing av fosfor. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførslene til Gausa med ca 1,2 tonn fosfor/år. Reduserte utslipp fra spredt avløp vil dessuten bidra til å redusere tap av nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i elva.

Jordbruksarealer

Tiltakseffekten for jordbruksarealer er beregnet i forhold til jordbruksdriften i 2016 og viser effekten av tiltakene gjennomført hver for seg^{4,5} (tabell 3).

Tabell 3. Tiltak for reduserte fosfortilførsler og estimerte effekter³.

Tiltak i nedbørfeltet til Gausa	Reduksjon i fosfortilførsler* kg fosfor/år
Opprydding i spredt avløp	1200
Reduksjon i jordas fosfortall (effekt på løst fosfat ikke estimert)	>250
Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel	Ikke estimert
Reduksjon i jordbrukets punktkilder	Ikke estimert

*Tiltakseffekter for jordbruksarealer er beregnet for 2016 med Agricat2-modellen³

Redusert gjødsling. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel brukes der jordas fosforstatus er høy. Det reduserer risikoen for fosforavrenning. Effekten av å redusere jordas fosforstatus på alt areal i Gausas nedbørfelt til middels nivå (P-AL 7) eller lavere er beregnet til 250 kg fosfor reduksjon⁴ i tap av partikkelbundet fosfor og vil i tillegg gi reduksjon i tap av løst fosfat. 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). Om husdyrgjødsel prioriteres på arealene med lavest fosforstatus, og 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 i Mjøsa, 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

¹ Lyche Solheim m.fl. 2018. NIVA-rapport 7273.

² Kile, M.R. 2016. NIVA notat 0381

³ Kværnø m.fl. 2019. NIBIO-rapport 5/173

⁴ Kværnø m.fl. 2020. NIBIOpop 6/38

⁵ Veileder for miljø- og klimatiltak i landbruket: www.nibio.no/tiltak

Dette faktaarket er et av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver. De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

FORFATTERE:

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



Figur 1. Samløpet mellom Lågen og den brepåvirkede Ottaelva. Foto: Jan-Erik Thrane.

Eutrofiering av Mjøsa – kartlegging av årsaksforhold og kilder til fosfor i delnedbørfelt:

Gudbrandsdalslågen

Gudbrandsdalslågen er Mjøsas største tilløpselv og er avgjørende både for vannkvaliteten og den økologiske dynamikken i Mjøsa. Vannkvaliteten i Lågen er bedret sammenliknet med 1970- og 80-tallet, og til tross for mye jordbruk og bebyggelse i hele Gudbrandsdalen er den økologiske tilstanden god eller svært god med hensyn til eutrofiering langs mesteparten av elva. Det er imidlertid indikasjoner på at både transport og konsentrasjon av fosfor og nitrogen har økt det siste tiåret, bl.a. som følge av hyppigere flommer. De menneskeskapte tilførselene av fosfor til Gudbrandsdalslågen kommer fra jordbruket i tillegg til avløp. Jordbruket i nedbørfeltet til Lågen er dominert av grasdyrking og husdyrproduksjon. Over de siste 20 årene har det vært en liten nedgang i antall melkekyr, men for øvrig har husdyrtettheten vært ganske stabil. Bruk av fosforfri mineralgjødsel i tillegg til husdyrgjødsel er et viktig tiltak for å redusere fosforavrenningen, særlig der jordas fosforstatus er høy. Konsentrasjoner av *E. coli* i elva indikerer at avløp eller husdyrgjødsel bidrar til næringsstoffavrenningen og tiltak for disse kildene bør prioriteres. Miljøovervåkingen av Mjøsa, samt algeoppblomstringen i 2019, indikerer at innsjøen ikke tåler særlig større næringsstoffbelastning. Opprettholdelse av god vannkvalitet i Mjøsa er avhengig av målrettede tiltak i de ulike vassdragene som har utløp i Mjøsa. Dette faktaarket omhandler årsaksforhold, kilder og tiltak for redusert fosforavrenning fra nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen.

VANNKVALITET OG ØKOLOGISK TILSTAND I GUDBRANDSDALSLÅGEN

Lågen starter nærmest som en stor bekk ved utløpet fra Lesjaskogsvatnet, før den tilter i størrelse etter samløpet med Lora. Derfra renner elva rolig gjennom store jordbruksarealer ved Lesjaleirene. Like oppstrøms Dombås kommer sideelva Jori inn fra nordvest. Vassdraget kommer fra de sørlige og sentrale delene av Dovre, er vernet og relativt upåvirket av menneskelig aktivitet. Lågen mottar vann fra en rekke mindre vassdrag før den møter Ottaelva ved Otta. Etter samløpet med Ottaelva omtrent dobles vannføringen. Ottaelva drenerer store høyfjellsområder og er påvirket av avsmelting fra isbreer. Brepåvirkningen gir vannet et karakteristisk grønnskjær (figur 1). På grunn av det store og høytliggende nedbørfeltet er Ottaelva preget av store vårflokker, som kommer ganske sent (juni-august). Noen kilometer nedstrøms Otta kommer Sjoa inn, som også er brepåvirket og har sitt utspring fra Gjende i Jotunheimen. På sin vei mot Mjøsa mottar Lågen vann fra flere vassdrag, blant annet Vinstra, Frya og Tromsa, før elva flater ut i innsjøen Losna. Mellom Losna og samløpet med Gausa kommer det inn flere mindre vassdrag, blant annet Moksa, Musa, Mosåa og Sagåa, men disse bidrar ikke vesentlig til Lågens vannføring.

Økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering er gjennomgående god eller svært god i Lågen (tabell 1).

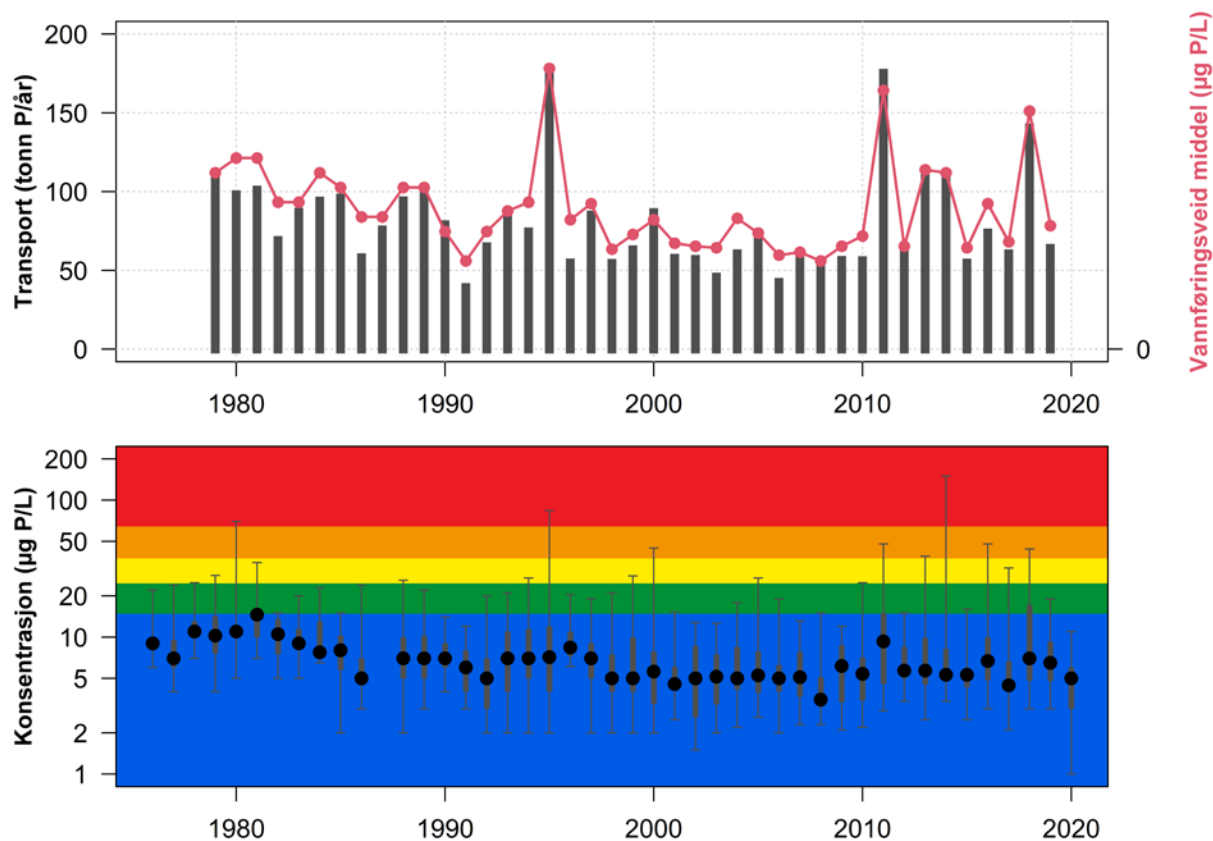
Tabell 1. Økologisk tilstand mht. eutrofiering i Lågen. Kun vannforekomster med relevante og nyere data (fortrinnsvis fra siste 5-10 år) er inkludert. Vannforekomstene er sortert fra nederst til øverst i nedbørfeltet. Samlet økologisk tilstand med hensyn til eutrofiering bestemmes av det biologiske kvalitetselementet med dårligst tilstand. For påvekstaler har vi benyttet eutrofieringsindeksen PIT og for bunndyr ASPT-indeksen for organisk belastning. Konsentrasjonen av totalnitrogen er klassifisert, men ikke tatt med i vurdering av samlet økologisk tilstand siden vannforekomstene ikke anses å være nitrogenbegrenset. SD = svært dårlig; D = dårlig; M = moderat; G = god og SG = svært god tilstand.

Vannforekomst	Vannforekomst ID	Påvekst- alger	Bunndyr	Totalfosfor	Totalnitrogen	Samlet økologisk tilstand	Kommentar & kilde til data
Lågen Hølshauget til Lågendeltaet	002-1096-R	SG	G	SG*	SG*	G	NIVA 2018. *Totalfosfor og totalnitrogen måles 24 ganger årlig gjennom Mjøs-overvåkingen.
Lågen Hunderfossen Hølshauget	002-403-R	SG ⁺	G ⁺	SG*	SG*	G	†NIVA 2018. *Vann-nett
Lågen nedstrøms Losna ned til Aurvika	002-1208-R	SG ⁺	G ⁺	SG	SG	G	†NIVA 2018. *Vann-nett
Lågen Ringebu – Losna	002-3513-R	SG	G	SG	SG	G	Vann-nett
Lågen fra Selsverket til Samløp Otta	002-492-R	G	G	SG	SG	G	Vann-nett
Lågen, Dovre søndre del	002-2052-R	G	-	SG	SG	G	Vann-nett
Lågen mellom Hovdan og Jori	002-1792-R	SG	G	SG	SG	G	Vann-nett

Senest i 2018 undersøkte NIVA tre stasjoner mellom Losna og Mjøsa, og alle viste svært god tilstand med hensyn til eutrofiering og god tilstand med hensyn til organisk belastning.¹ Det foreligger spredte undersøkelser av bunndyr og begroingsalger fra flere av vannforekomstene lenger opp i Lågen, og alle viser god eller svært god tilstand (tabell 1).

Konsentrasjonen av totalfosfor i nedre del av Lågen har de siste 10 årene stort sett ligget mellom 5 og 7 µg/l, noe som er innenfor svært god tilstand i henhold til vannforskriften (figur 1B). Det er gjennomgående lave fosforkonsentrasjoner oppover i hele vassdraget, inkludert de større sidevassdragene som Ottaelva og Jori. Disse elvene, sammen med Stor-Ula i Sel, ble overvåket i Miljødirektoratets program «Overvåking i Referanseelver» i 2018 og 2020. Alle var i svært god tilstand med hensyn til eutrofiering.

Selv om fosforkonsentrasjonene i Lågen i gjennomsnitt er lave, forekommer det jevnlig høyere verdier og da spesielt under flom og etter kraftig nedbør. Arealavrenning fra jordbruksområdene og erosjon kan medføre forhøyete tilførsler av næringsstoffer til Lågen og Mjøsa. Nivåene av fekale indikatorbakterier *E.coli* i Lågen er som regel lave, men det forekommer innimellom enkeltmålinger med høyere konsentrasjoner. Dette indikerer at avløp og husdyrgjødsel bidrar til avrenning av næringsstoffer.



Figur 2. A. Øverst: Estimert årlig transport av totalfosfor (tonn P/år) via Lågen til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalfosfor ($\mu\text{g}/\text{l}$) ved utløpet. **B. Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalfosfor (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1976-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

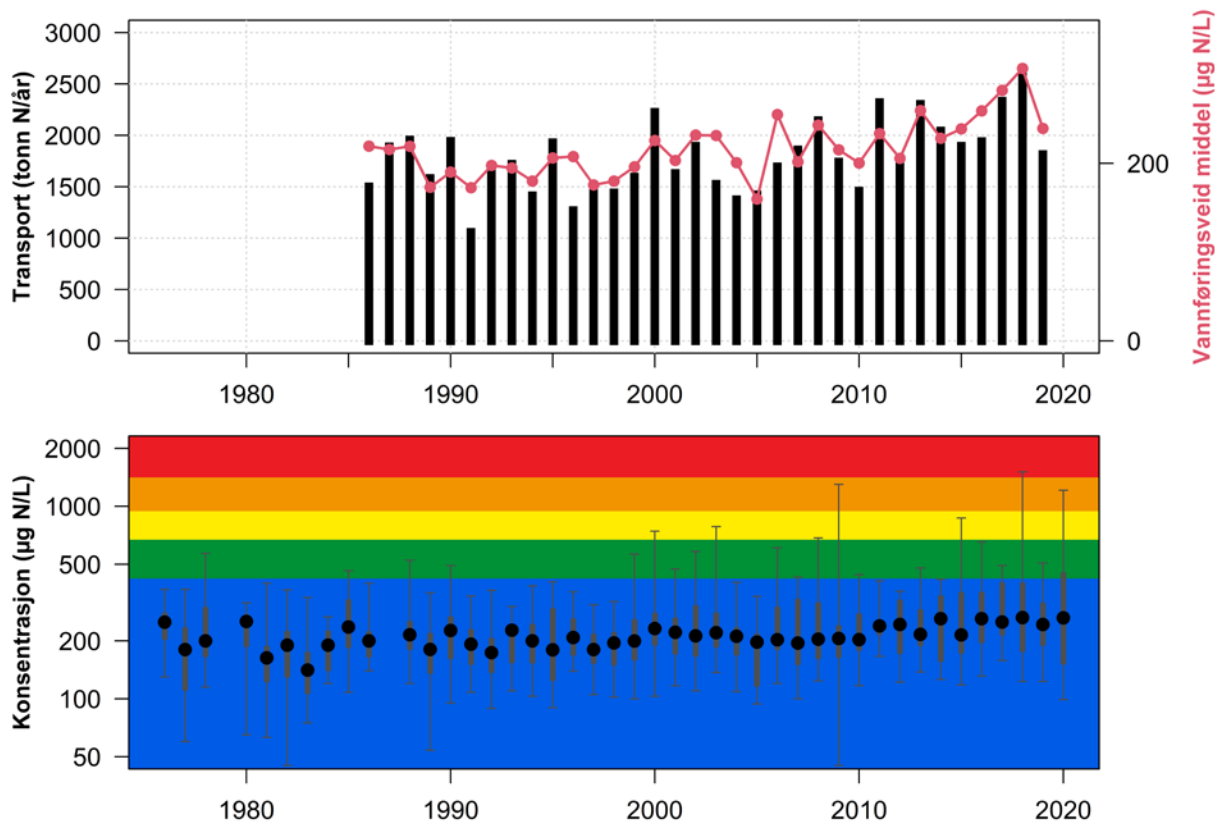
Effekter av punktkilder og mindre lokale påvirkninger kan være vanskelige å fange opp i Lågen, siden fortyningen blir høy. Men den store vannføringen gjør også at en liten endring i konsentrasjon vil bidra til mange ekstra tonn fosfor til Mjøsa i løpet av et år. For eksempel vil en økning i middelkonsentrasjon fra 5 til 6 $\mu\text{g}/\text{l}$ totalfosfor bidra med ca. 8 tonn ekstra totalfosfor til Mjøsa, om vi antar en middelvannføring på 255 m^3/s . Allikevel er det er under flom at de største fosformengdene tilføres Mjøsa. Mye av fosforet er da bundet til partikler og er sannsynligvis lite biotilgjengelig. Når det gjelder totalnitrogen er konsentrasjonene i Lågen innenfor svært god tilstand, men det er indikasjoner på at konsentrasjonene har økt de siste 10-15 årene (figur 2).

KONSENTRASJON OG TRANSPORT AV NÆRINGSSTOFFER

Gjennom overvåkingsprogrammet for Mjøsa med tilløpselver har det siden slutten av 70-tallet blitt tatt jevnlig vannprøver for analyse av totalfosfor og totalnitrogen i Lågen, like oppstrøms samløpet med Gausa. Både transport og konsentrasjon av totalfosfor ble signifikant redusert fra slutten av 70-tallet og frem

mot ca. år 2007 ($p < 0,05$; figur 1A og 1B). Det siste tiåret har vi sett en tendens til økt transport og konsentrasjon, mye på grunn av høye verdier i flomårene 2011, 2013 og 2014. I 2018 var transporten også relativt høy. Gjennomsnittlig estimert fosfortransport per år for perioden 2010-2019 var 90 tonn, mot hhv. 59, 78 og 87 tonn i periodene 2000-2009, 1990-1999 og 1980-1989. Lågen står i snitt for ca. 61 % av den totale fosfortransporten fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa (median for 2010-2019).

Når det gjelder totalnitrogen har vi kun transportberegninger fra 1986 og fremover. Det er ingen entydig trend i verken transport eller konsentrasjon frem til ca. 2005 (figur 2). Etter dette er det en tendens til økende nitrogentransport, selv om denne ikke er signifikant. Trenden i konsentrasjon er derimot signifikant økende ($p = 0,0001$), og gjennomsnittlig nitrogentransport per år var høyere det siste tiåret (1991 tonn) enn perioden 2000-2009 (1717 tonn). Om vi summerer nitrogentilførselen fra de seks største tilløpselvene til Mjøsa bidrar Lågen med omkring 54 % av totalen (median for perioden 2010-2019), noe som



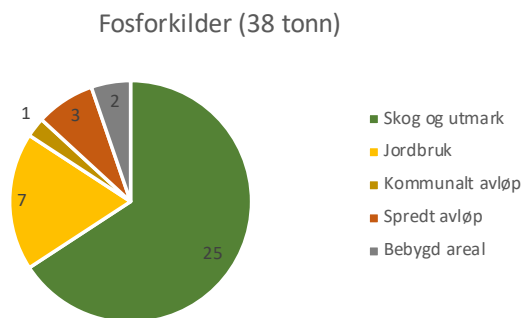
Figur 3. A. Øverst: Estimert årlig transport av totalnitrogen (tonn N/år) via Lågen til Mjøsa. Rød linje viser volumveid middelkonsentrasjon av totalnitrogen ($\mu\text{g/l}$) ved utløpet. **B. Nederst:** Punktene viser årlig mediankonsentrasjon av totalnitrogen (basert på 24 vannprøver per år) for perioden 1976-2020. Vertikale streker viser variasjonsbredden i målingene. Økologisk tilstandsklasse iht. Klassifiseringsveilederen (2018) er vist med farger: Blå = svært god, grønn = god; gul = moderat; oransje = dårlig; rød = svært dårlig.

skyldes den store vannføringen. Sannsynligvis bidrar ikke nitrogenet til eutrofiering av Mjøsa, ettersom vekst av planteplanktonet antas å være begrenset av fosfor. Det allikevel ønskelig å redusere tilførslene, ettersom nitrogenet fra Mjøsa til slutt ender opp i Oslofjorden via Glomma. I kyst- og havområdene kan nitrogenet potensielt få større negative effekter enn i Mjøsa. Det kan heller ikke utelukkes at nitrogenet påvirker økologien elvene og i Mjøsa, med mulige effekter på f.eks. artssammensetning.

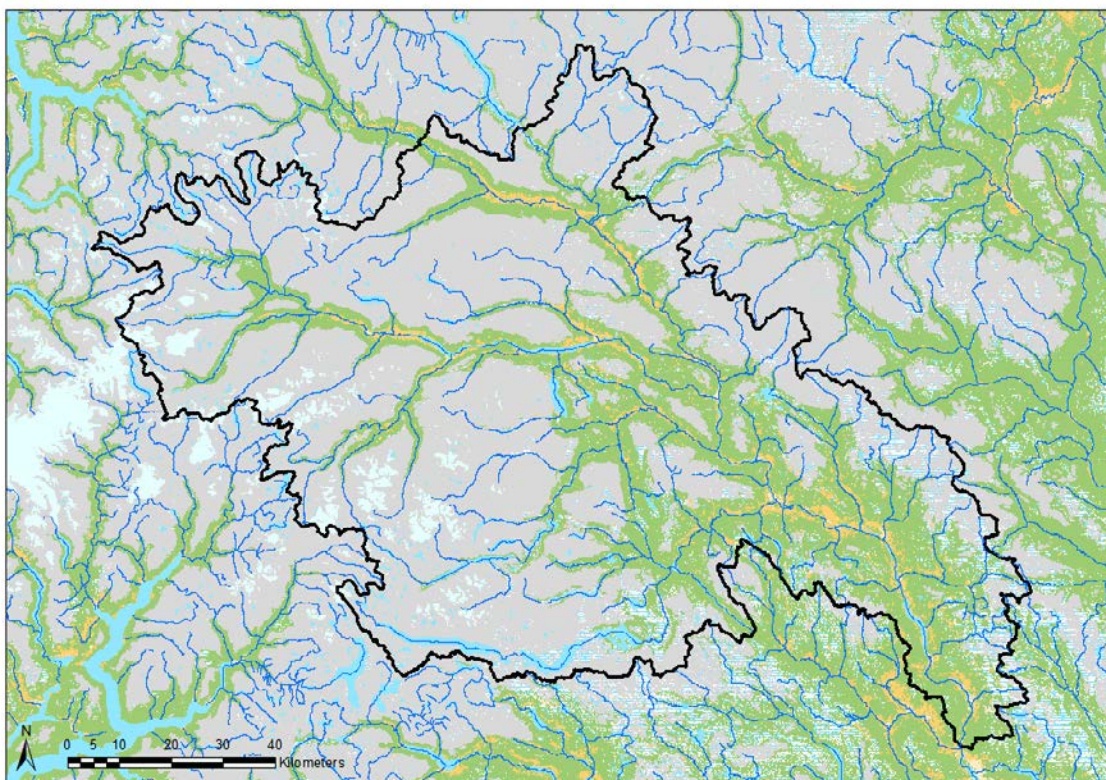
KILDER TIL FOSFOR

Ifølge tiltaksanalyse fra 2014 er jordbruk og avløp de viktigste kildene til menneskeskapte tilførsler av fosfor til Gudbrandsdalslågen² (figur 4). Arealavrenning fra jordbruket utgjør om lag 7 tonn/år og er dermed den største kilden til det menneskeskapte totalfosforet i elva. Samlet tilførsel fra spredt og kommunalt avløp er om lag 4 tonn totalfosfor. Tilførslene av biotilgjengelig fosfor kan estimeres til 3,2 tonn fra avløp og om lag 5,6 tonn fra jordbruksarealer².

Med et nedbørfeltareal på 11 561 km² (oppstrøms samløpet med Gausa) og middelvannføring på 255 m³/s ved utløpet i Mjøsa, er Gudbrandsdalslågen den klart største av Mjøsas tilløpselver. Nedbørfeltet består i hovedsak av skog (26 %) og relativt upåvirkede fjellområder (55 %). Nesten 70 % av nedbørfeltet ligger høyere enn 1000 moh. Det er utstrakt jordbruk langs store deler av elveløpet, men dyrket mark utgjør ikke mer enn ca. 3 % av nedbørfeltarealet.



Figur 4. Kildefordeling av totalfosfor i nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen basert på Tiltaksanalyse fra 2014².



Figur 5. Kart over nedbørfeltet til Gudbrandsdalselva. Erosjonsrisikokart for jordsmonnskartlagt jordbruksareal, som gjelder når alt er høstpløyd (kilden.nibio.no, NIBIO).

Skog og utmark utgjør det meste av arealet i nedbørfeltet og bidrar derfor med mye totalfosfor (25 tonn/år), selv om avrenningen av fosfor per arealenhet er liten. Fosfor i avrenning fra skog og utmark har lav biotilgjengelighet, og skogen bidrar derfor med forholdsvis lite biotilgjengelig fosfor i det totale kilderegnskapet. Vei- og jernbaneprosjekter i Gudbrandsdalslågen kan dessuten bidra til sediment og fosfortransport i vassdraget².

JORDBRUKSDRIFT

Jordbruksarealene ligger for det meste langs elva og en del av arealene er utsatt for flom (figur 5). I 2019 ble det dyrket ettårige vekster på 6 % av jordbruksarealet.

Husdyrgjødsel

Det har vært en liten nedgang i antall melkekyr i nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen, men samlet husdyrtetthet (beregnet som gjødseldyrenheter, GDE) har ikke endret seg betydelig i perioden fra 2000 til 2019 (figur 6). Regnet i fosformengde svarer antall GDE i 2019 til 490 tonn fosfor tilgjengelig i husdyrgjødsel og spredning av 1,8 kg fosfor/dekar jordbruksareal årlig i nedbørfeltet. Avhengig av avlingsnivået, vil dette kunne gi et årlig fosforoverskudd og føre til økt fosforstatus i jorda, noe som gir økt risiko for fosforavrenning. Avrenning av husdyrgjødsel kan også ha bidratt til målte konsentrasjoner av *E.coli* i elva.

Vekstfordeling

I nedbørfeltet til Gudbrandsdal lågen dyrkes det i hovedsak gras (figur 7) og arealet med eng utgjorde i 2019 94 % av jordbruksarealet. Arealet med ettårige vekster er redusert fra 14 % i 2000 til 6 % i 2019.

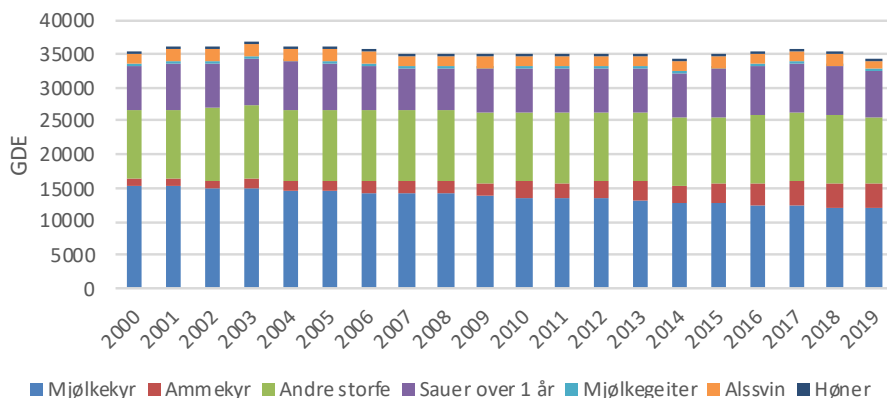
AKTUELLE TILTAK

En stor utfordring for tilførsler av fosfor til Mjøsa via Gudbrandsdallågen er spredt avløp. Opprydding i avløpsanleggene bør derfor prioriteres. I tillegg kommer det fosfor fra jordbruket, og miljøvennlig gjødselspredning og redusert gjødsling med fosfor på jordbruksarealer med høy fosforstatus er viktige tiltak for å redusere tilførslene.

Spredt avløp

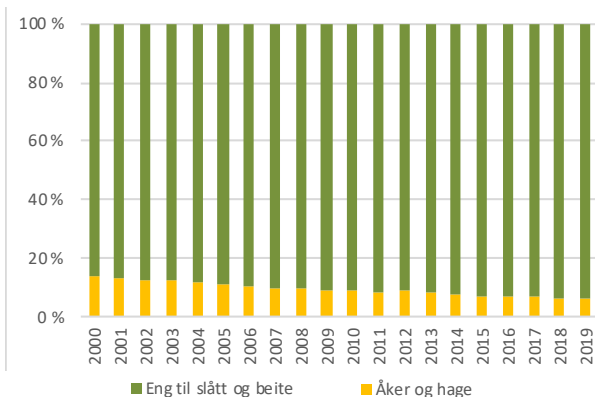
Antall private avløpsløsninger kan anslås til 5000 i nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen og med utgangspunkt i standarden på registrerte anlegg i Sørfron kommune i 2020 antas det at 95 % har en avløpsløsning som ikke tilfredstiller kravet i forurensningsforskriften om 90 % rensing. En opprydding i spredt avløp vil potensielt kunne redusere tilførslene til Gudbrandsdallågen med ca. 2,5 tonn fosfor/år. Reduserte utslipp fra spredt avløp vil dessuten bidra til å redusere tap av nitrogen, samt redusere belastningen med bakterier og organisk stoff i elva.

Gjødseldyrenheter per dyreslag



Figur 6. Trend i antall gjødseldyrenheter (en gjødseldyrenhet svarer til 14 kg fosfor i husdyrgjødsel) i perioden 2000-2019 på gårdsbruk i nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen fordelt på dyreslag. Data for kyllinger mangler. (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

Vekstfordeling



Figur 7. Trend i vekstfordeling på jordbruksareal på gårdsbruk i nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen for perioden 2000-2019 (Kilde: Statistisk sentralbyrå).

Jordbruksarealer

Redusert gjødsling. Gjødsling med fosfor i mineralgjødsel bør tilpasses mengden av fosfor i husdyrgjødsel som tilføres, og fosforfri mineralgjødsel brukes der jordas fosforstatus er høy. Det reduserer risikoen for fosforavrenning. 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 (0,13 GDE/dekar) tilsier at det er tilstrekkelig areal i området i forhold til spredearealkravet som tilsvarer 0,25 GDE/dekar. Om husdyrgjødsels arealene med lavest fosforstatus, og med god avstand til åpent vann vil det redusere risikoen for utslipp til elva. For beiter bør det være god avstand fra fôrings-

plass 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 i Mjøsa, 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

- ¹ NIVA-rapport 7373-2019
- ² Lokal tiltaksanalyse 2016-2021 for Vannområde Mjøsa, 2014.
- ³ Veileder for miljø- og klimatiltak i landbruket: www.nibio.no/tiltak

Dette faktaarket er et av ni faktaark utarbeidet på oppdrag for Miljødirektoratet og Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver.

De ni faktaarkene er beskrevet samlet i NIBIO rapport 7/58.

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 og et avdelingskontor i Oslo.