



Bioforsk Rapport

Vol. 4 Nr. 165 2009

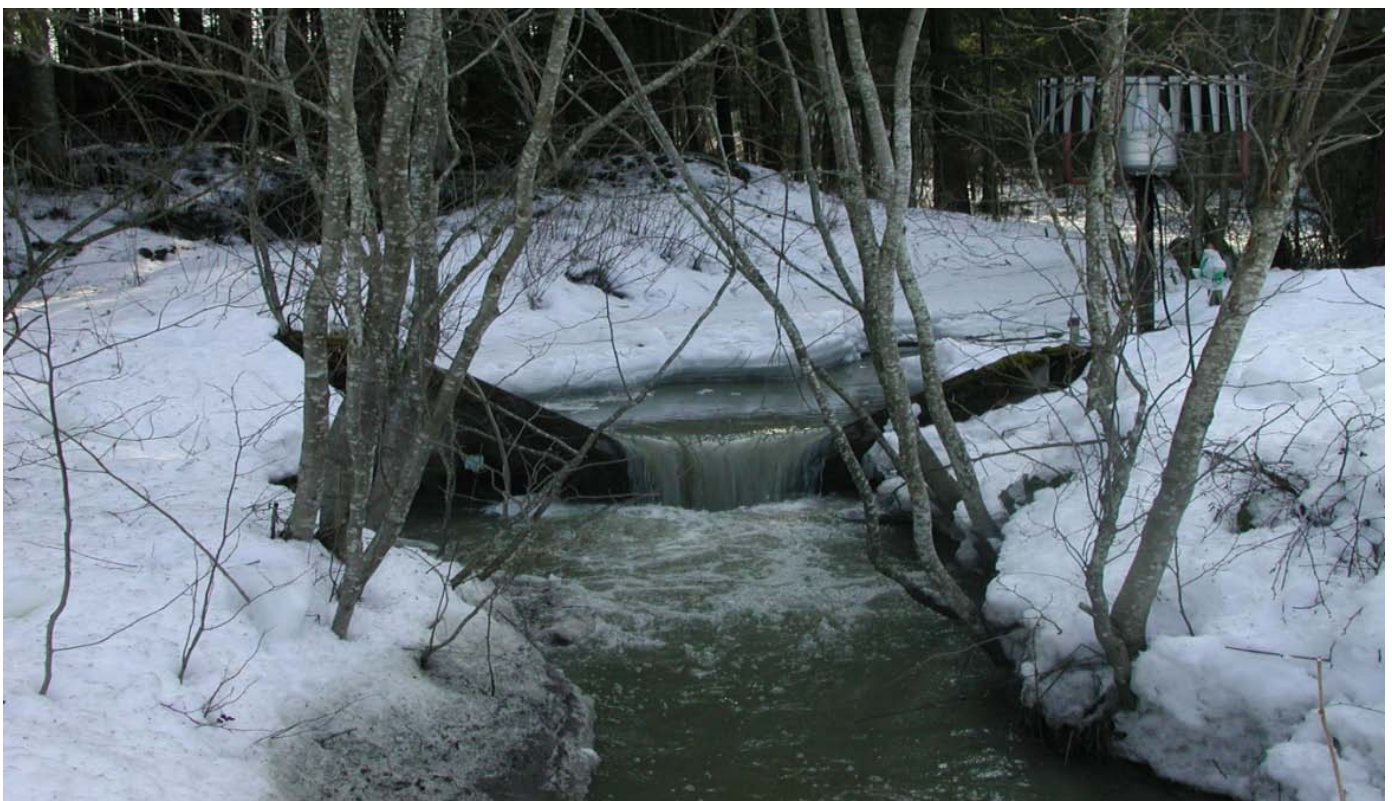
Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørfelt

Årsrapport for 2008/09 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA)

Line Meinert Rød, Rikard Pedersen, Johannes Deelstra, Marianne Bechmann, Hans Olav Eggestad og Anne Falk Øgaard

Bioforsk Jord og miljø

www.bioforsk.no/jova





Hovedkontor/Head office
Frederik A. Dahls vei 20
N-1432 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø
Ås
Frederik A. Dahls vei 2+
1432 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
jord@bioforsk.no



Tittel:

Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Årsrapport for 2008/09 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA).

Forfattere:

Line Meinert Rød, Rikard Pedersen, Johannes Deelstra, Marianne Bechmann, Hans Olav Eggestad og Anne Falk Øgaard

<i>Dato:</i> 04.03.2010	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr.:</i> 2110184	<i>Saksnr.:</i> 2009/715
<i>Rapport nr.:</i> 165/2009	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-00579-7	<i>Antall sider:</i> 40	<i>Antall vedlegg:</i> 1

Oppdragsgiver:

Statens landbruksforvaltning (SLF)

Kontaktperson:

Bjørn Huso og Johan Kollerud (SLF)

Stikkord:

Overvåking, jorderosjon, nitrogen, fosfor, gjødsling, avrenning, små nedbørfelt

Fagområde:

Arealavrenning

Sammendrag:

Se side 4.

Land/Country:

Norge, flere fylker

Godkjent

Marianne Bechmann

Prosjektleder

Line Meinert Rød

Innhold

1.	Sammendrag	4
2.	Innledning	5
3.	Overvåkingsfelt og metoder	6
3.1	Vekstfordeling	8
4.	Gjødsling.....	10
4.1	Nitrogengjødsling.....	12
4.2	Fosforgjødsling.....	15
4.3	Jordas fosforstatus og nye gjødslingsnormer	17
5.	Jordarbeiding	20
5.1	C-faktor	21
6.	Hydrologi i nedbørfeltene	23
6.1	Temperatur.....	23
6.2	Nedbør og avrenning.....	23
7.	Erosjon og næringsstoffavrenning.....	26
7.1	Nitrogenavrenning.....	26
7.2	Erosjon og fosforavrenning	30
7.3	Fangdammen i Skuterudfeltet	37
8.	Oppsummering	39
9.	Referanser	40
10.	Vedlegg	41

1. Sammendrag

Program for Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) er et nasjonalt overvåkingsprogram som ble startet i 1992 med det formål å dokumentere effekter av jordbrukspraksis og tiltak på avrenning og vannkvalitet. I denne rapporten presenteres resultater fra den delen av programmet som omhandler erosjon og næringsstoffavrenning. Dette inkluderer 9 nedbørfelt, hvorav 7 har detaljert innhenting av driftsopplysninger på skiftenivå. I tillegg inngår et småfelt, Bye, som en del av overvåkingen, men dette feltet er ikke tatt med i denne rapporteringen. Nedbørfeltene representerer de viktigste jordbruksområdene i landet med hensyn til klima, jordsmonn og driftspraksis.

Det er i presentasjonen og diskusjonen vist til gjennomsnittlige verdier for hele overvåkingsperioden, men det er lagt spesiell vekt på det agrohydrologiske året 2008/09. Agrohydrologisk år er definert fra 1. mai til 1. mai. Jordbruksdriften er presentert for kalenderår.

I denne rapporteringen inngår tre felt dominert av kornproduksjon, Skuterud, Mørdre og Kolstad. I Kolstad har det vært en kraftig økning i husdyrtallet i feltet de senere år, og dette feltet er dermed som Hotran karakterisert av husdyrproduksjon med korn som dominerende vekst. Volbu, Naurstad, Time og Skas-Heigre er dominert av gras/husdyrproduksjon. Vasshaglona er karakterisert av en kombinasjon av potet, grønnsaker og korn. Det har kun vært mindre endringer i vekstfordeling i feltene gjennom overvåkingsperioden.

Totale næringstilførsler (nitrogen og fosfor) i form av gjødsel er høyest i Time (intensiv husdyrproduksjon) og Vasshaglona (intensiv grønnsakproduksjon). Det har vært en klar økning i tilførte gjødselmengder i Time, Kolstad og Vasshaglona gjennom overvåkingsperioden. Dette er felter der det er betydelig andel med husdyrproduksjon. I Volbu og Naurstad er gjødslingen redusert i løpet av overvåkingsperioden.

Det har vært en nedgang i arealet med høstpløying i kornfeltene siden overvåkingen startet på begynnelsen av 90-tallet.

I feltene på Østlandet (Mørdre, Skuterud, Kolstad og Volbu) var det noe mer nedbør i 2008/09 enn middelnedbør for hele overvåkingsperioden. I Trøndelag (Hotran) og på Sørlandet (Vasshaglona) kom det en god del mindre nedbør enn middelnedbør for overvåkingsperioden. For øvrig var det ikke store forskjeller. Når det gjelder temperaturer var agrohydrologisk år noe mildere enn gjennomsnittet for alle år i overvåkingsperioden for alle felt, med unntak av Volbu, Time og Vasshaglona. Volbu og Time var likt med gjennomsnittet, mens i Vasshaglona var det noe kjøligere.

Det måles høyere nitrogenkonsentrasjoner i avrenning fra felt dominert av kornproduksjon sammenlignet med engfelt. De høyeste nitrogenkonsentrasjonene måles generelt i Kolstadfeltet. Fosforkonsentrasjonene er generelt høyest i avrenning fra Mørdrefeltet. Avrenning fra de øvrige feltene med åpen åker viser også høye fosforkonsentrasjoner, bortsett fra avrenning fra Kolstad, som jevnt over har lave konsentrasjoner av suspendert stoff og fosfor. Fosforkonsentrasjonen i avrenning fra intensive engfelt er noe lavere enn konsentrasjonen i avrenning fra kornfelt. Overvåkingsresultatene viser tydelig sammenheng mellom avrenning og nitrogentap.

Årets resultater viser at det er behov for å se nærmere på intensive nedbørepisoders betydning for avrenning og tap av næringsstoffer til vann og vassdrag.

2. Innledning

Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) er et nasjonalt overvåkingsprogram som ble startet i 1992 med det formål å dokumentere effekter av jordbrukspraksis og tiltak på avrenning og vannkvalitet. Landbruket har betydelige utfordringer knyttet til å redusere tap av jord og næringsstoffer fra jordbruksarealer i mange områder.

I denne rapporten presenteres resultater fra den delen av programmet som omhandler erosjon og næringsstoffavrenning. Dette inkluderer 9 nedbørfelt, hvorav 7 har detaljert innhenting av driftsopplysninger på skiftenivå. I tillegg inngår et småfelt, Bye, som en del av overvåkingen, men dette feltet er ikke tatt med i denne rapporteringen. De enkelte felt er rapportert og nærmere beskrevet i egne feltrapporter. Det er i presentasjonen og diskusjonen lagt spesiell vekt på agrohydrologisk år 2008/09. Agrohydrologiske år er definert fra 1. mai til 1. mai, med unntak av Volbu der rapporteringsperioden er fra 1. juni til 1. juni. Jordbruksdriften er presentert for kalenderår.

Formål med overvåkingen av næringsstoffer og erosjon er å dokumentere:

- Miljøeffektene av endringer i jordbrukspraksis, produksjonssystemer og driftsformer
- Tap av næringsstoffer og partikler til vannmiljø og endringer over tid
- Vannkvalitet i jordbruksbekker
- Effekter av jordbrukstiltak og etablerte virkemidler på tap av næringsstoffer og erosjon i nedbørfeltene
- Effekter av driftsformer på vannkvalitet til nytte for vannregionenes oppfølging av arbeidet med Rammedirektivet for vann (RDV)
- Effekter av endringer i klima på jordbrukets produksjonssystemer og miljøpåvirkning
- Endringer i tiltaksgjennomføring og effekter av tiltak som følge av regionale miljøprogram (RMP)

Samt å framskaffe:

- Kunnskap om de viktigste transportveier og forhold i nedbørfelt som er av betydning for tap av næringsstoffer og erosjon,
- Kunnskap om effekter av klima
- Data som kan brukes ved modellering av tap av næringsstoffer og partikler fra landbruket (inkludert TEOTIL-modellen) og beregninger av slike tap på regionalt og nasjonalt nivå
- Kunnskap og informasjon til nytte for regionale miljøprogram og vannregionenes oppfølging av RDV
- Kunnskap og informasjon til nytte for jordbrukets klimarapportering, inkludert klimagassutslipp og tilpasning til endret klima

JOVA-programmet overvåker nedbørfelt som representerer de viktigste jordbruksområdene i landet med hensyn til klima, jordsmonn og driftspraksis. Detaljerte årlige opplysninger om jordbruksdriften på hvert skifte på alle gårdsbruk (gårdsdata) i syv av nedbørfeltene gjør det mulig å vurdere tap av næringsstoffer og suspendert stoff opp mot endringer i driftspraksis over tid.

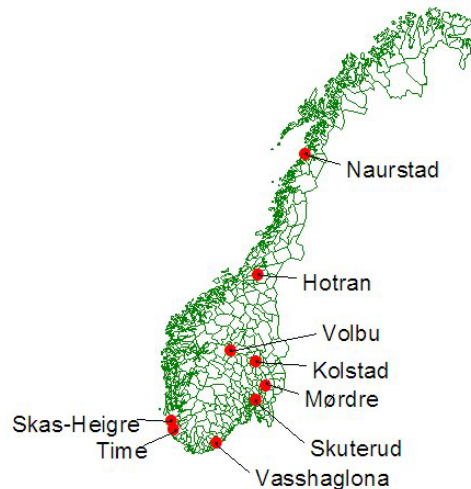
Resultater fra tidligere studier som er utført i forbindelse med overvåkingen er inkludert i diskusjonen i denne rapporten. I tillegg til de årlige feltrapporter og denne rapport utgis en rekke andre publikasjoner basert på JOVA-data. Et utvalg relevante publikasjoner utgitt i tilknytning til programmet (erosjon og næringsstoff) i perioden 2000 - 2009 er listet i Vedlegg 1.

Det utarbeides nå ny rammeplan for JOVA for årene 2010-2013. Denne vil inneholde hovedtrekk for JOVA-programmet i denne perioden. Oppfølging av endret klima og RDV blir nye og sentrale punkter i den nye planen.

Statens landbruksforvaltning er oppdragsgiver for JOVA-programmet.

3. Overvåkingsfelt og metoder

Overvåkingen av erosjon og næringsstofftap omfatter ni nedbørfelt lokalisert i ulike deler av landet (Figur 1). Overvåking av Kolstad og Time ble satt i gang i 1985 som en del av "Handlingsplan mot landbruksforurensning". Overvåkingen i de øvrige feltene ble satt i gang i løpet av perioden 1990-1994 (Tabell 1). Det var et opphold i overvåkingen i Time i årene 2002 og 2003 grunnet ombygging av målestasjonen.



Figur 1. Oversikt over nedbørfelt med overvåking av erosjon og næringsstoffavrenning i 2008/09.

Tabell 1. Oversikt over nedbørfelt som inngår i JOVA -programmets målinger av erosjon og næringsstoffavrenning. Temperatur og nedbør oppgitt som 30-årsnormaler (DNMI). Si. = Siltig, l.leire = lettleire, m.leire = mellomleire

Nedbørfelt	Kommune	Areal (daa)	Dyrka (%)	Temp (°C)	Nedbør (mm)	Jordart	Driftsform	Startår
Skuterud	Ås	4490	61	5,5	785	Si. m.leire	Korn	1993
Mørdre	Nes	6800	65	4,3	665	Silt og leire	Korn	1991
Kolstad	Ringsaker	3080	68	4,2	585	Moldrik l.leire	Korn	1985
Hotran	Levanger	19 400	58	5,3	892	Si.l.leire/m.leir	Korn, gras	1992
Naurstad	Bodø	1456	35	4,5	1020	Myr/fin-m.sand	Gras	1994
Volbu	Øystre Slidre	1680	41	1,6	575	Si. m.sand	Gras	1992
Vasshaglona	Grimstad	650	62	6,9	1230	Sand	Grønnsaker, potet	1992 (1998)
Time	Time	912	94	7,1	1189	Morene, si.m.sand, stein, grus	Gras	1985
Skas-Heigre	Sandnes, Sola, Klepp	29 300	85	7,7	1180	Leire, sand, grus	Gras, korn	1995

Overvåkingen er basert på kontinuerlig måling av vannføring og vannføringsproporsjonal prøvetaking (Figur 2a og 2b). De kjemiske analysene foretas på basis av blandprøver som tas ut rundt hver 14. dag. For nærmere beskrivelse av målemetodene, se Deelstra og Øygarden (1998) og Deelstra et al. (1998). I noen av feltene måles nedbør mens for andre felt er nedbørdata hentet fra nærmeste nedbørstasjon fra Landbruksmeteorologisk Tjeneste (LMT) eller Meteorologisk Institutt



Figur 2a. Målestasjon i Naurstadbekken



Figur 2b. Målestasjon i Vasshaglona

Standard analysespekter omfatter pH, suspendert stoff (SS), total fosfor (TP) og total nitrogen (TN), løst fosfat-P ($\text{PO}_4\text{-P}$), nitrat-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), og gløderesten av suspendert stoff (SS-glr).

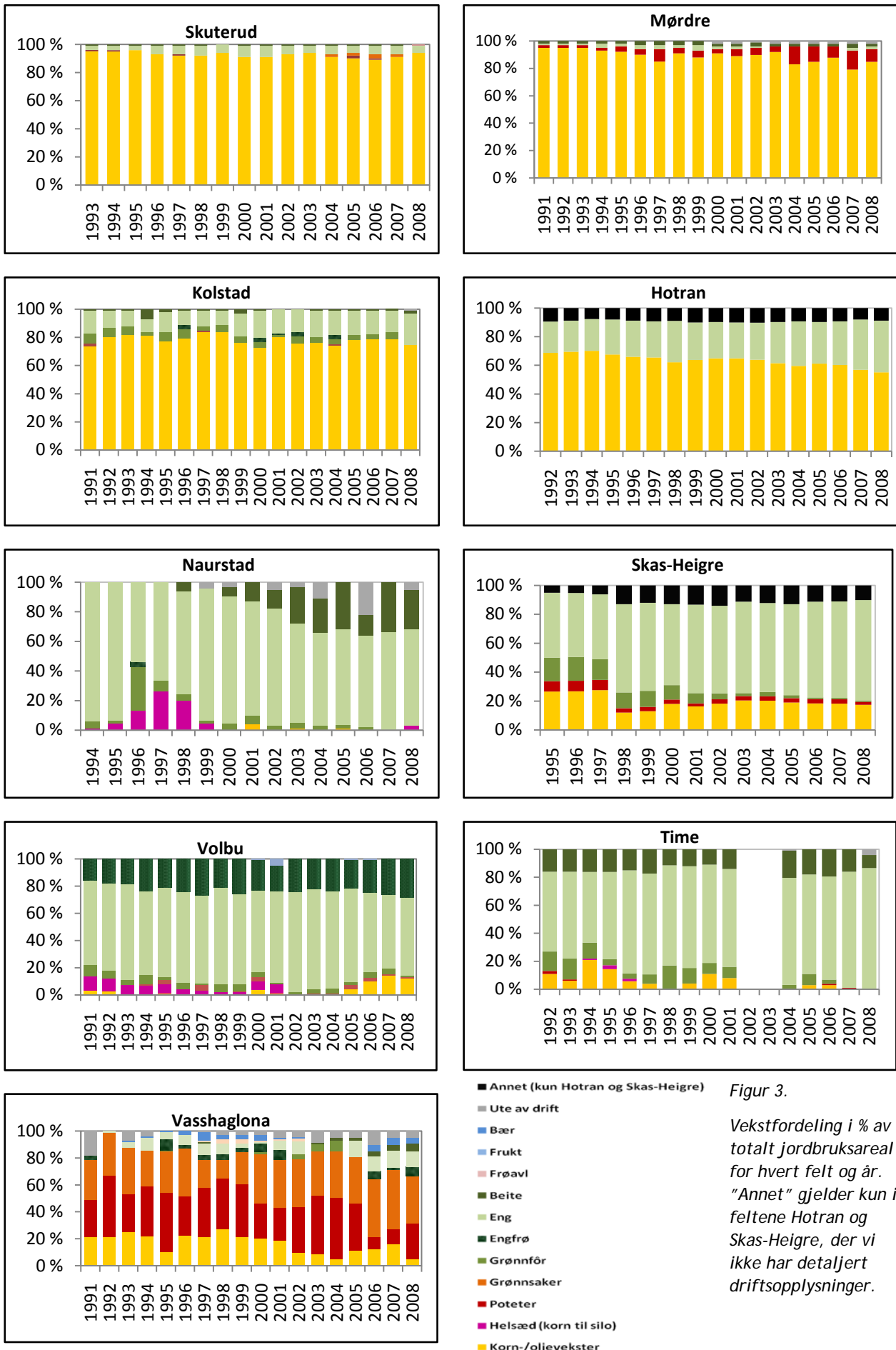
Informasjon om driftspraksis er viktig for å kunne relatere tap av næringsstoffer og erosjon til ulike driftsformer. I syv av nedbørfeltene registrerer gårdbrukerne all aktivitet på de ulike skiftene gjennom året. Opplysninger om jordbruksdrift i de to største feltene (Hotran og Skas-Heigre) hentes fra Statistisk Sentralbyrå (SSB; Landbruksundersøkelsen, Søknad om Produksjonstilskudd og Jordbrukstellingen 1999).

Beregning av nitrogen- og fosforinnhold i husdyrgjødsel og avling er basert på standardfaktorer (Tabell 2). Der det er benyttet blandingsgjødsel, blir næringsinnhold i denne beregnet ut fra husdyrsammensetning på det aktuelle bruket.

Tabell 2. Standardfaktorer for innhold av nitrogen (N) og fosfor (P) i husdyrgjødsel og avling benyttet i JOVA-rapportering. N- og P- innhold i eng og ettårig raigras er oppgitt i % av tørrstoff. De resterende faktorer er oppgitt i % av våtvekt.

Husdyrgjødselslag	Nitrogen (%)	Fosfor (%)	Vekst	Nitrogen (%)	Fosfor (%)
Land	0,5	0,002	Eng, lite kløver	2,5	0,25
Storfé, fast	0,46	0,12	Eng, mye kløver	3,2	0,25
Storfé, blaut	0,33	0,06	Ettårig raigras	3,2	0,3
Gris, fast	0,52	0,26	Bygg	1,75	0,4
Grisegjødsel blaut	0,58	0,15	Havre	1,75	0,4
Sau/geit, fast	0,81	0,17	Høsthvete	2	0,4
Høns, fast	1,48	0,64	Høstrug	1,75	0,4
Broiler m/strø	1,78	0,72	Potet	0,31	0,05

3.1 Vekstfordeling



Figur 3.
Vekstfordeling i % av totalt jordbruksareal for hvert felt og år. "Annet" gjelder kun i feltene Hotran og Skas-Heigre, der vi ikke har detaljert driftsopplysninger.

Skuterud, Mørdre og Kolstad er arealbruken dominert av kornproduksjon, mens Volbu, Naurstad, Time og Skas-Heigre er dominert av gras/husdyrproduksjon (Figur 3). Hotranvassdraget er karakterisert av en kombinasjon av korn/grasdyrking, der korn dominerer. I Vasshaglona er det hovedsakelig produksjon av grønnsaker og poteter.

Det har vært noen mindre endringer i vekstfordeling i enkelte av feltene gjennom overvåkingsperioden. I Mørdre har arealet med potet økt de senere årene, mens engarealet har økt noe i Hotran på bekostning av kornareal. Arealet med beite har økt i Naurstad på bekostning av eng. Også i Volbu har det vært en liten økning i beitearealene. Dette indikerer en ekstensivering av jordbruket i både Naurstad og Volbu. I Timefeltet har det ikke vært kornproduksjon av betydning på flere år, kornproduksjonen ser også ut til å være nedadgående i Vasshaglona. I Skas-Heigrevassdraget har det ikke vært store endringer i arealfordelingen de siste 10 årene (Figur 3).



Figur 4a. Korn er dominerende dyrkningsform i Mørdrefeltet.



Figur 4b. Grønnsaker er dominerende dyrkningsform i Vasshaglonafeltet.

4. Gjødsling

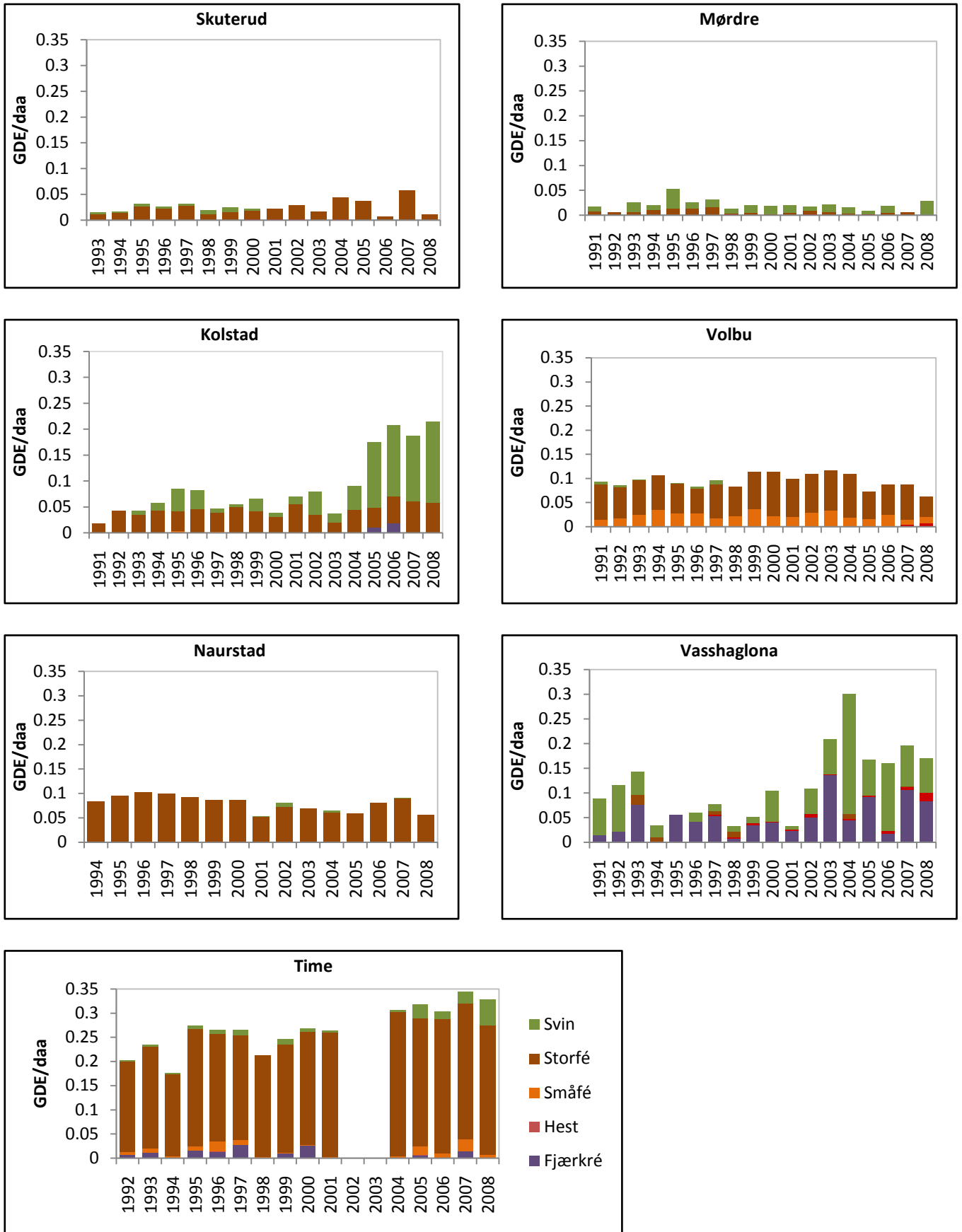
Næringsstofftilførsler, både i form av mineral- og husdyrgjødsel, varierer betydelig mellom de ulike feltene (Tabell 3). I kornfeltene Skuterud og Mørdre består næringsstofftilførselen nesten utelukkende av mineralgjødning. Husdyrgjødsel utgjør en større andel i grasfeltene Naurstad, Volbu og Time, samt i Kolstad og Vasshaglona, der jordbruksdriften er karakterisert av husdyr kombinert med åpen åker.

Tabell 3. Gjennomsnittlig nitrogen- og fosforgjødsling (kg/daa) for hvert felt fordelt på mineralgjødning, husdyrgjødsel fra lager og fra dyr på beite for hele overvåkingsperioden (ca 1991-2008).

	Nitrogen (kg/daa)				Fosfor (kg/daa)			
	Mineral- gjødning	Husdyr- gjødning fra lager	Husdyr- gjødning fra beite	Totalt	Mineral- gjødning	Husdyr- gjødning fra lager	Husdyr- gjødning fra beite	Totalt
Skuterud	14,5	1,3	0,1	15,9	2,1	0,4	0,0	2,5
Mørdre	11,7	1,0	0,1	12,7	2,0	0,3	0,0	2,3
Kolstad	12,3	4,0	0,3	16,6	1,6	1,1	0,1	2,8
Naurstad	8,5	4,3	0,5	13,2	1,2	1,0	0,1	2,3
Volbu	6,7	3,4	2,7	12,8	0,9	0,8	0,5	2,2
Time	16,7	12,2	4,3	33,2	0,7	2,9	0,8	4,4
Vasshaglona	16,3	4,2	0,2	20,7	3,6	1,6	0,0	5,2

En gjødseldyrenhet er lik gjødselmengden ei melkeku produserer i løpet av et år og tilsvarer om lag 14 kg P. I følge husdyrgjødselsforskriften er kravet for spredeareal for husdyrgjødsel minimum 4 daa fulldyrket jord pr gjødseldyrenhet (GDE), eller 0,25 GDE/daa. Dette tilsvarer 3,5 kg P/daa/år. En gjødseldyrenhet tilsvarer således 1 mjølkeku, 3 avlspurker, 7 vinterføra sauer/geiter, 80 høner osv.

Husdyrtetthet i feltene er beregnet på grunnlag av tilført mengde husdyrgjødsel (spredd gjødning og gjødning fra beitedyr) i feltet hvert enkelt år. Dette fordi de dyretall som oppgis på hvert enkelt bruk gjelder for hele bruket, og ikke nødvendigvis for arealer innen feltet. Figur 5 viser utvikling i husdyrtetthet i feltene basert på tall for tilført mengde fosfor i husdyrgjødsel. Det har vært mindre endringer i husdyrtettheten i de ulike feltene. I de ekstensive feltene Naurstad og Volbu har det over tid blitt færre husdyr, mens det i Kolstad har vært en betydelig økning i husdyrtettheten de siste årene (slaktegris og storfe). I Vasshaglona har det også vært en økning i produksjon av slaktegris og slaktekylling. I Time har det vært en mindre økning i husdyrtettheten, og i 2008 ble det tilført husdyrgjødsel svarende til 0,3 GDE/daa, noe som er høyere enn maksimumskravet i husdyrgjødselsforskriften på 0,25 GDE/daa.



Figur 5. Utvikling av husdyrtetthet i angitt i gjødseldyrenheter (GDE) per dekar. GDE er beregnet på grunnlag av tilført mengde husdyrgjødsel (spredd gjødsel og beitedyr) i feltet hvert enkelt år.

4.1 Nitrogengjødsling

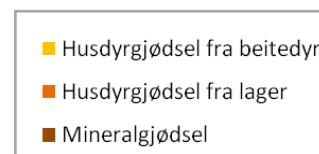
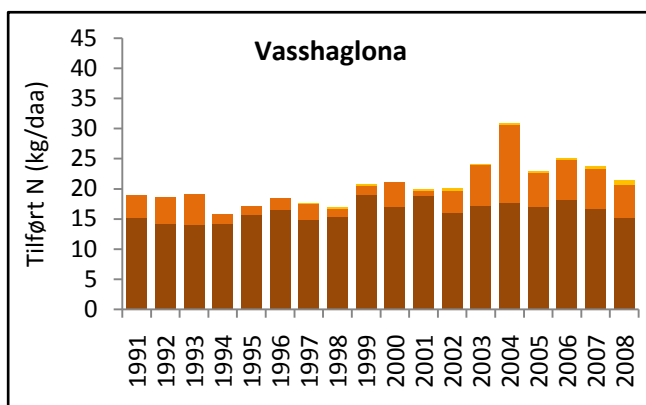
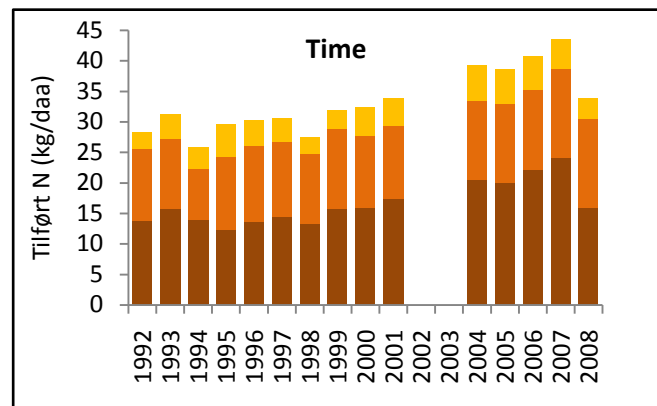
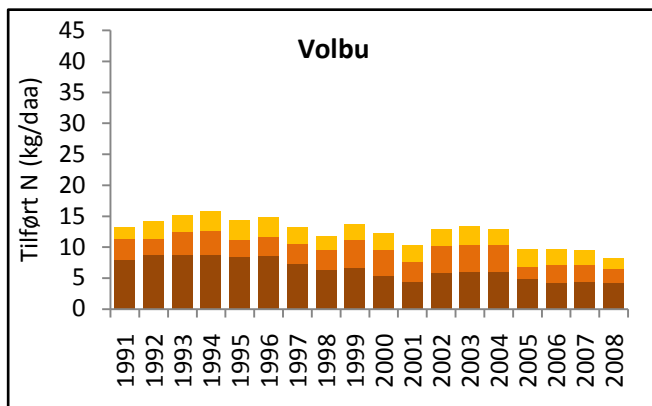
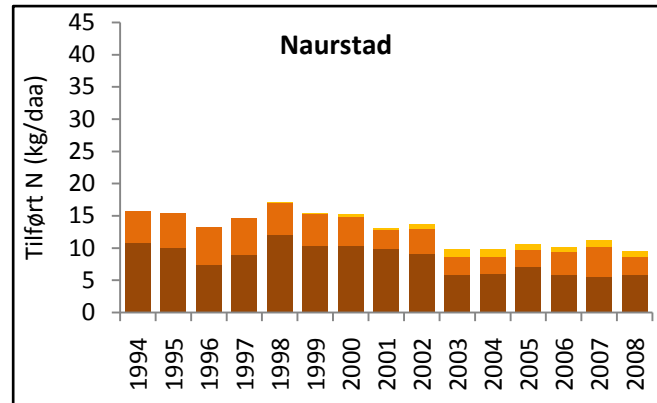
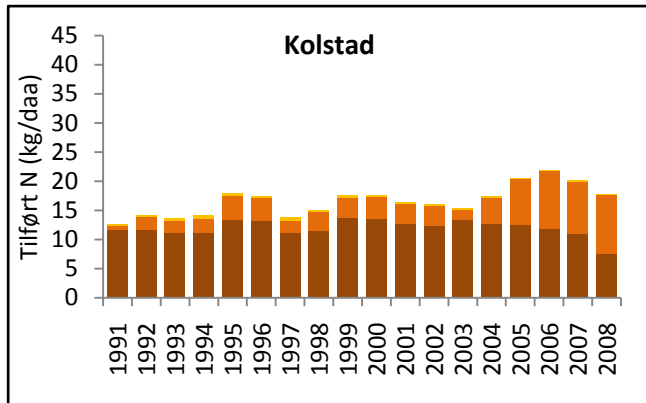
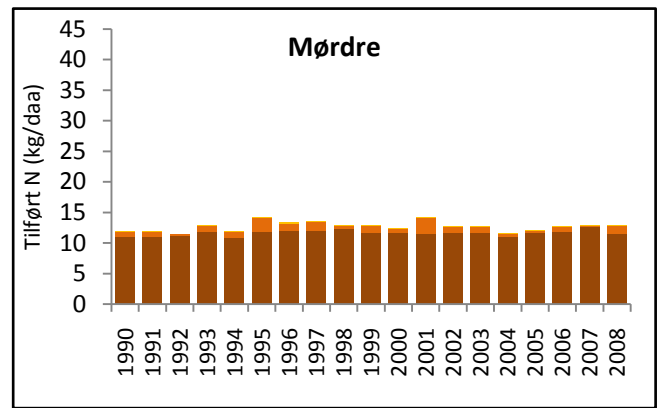
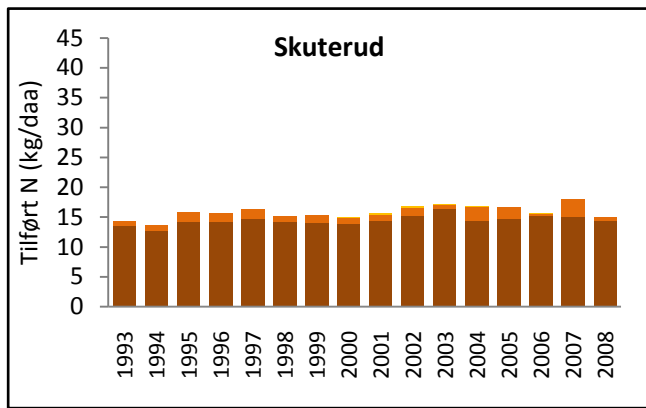
Gjennomsnittlig nitrogentilførsel i overvåkingsperioden har variert fra 13 - 33 kg N/daa for de ulike feltene (jf. Tabell 3). I 2008 var total nitrogentilførsel per dekar jordbruksareal størst i Time (intensiv husdyrproduksjon), med tilførsler på om lag 33 kg N/daa (Tabell 4), hvorav halvparten var husdyrgjødsel. I Vasshaglona (intensiv grønnsakproduksjon) ble det i middel for alt jordbruksareal tilført om lag 22 kg N/daa, hvorav om lag 30 % i form av husdyrgjødsel. I Kolstad var også nitrogentilførselen høy (om lag 18 kg/daa), ca 57 % ble tilført i form av husdyrgjødsel.

Tabell 4. Tilførsler av nitrogen (N) i form av mineral- og husdyrgjødsel i 2008 (kg/daa).

	Mineralgjødsel	Husdyrgjødsel fra lager	Husdyrgjødsel fra beitedyr	Total N-tilførsel i 2008
Skuterud	14,4	0,5	0	14,9
Mørdre	11,6	1,2	0,1	12,9
Kolstad	7,6	10,1	0,1	17,8
Naurstad	5,9	2,7	0,9	9,5
Volbu	4,3	2,2	1,7	8,2
Time	15,9	14,7	3,3	33,9
Vasshaglona	15,1	5,6	0,8	21,5

Utvikling i nitrogentilførsler varierer mellom feltene (Figur 6). I 2008 ser nitrogentilførslene ut til å ha gått ned i så godt som alle feltene. Høye gjødselpriser og økt fokus på optimal gjødsling kan være årsaken til dette. I kornfeltene ligger totale nitrogentilførsler på om lag 15 kg N/daa, med laveste tilførsler i Mørdre. I Kolstad har det de siste årene blitt tilført mye mer husdyrgjødsel enn tidligere, grunnet mer husdyr i feltet. I feltene med ekstensiv grasproduksjon, Naurstad og Volbu har det vært en avtakende trend i tilført nitrogen de senere årene.

Ved vurdering av tilførte mengder nitrogen i form av husdyrgjødsel er det enkelte forhold som bør tas i betraktning. En del av nitrogenet i husdyrgjødsel er organisk bundet, og dermed ikke direkte plantetilgjengelig. Noe vil gå inn i jordas moldinnhold. Ved nedmolding om våren og middels omsetningsforhold i jorda regner en at 20 % av organisk bundet nitrogen i husdyrgjødsel er tilgjengelig første år og 10 % andre år. Ved overflatespredning er tilsvarende tall 15 % første år og 8 % andre år. Tallene som oppgis i denne rapporten er basert på totale nitrogentilførsler i husdyrgjødsel, og de er følgelig større enn det som regnes som plantetilgjengelig i gjødselplanlegging. På den andre siden er det redusert for gasstap av ammonium (NH₄) fra husdyrgjødsel ved beregning av tilførte mengder.



Figur 6. Tilførsler av nitrogen (N) i form av mineral- og husdyrgjødsel for hvert felt og år.

Nitrogengjødslingen i Kolstad (korn + gras) har de siste årene vært betydelig høyere enn i Skuterud og Mørdre (hovedsakelig korn). Gjennomsnittlig nitrogenbalanse (tilført N - bortført N) for Kolstad høy (6 kg N/daa), og spesielt de siste årene har det vært et stort nitrogenoverskudd (Tabell 5).

Nitrogenoverskuddet omfatter totalmengde nitrogen i husdyrgjødsel og ikke alt er plantetilgjengelig. Vurderingen av engavlinger (16 % av arealet) i Kolstad er forbundet med stor usikkerhet. Totalt ligger avlingene i Kolstad noe under avlingene i de to andre kornfeltene. I Mørdre og Skuterud er overskuddet på 4-5 kg N/daa.

Tabell 5. Nitrogenbalanse i kornfeltene Skuterud, Mørdre og Kolstad (kg N/daa jordbruksareal).

$$N_{\text{balanse}} = N_{\text{mineralgj.}} + N_{\text{husdyrgj.}} - N_{\text{avling}} - N_{\text{halm (bortført)}}$$

	Skuterud	Mørdre	Kolstad	Middel korndominerte felt
1990		3,0		
1991		3,6	2,7	3,2
1992		3,6	6,3	5,0
1993	2,0	4,3	4,0	3,4
1994	6,7	5,8	5,0	5,8
1995	3,9	6,1	7,9	6,0
1996	3,4	4,6	5,5	4,5
1997	5,7	5,6	3,9	5,1
1998	3,5	4,4	3,9	3,9
1999	4,7	4,7	5,2	4,9
2000	3,8	5,3	6,4	5,2
2001	4,7	6,8	5,5	5,7
2002	6,5	5,8	6,4	6,2
2003	5,9	5	3,5	4,8
2004	4,6	2,6	5,2	4,1
2005	4,4	4,2	9,1	5,9
2006	3,2	4,4	11,6	6,4
2007	6,1	4,9	9,5	6,8
2008	1,7	3,8	7,3	4,3
Middel	4,4	4,7	6,0	5,0

4.2 Fosforgjødsling

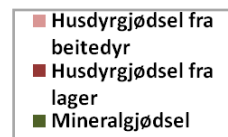
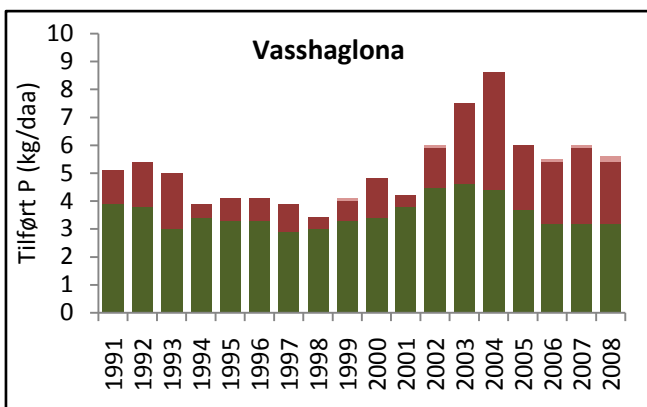
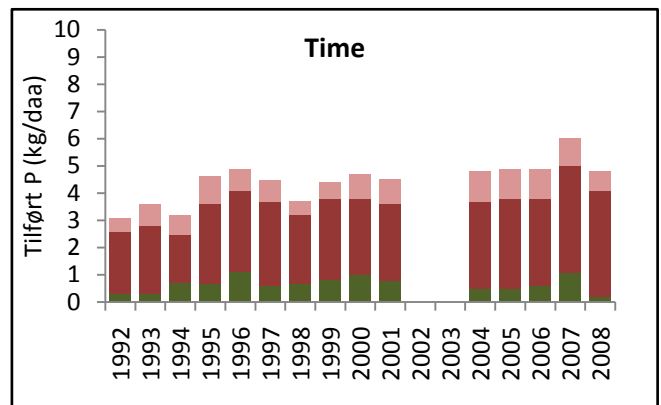
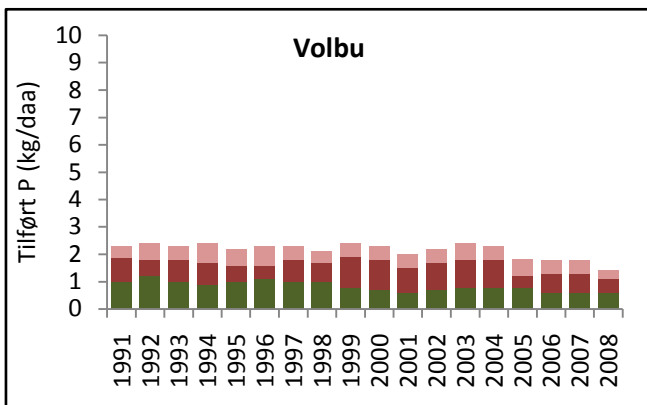
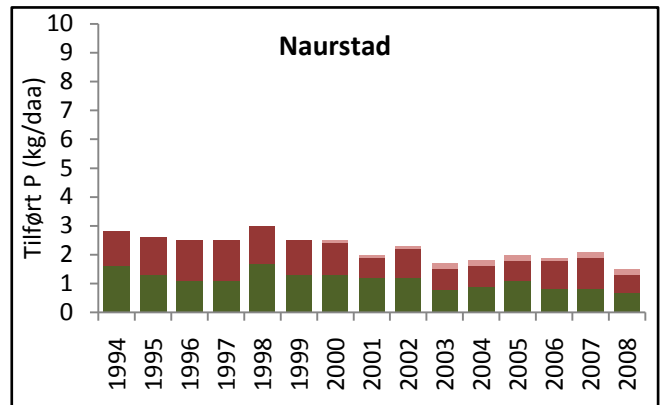
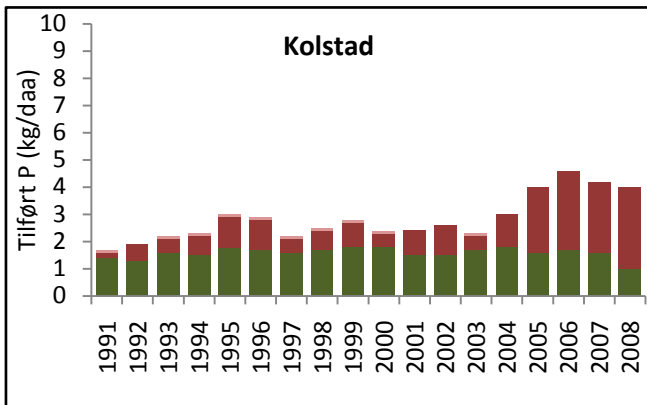
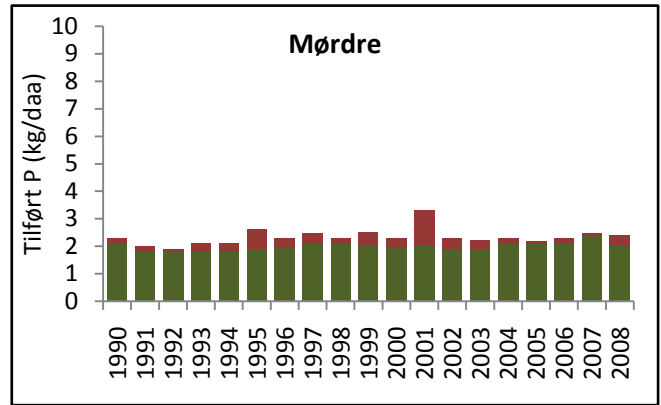
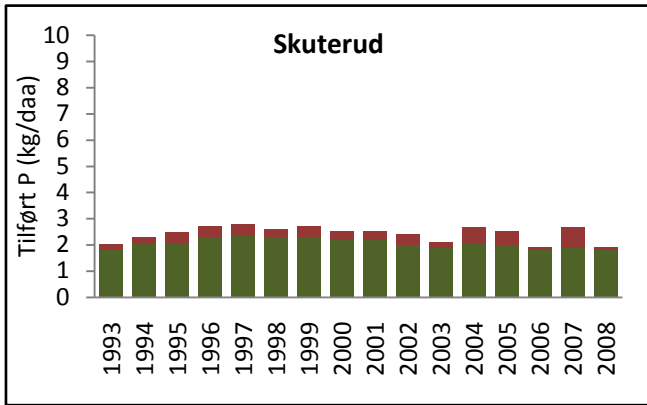
Gjennomsnittlig fosfortilførsel i overvåkingsperioden (1991-2008) varierer mellom 2,2 og 5,2 kg P/daa i de ulike feltene (jf. Tabell 3). Totale fosfortilførsler i 2008 var størst i Vasshaglona, Time og Kolstad (Tabell 6). I alle disse feltene utgjorde tilførsler i form av husdyrgjødsel fra lager en betydelig andel. Totale tilførsler i Vasshaglona var på 5,6 kg P/daa, mens det i Time og Kolstad ble tilført hhv. 4,8 og 4,0 kg P/daa. I Time utgjorde fosfor i husdyrgjødsel 96 % av totale fosfortilførsler. Totale tilførsler i Volbu var 1,8 kg P/daa i 2008, hvorav husdyrgjødsel utgjorde 53 %.

Fosfor i husdyrgjødsel har samme plantetilgjengelighet som fosfor i mineralgjødsel, så ved beregning av gjødslingsbehov brukes det ingen korreksjonsfaktor for fosfor i form av husdyrgjødsel.

Tabell 6. Tilførsler av fosfor (P) i form av mineral- og husdyrgjødsel i 2008 (kg/daa).

	Mineralgjødsel	Husdyrgjødsel fra lager	Husdyrgjødsel fra beitedyr	Total P-tilførsel i 2008
Skuterud	1,8	0,1	0	1,9
Mørdre	2,0	0,4	0	2,4
Kolstad	1	3	0	4
Naurstad	0,7	0,6	0,2	1,5
Volbu	0,6	0,5	0,3	1,4
Time	0,2	3,9	0,7	4,8
Vasshaglona	3,2	2,2	0,2	5,6

I Vasshaglona har gjennomsnittlige fosfortilførsler variert mellom 5-9 kg P/daa de senere år (Figur 7). De høye tilførslene skyldes i stor grad at det dyrkes fosforkrevende vekster i feltet. Fosforet tilføres i stor grad i form av mineralgjødsel, men svært høye tilførsler i 2003 og 2004 skyldtes en betydelig økning i tilført husdyrgjødsel. Anbefalt mengde til de vekstene som dyrkes i Vasshaglona (grønnsaker og poteter) er 3-6 kg P/daa. I Time ligger totale fosfortilførsler jevnt over på 4-5 kg P/daa, hvorav tilførsler i form av husdyrgjødsel bidrar med klart største andel av totale tilførsler. Til sammenligning er opptaket i en engavling på 1000 kg tørrstoff 3 kg P. I Naurstad og Volbu ligger totale tilførsler på om lag 2 kg P/daa, med noe reduserte tilførsler i begge felt de senere år. Tilførte fosformengder i Kolstad har økt betraktelig de siste 4 årene på grunn av mer bruk av husdyrgjødsel.



Figur 7. Tilførsler av fosfor (P) i form av mineral- og husdyrgjødsel for hvert felt og år.

Fosforgjødslingen i Kolstad har de siste 4 årene vært betydelig høyere enn i Skuterud og Mørdre (Figur 7). Gjennomsnittlig fosforbalanse i hele overvåkingsperioden (tilført P - bortført P) for Kolstad er høy (0,9 kg P/daa), og som for nitrogen har det spesielt de siste årene vært et stort overskudd (Tabell 7). Avlingen i Kolstad ligger noe under avlingene i de to andre kornfeltene. I Mørdre og Skuterud er overskuddet på henholdsvis 0,6 og 0,2 kg P/daa.

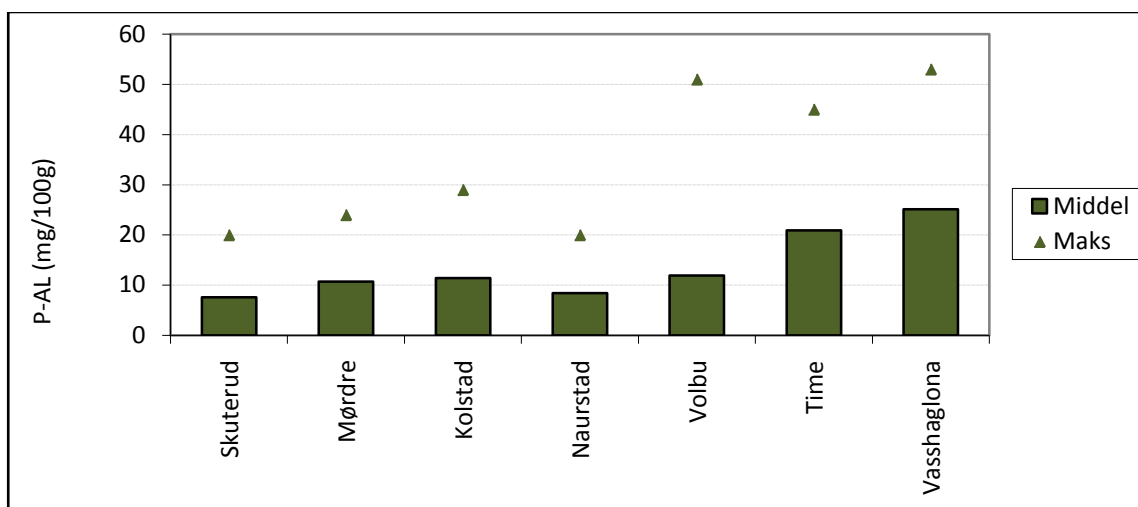
Tabell 7. Fosforbalanse i kornfeltene Skuterud, Mørdre og Kolstad (kg P/daa jordbruksareal).

$$P_{\text{balanse}} = P_{\text{mineralgj.}} + P_{\text{husdyrgj.}} - P_{\text{avling}} - P_{\text{halm (bortført)}}$$

	Skuterud	Mørdre	Kolstad	Middel kornfelt
1990		0,4		
1991		0,3	0,0	0,2
1992		0,2	0,5	0,4
1993	-0,5	0,2	0,5	0,1
1994	1,0	0,7	0,6	0,8
1995	0,1	1,0	1,3	0,8
1996	0,2	0,5	0,7	0,5
1997	0,7	0,9	0,4	0,7
1998	0,2	0,4	0,4	0,3
1999	0,5	0,8	0,6	0,6
2000	0,3	0,7	0,4	0,5
2001	0,4	1,8	0,5	0,9
2002	0,4	0,8	0,9	0,7
2003	-0,1	0,5	0,2	0,2
2004	0,4	0,3	0,9	0,5
2005	0,0	0,5	2,0	0,8
2006	-0,5	0,5	2,7	0,9
2007	0,3	0,8	2,3	1,1
2008	-0,7	0,5	2,1	0,6
Middel	0,2	0,6	0,9	0,6

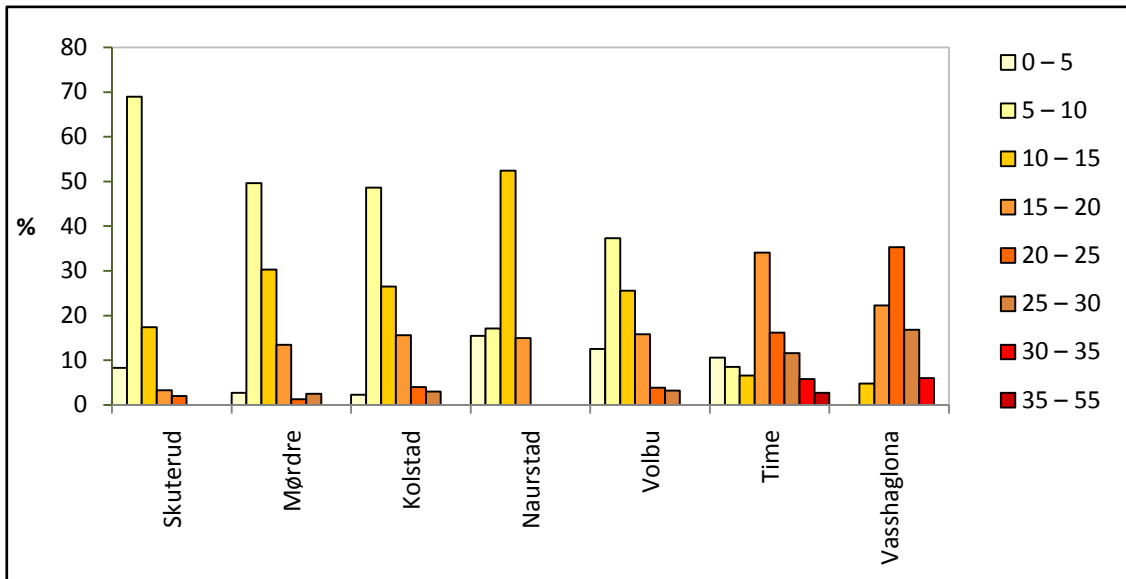
4.3 Jordas fosforstatus og nye gjødslingsnormer

Jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor målt som P-AL (mg/100 g) er høyest i Time og Vasshaglona, med gjennomsnittlig P-AL (arealveid middel) på henholdsvis 19 og 25. I Mørdre, Kolstad og Volbu er gjennomsnittlig P-AL på om lag 11, mens det i Naurstad og Skuterud ligger på henholdsvis P-AL 9 og 7. Høyeste verdier for enkeltskifter er målt i Vasshaglona, Volbu og Time (Figur 8).



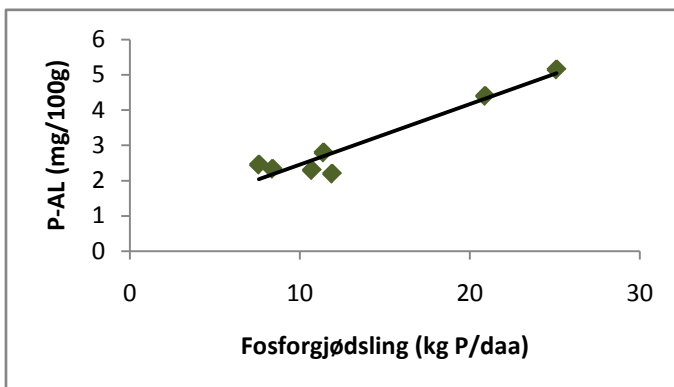
Figur 8. Fosforstatus i jord målt som P-AL (mg/100 g jord). Oppgitt som arealveid middelverdi for hvert felt og maksverdi for enkeltskifte innen feltet.

I både Mørdre og Kolstad er omtrent halvparten av jordbruksarealet innen P-AL klasse 5-10, mens det i Skuterud er 70 % (figur 9). I Vasshaglona og Time har om lag 20 % av jordbruksarealet P-AL>25.



Figur 9. Prosentvis fordeling av fosfornivå (P-AL = mg P/100 g jord) i de ulike nedbørfeltene.

Gjennomsnittlig fosforstatus i jorda i feltene viser en sammenheng med det gjennomsnittlige gjødslingsnivået for fosfor (Figur 10). Skuterud og Naurstad har laveste P-AL nivå og har sammen med Mørdre og Volbu laveste gjødslingsnivå. Time og Vasshaglona har høye gjødslingsnivå for fosfor og også de høyeste P-AL verdiene.

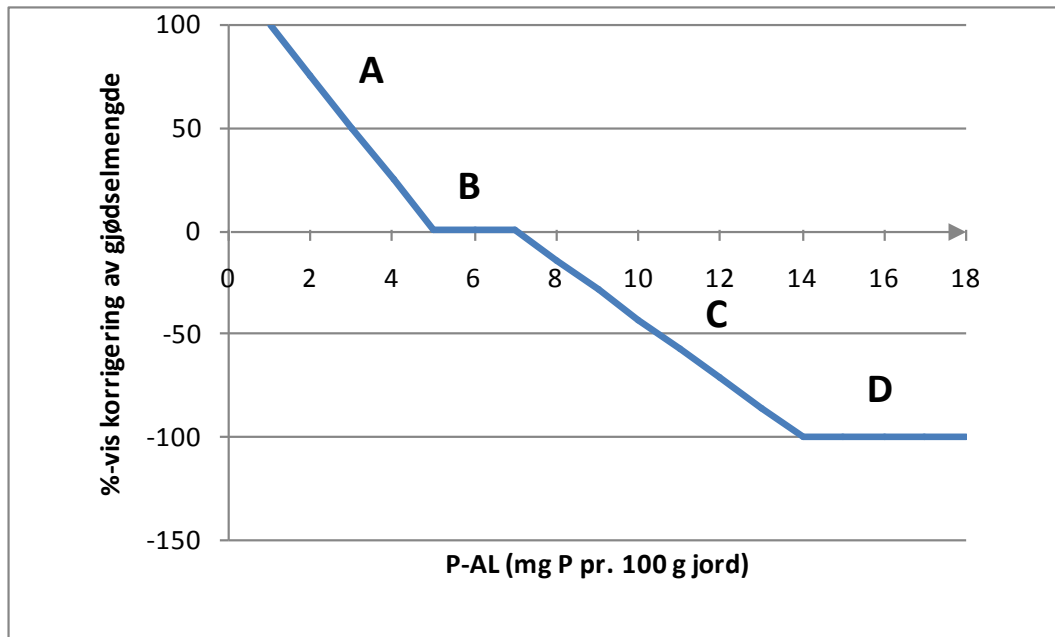


	P-AL (mg/100 g)	P-gjødsling (kg P/daa)
Skuterud	7,6	2,5
Mørdre	10,7	2,3
Kolstad	11,4	2,8
Naurstad	8,4	2,3
Volbu	11,9	2,2
Time	20,9	4,4
Vasshaglona	25,1	5,2

Figur 10. Sammenheng mellom gjennomsnittlig fosforgjødsling (kg P/daa) i overvåkingsperioden og jordas fosforstatus målt som P-AL (mg/100 g). Fosforgjødsling er oppgitt som middel for hele overvåkingsperioden. Jordas fosforstatus er oppgitt som arealveid middel.

I løpet av de siste årene har det vært økt oppmerksomhet på de uheldige miljøkonsekvensene som følge av høy fosforavrenning til vann og vassdrag. I samme periode er innsatsen knyttet til fosforgjødsling styrket betydelig. Som en følge av dette er nå normen for fosforgjødsling til korn, eng/beite og potet redusert med henholdsvis 30 %, 24 % og 22 % og det er utarbeidet en ny og nedjustert korreksjonskurve for fosforgjødsling i forhold til jordas P-AL-nivå (Figur 11). Etter de nye gjødslingsanbefalingene til korn og eng anbefales det å gjødsle med like mye fosfor som det fjernes med avlingene når P-AL er 5-7. Ved P-AL \geq 14 anbefales det ingen tilførsel av fosfor. Normgjødsling (anbefalt gjødsling) til korn er nå 1,4-1,75 kg P/daa, avhengig av vekst, mens normgjødsling til grønnsaker varierer mellom 3 og 6 kg P/daa. For potet er normen 3-3,5 kg P/daa. Normgjødsling tar

høyde for P-AL tall mellom 5 og 7 (korn) og 5 og 9 (potet og grønnsaker) (Kilde: Gjødslingshåndboka, www.bioforsk.no/gjodslingshandbok). Det er mye som tyder på at det gjødsles med fosfor en god del over norm i flere av feltene.



Figur 11. Prosentvis korreksjon av fosforgjødsling etter jordanalyseresultater.

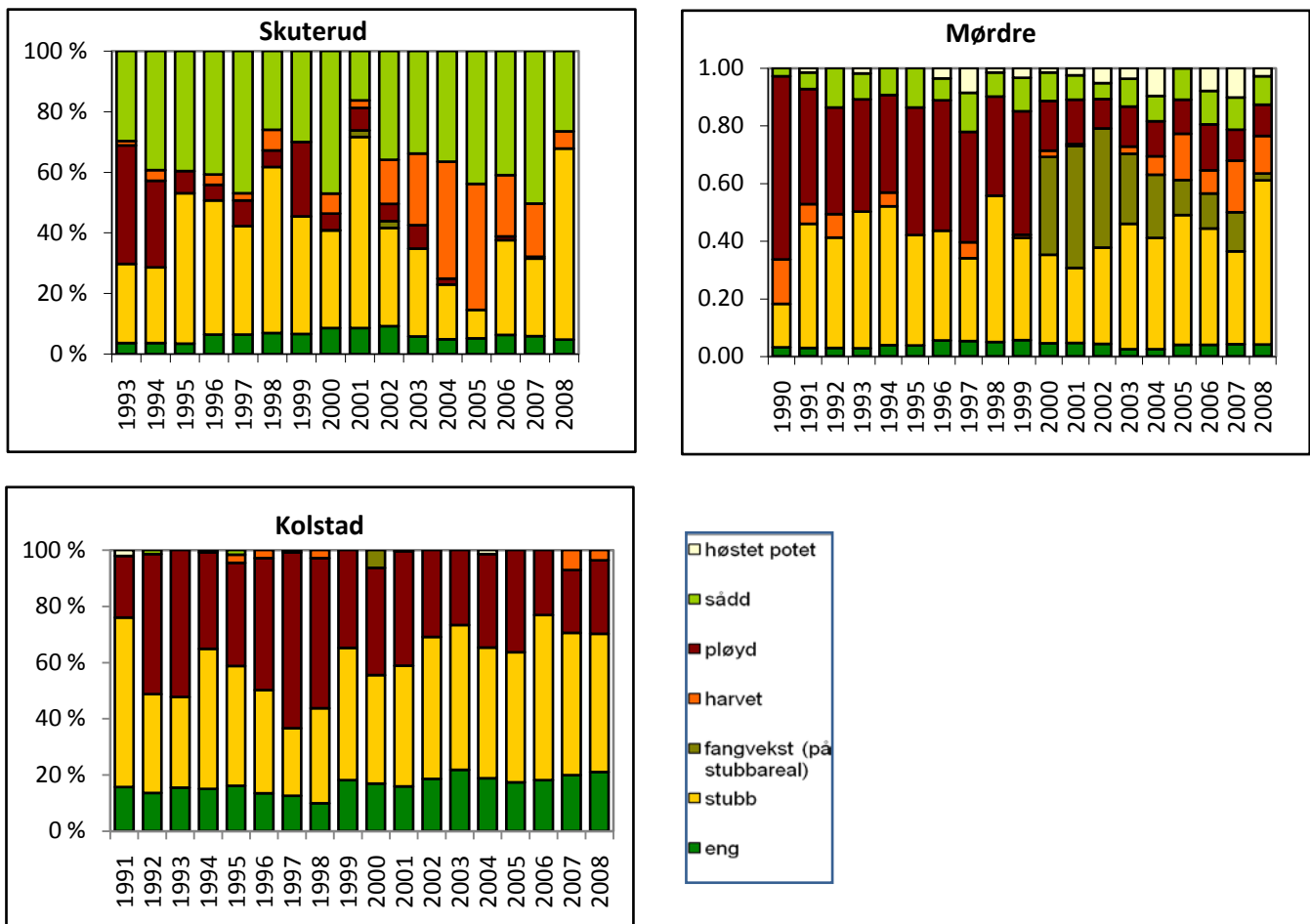
Ved P-AL-verdier over det optimale nivået tar det nye systemet i sterkere grad enn tidligere hensyn til at jorda er en viktig bidragsyter med fosfor, og at det av miljøhensyn er viktig å redusere P-AL-nivået på jord med høye verdier. Dette kommer til uttrykk ved en brattere senking av fosfor-gjødselmengden ved P-AL mellom 7 og 14 (nivå C) i forhold til tidligere trappetrinnsjustering. Videre anbefales det ikke tilførsel av fosfor på jord med P-AL over 14 (nivå D). Forsøk med gjødsling til korn og eng har vist liten respons for tilført fosforgjødsel ved P-AL over 14.

For jord med lave P-AL-verdier (nivå A), gjelder det som tidligere at fosforbehovet gjerne er større enn hva som tilføres med balanse gjødsling. Jordas evne til å binde fosfor er mye sterkere ved lave P-AL-tall enn ved høyere P-AL, så det er nødvendig å kompensere med økt gjødselmengde. På sikt bør målet være å heve P-AL-nivået opp til det optimale platået (5-7) hvis man er i A-området.

5. Jordarbeiding

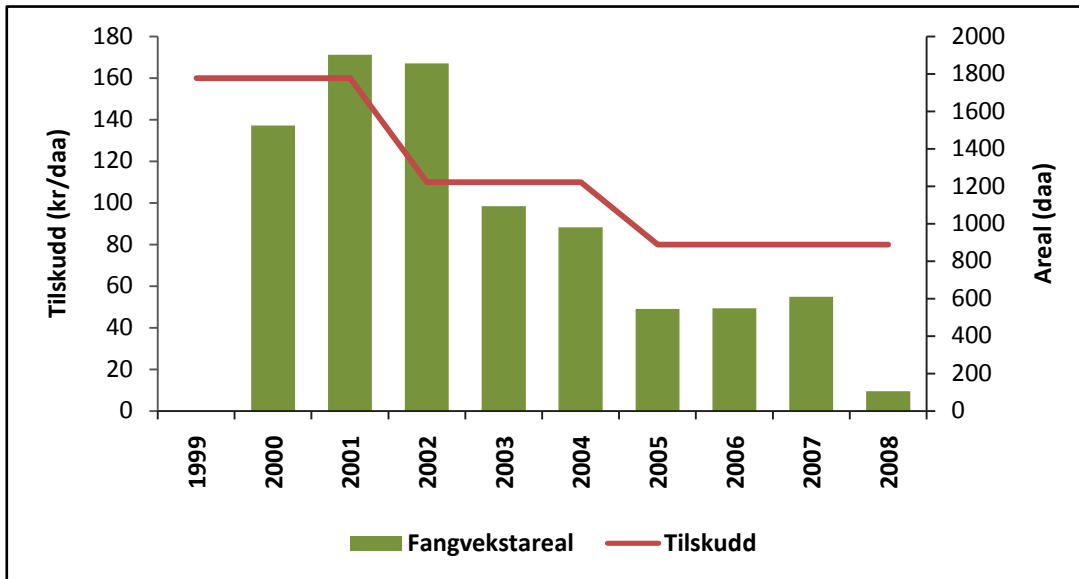
Jordbruksarealets tilstand om høsten og gjennom vinteren har avgjørende betydning for erosjonsrisiko og næringsstofftap. Dette er spesielt aktuelt i kornfelt hvor eventuell jordarbeiding etter siste høsting vil etterlate jorda uten et beskyttende plantedekke gjennom vinteren. Figur 12 viser jordbruksarealets tilstand per 31. desember hvert år i feltene Skuterud, Mørdre og Kolstad som er dominert av kornproduksjon.

Jordbruksareal som ligger i stubb gjennom vinteren har variert betydelig mellom år, men det har allikevel vært en klar nedgang i pløyd areal i alle tre feltene gjennom overvåkingsperioden. I Skuterud økte stubbarealet i tidlige år av overvåkingsperioden, i årene 2002-2007 ble mye areal høstharvet, men i 2008 var det igjen en stor andel areal i stubb og lite harvet areal i Skuterudfeltet. I Mørdre var det en økning i stubbareal med fangvekst etter at det ble innført tilskudd til dette i 1999. Opp mot 45 % av jordbruksarealet i Mørdre var tilsådd med fangvekst i 2000-2002. Etter at tilskuddet har blitt kraftig redusert de senere år, er det svært lite av arealet som tilsås med fangvekst. Både i Mørdre og i Skuterud lå over 60 % av arealet i stubb gjennom vinteren 2008/09. Engareal og høstsådd areal har variert lite mellom år.



Figur 12. Jordbruksarealets tilstand per 31. desember i Skuterud, Mørdre og Kolstad gjennom hele overvåkingsperioden.

Endringer i jordarbeiding har for en stor del skjedd som følge av etablering av tilskuddsordninger for redusert jordarbeiding. Endringer i tilskuddsatsene har også betydning for omfanget av de enkelte tiltakene. I Mørdrefeltet har arealet med fangvekst vist svingninger som samsvarer med endringer i tilskuddsnivå for fangvekst (Figur 13). Det er dog en forsinkelse i gårdbrukernes respons på tilskudd, som dels kan skyldes planlegging for neste sesong, og dels at driften må tilpasses en ny dyrkingsmetodikk.



Figur 13. Endringer i tilskudd til fangvekst og endringer i arealet med fangvekst i Mørdrefeltet i perioden 1999-2008.

5.1 C-faktor

C-faktoren angir andel erosjon pr driftstype i forhold til høstpløying, der høstpløying gir C-faktor 1 (Lundekvam, 2002). Det vanligste er å pløye før såing av høstkorn, noe som gir en C-faktor på ca 0,97 dvs. omtrent som ved høstpløying alene. Forsøk har imidlertid vist at erosjonsrisikoen kan være større enn ved pløying alene pga at jorda blir finsmuldret rett etter såing (Lundekvam 2002, Lundekvam 2007). I mange tilfeller velges det å harve før såing. Dersom det utføres en lett høstharving er C-faktoren 0,5 og dersom det derimot harves tyngre før såing er C-faktoren ca 0,85. Eksempel på slik harving vises i figur 14a, der det er svært lite plantemateriale igjen etter harving. For å være berettiget tilskudd til lett høstharving gjennom Regionalt Miljøprogram (RMP), er det krav om minst 30 % halmdekke etter harving og at harvingen kun skal foretas en gang og ikke skal være dypere enn 10 cm. Eksempel på tilskuddsberettiget areal vises i Figur 14b. Ved direktesåing av høstkorn er C-faktoren ca 0,34 i forhold til ved pløying. Dette viser at det er viktig å ha informasjon om jordarbeidingspraksis når man vurderer drift på arealene i forhold til erosjon og tap av næringsstoffer.

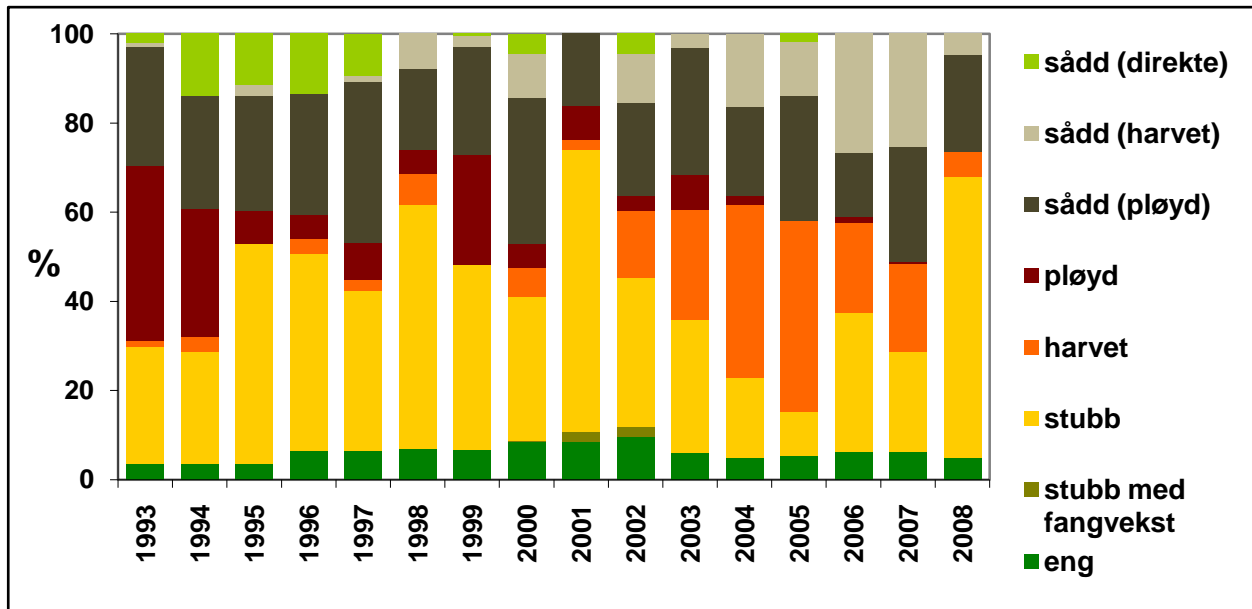


Figur 14a. Høstharvet areal, 18. november 2009.



Figur 14b. Eksempel på harvet areal med god halmdekning.

Figur 12 (over) viser arealtilstanden i bl.a. Skuterudfeltet pr 31.12., Figur 15 (under) viser det samme, men her er høstkornarealet oppdelt etter jordarbeidingspraksis før såing. I Skuterudfeltet er dyrking av høstkorn utbredt, og har gjennom overvåkingsperioden utgjort mellom 25 og 50 % av totalt jordbruksareal. Pløying før såing av høstkorn har vært dominerende jordarbeidingspraksis gjennom overvåkingsperioden, men i 2006 og 2007 har andelen som ble harvet før såing vært større enn andelen pløyd. Vi har imidlertid ingen informasjon om harvingen som ble utført var en lett høstharving eller om det ble harvet flere ganger.



Figur 15. Arealtilstanden i Skuterud pr 31.12 1993-2008. Høstsådd areal er oppdelt etter jordarbeidingspraksis.

6. Hydrologi i nedbørfeltene

6.1 Temperatur

Værforholdene har stor betydning for de prosessene som fører til avrenning og tap av næringsstoffer og partikler. Det var i 2008/09 (1. mai 2008 – 1. mai 2009) noe varmere enn middeltemperatur for overvåkingsperioden i de fleste feltene (Tabell 8).

Tabell 8. Årsmiddeltemperatur og vintertemperatur i 2008/09 og middel for alle år i overvåkingsperioden

	Årstemperatur °C		Vintertemperatur	
	Middel	2008/09	Middel	2008/09
Skuterud	6,3	6,6	-2,5	-2,7
Mørdre	5,0	5,7	-4,1	-3,1
Kolstad	4,1	4,3	-4,7	-4,9
Hotran	6,0	6,3	-2,3	-1,3
Naurstad	5,1	5,3	-1,5	-1,1
Skas-Heigre	8,4	8,9	2,8	2,8
Volbu	2,9	2,9	-5,9	-5,4
Time	8,8	8,8	2,2	2,2
Vasshaglona	8,4	8,2	1,4	0,6

Middeltemperatur i vinterperioden var i 2008/09 over middel for overvåkingsperioden i Mørdre, Hotran, og Volbu, mens den var lavere enn middel i Skuterud, Kolstad og Vasshaglona (Tabell 8).

Vinterperioden er her definert som perioden desember-mars, med unntak av Volbu hvor den er definert som perioden desember-april. I Mørdre og Hotran var vintertemperaturen i 2008/09 1,0 °C over middel, for øvrig var det små differanser i forhold til middelerverdier fra måleperioden. En mildere vinter med temperaturer som varierer rundt frysepunktet kan i mange tilfeller medføre flere fryse-/tineepisoder gjennom vinteren, med påfølgende avrenning og tap av næringsstoffer og partikler. Dersom man har en mer stabil vinter med vedvarende snødekke og lite frost i jord kan snøen smelte og infiltrere i jord eller renne av på overflaten, alt etter hvordan jordas temperatur var før snødekke etablerte seg vintersesongen. Begge forhold gir forskjellig effekt på erosjon og tap av næringsstoffer. Spesielt i engfelt kan fryse-/tineepisoder gjennom vinteren føre til utfrysning av løst fosfor fra plantemateriale, og følgelig økte tap (Bechmann et al. 2005). Høyere temperaturer på høsten kan på den andre siden bidra til utvikling av et bedre plantedekke i høstvetete som resulterer i redusert erosjonsrisiko.

6.2 Nedbør og avrenning

I feltene på Østlandet (Mørdre, Skuterud, Kolstad og Volbu) var det noe mer nedbør i 2008/09 enn middelnedbør for hele overvåkingsperioden (Tabell 9). I Trøndelag (Hotran) og på Sørlandet (Vasshaglona) kom det en god del mindre nedbør enn middelnedbør for overvåkingsperioden. I Nord-Norge (Naurstad) og i Vasshaglona var der betydelig mindre avrenning enn middel for alle år (Tabell 8). For øvrig var det ikke store forskjeller. Avrenningen i 2008/09 var større enn middel for hele overvåkingsperioden i fire av ni felt. Avrenningen var for alle feltene størst i oktober, november og desember, og i mars eller april. På grunn av problemer med målestasjonen i Hotran ble det ikke målt avrenning der i 2008/09.

Tabell 9. Nedbør, avrenning og vannbalanse (mm) i 2008/09 og i middel for alle år i overvåkingsperioden. Det ble ikke målt avrenning i Hotran i 2008/09.

	Nedbør (mm)		Avrenning (mm)		Vannbalanse (mm)	
	Middel	2008/09	Middel	2008/09	Middel	2008/09
Skuterud	867	972	537	631	330	341
Mørdre	721	724	305	356	416	368
Kolstad	721	782	342	430	378	352
Hotran	1131	947	732		400	
Naurstad	1254	1140	1135	906	119	234
Skas-Heigre	1368	1303	717	799	652	504
Volbu	580	606	291	279	289	327
Time	1351	1303	801	818	550	485
Vasshaglona	1535	1235	1206	1008	329	227

Vannbalansen, definert som differansen mellom nedbør og avrenning, varierer mye mellom felt og mellom år. Nedbørmålingene er ikke vindkorrigert, så de er sannsynligvis noe for lave. Vannbalansen for de ulike feltene i 2008/09 og i middel for alle år er vist i Tabell 9.

Forskjellen mellom nedbør og avrenning er størst i Skas-Heigre, hele 652 mm i middel for alle år, og med betydelig variasjon mellom år (198-1564 mm). Det er usikkerhet knyttet til flere faktorer som påvirker vannbalansen for dette feltet, bl.a. nedbørmålinger og nedbørfeltavgrensing.

I Naurstad er vannbalansen relativt lav. Her har det i enkelte perioder vært problemer med nedbørmåleren. Dette kan ha medført at nedbøren i disse periodene har blitt noe underestimert, og kan da være medvirkende årsak til at det enkelte år er veldig liten differanse mellom nedbør og avrenning, eller målt høyere avrenning enn nedbør. I Vasshaglona er differansen mellom målt nedbør og avrenning veldig lav de fleste år. Dette kan skyldes at det reelle nedbørfeltet er større enn hva den topografibaserte grensen tilsier. Det er mistanke om at fremmedvann kommer inn i feltet fra et ovenforliggende tjern som topografisk sett ligger utenfor nedbørfeltet. Det er nå satt i gang målinger for å undersøke om grunnvannet i feltet står under trykk.

Det er stor variasjon i avrenning mellom nedbørfeltene (Figur 16). Gjennomsnittlig årsavrenning varierer fra 300 mm i Volbufeltet til 1200 mm i Vasshaglona. For alle feltene skjer største andel av total årsavrenning utenom vekstsesongen, i perioden oktober - april. En analyse av hydrologien basert på målte timeverdier viser betydelige forskjeller i avrenningsmønster mellom nedbørfeltene (Deelstra *et al.* 2007), hvilket kan være viktig å ta hensyn til i forklaringen av forskjeller i næringsstofftap mellom jordbruksdominerte nedbørfelt under ellers like forhold. Analysen viser at for de fleste feltene blir 90 % av årsavrenningen drenert ut av feltene på mindre enn 200 dager, med unntak for Naurstad og Vasshaglona hvor det i gjennomsnitt tar henholdsvis 230 og 240 dager.



Figur 16. Nedbør (mm) og avrenning (mm) for hvert agrohydrologiske år (1. mai - 1. mai) gjennom overvåkingsperioden (Volbu 1. juni-1. juni).

7. Erosjon og næringsstoffavrenning

Tap av næringsstoffer og partikler varierer betydelig mellom de ulike overvåkingsfeltene og mellom år. I gjennomgangen er feltene delt opp i felt med åpen åker, Skuterud, Mørdre, Kolstad, Hotran og Vasshaglona. I Skuterud og Mørdre er det korn med lite husdyr. Kolstad og Hotran er også dominert av korn, men med husdyr som en viktig produksjon. Vasshaglona har intensiv potet- og grønnsaksproduksjon. I de fire andre feltene (Skas-Heigre, Volbu, Naurstad og Time) er det gras og husdyrproduksjon med ulik intensitet.

Konsentrasjoner og tap av suspendert stoff (SS), nitrogen (N) og fosfor (P) er diskutert i det følgende.

7.1 Nitrogenavrenning

De vannføringsveide årsmiddelkonsentrasjonene av nitrogen i avrenning fra de 9 feltene varierer fra om lag 1 til 11 mg N/l i middel for overvåkingsperioden (Tabell 10). Nitrogenkonsentrasjonene er klart høyest i Kolstadbekken (ca 11 mg N/l). Gjennomsnittskonsentrasjoner fra de øvrige feltene er på ca 4-6 mg N/l, med unntak av i Volbu og Naurstad som har ekstensiv drift og har lavere N-konsentrasjoner.

Tabell 10. Nitrogenkonsentrasjoner (mg/l) målt i feltene i middel for alle år i overvåkingsperioden (ca 1992-2009) og i 2008/09. Konsentrasjoner oppgitt som hhv. minimums- og maksimumskonsentrasjon i enkeltprøver og vannføringsveid middel. For Hotran i 08/09 er alle målinger basert på stikkprøver.

	Nitrogenkonsentrasjon (mg/l)					
	Overvåkingsperioden			2008/09		
	Minimum	Maksimum	Middel	Minimum	Maksimum	Middel
Skuterud	0,8	22,3	5,9	1,8	24,7	5,7
Mørdre	1,1	32,9	5,1	1,4	8,4	4,3
Kolstad	1,2	22,0	11,5	4,9	29,0	12,4
Hotran	0,4	19,0	4,6	1,3	8,8	3,4
Naurstad	0,4	5,5	1,1	0,7	2,0	1,3
Skas-Heigre	1,9	10,8	5,1	3,1	6,7	5,0
Volbu	1,1	13,0	3,7	1,7	5,9	3,4
Time	1,2	14,0	5,8	5,2	18,0	7,0
Vasshaglona	0,9	18,0	5,8	1,8	14,0	5,5

Fra feltene med korn som hovedproduksjon har Kolstadbekken de høyeste nitrogenkonsentrasjonene. Det blir spredt forholdsvis mye husdyrgjødsel om høsten i Kolstad, og de høyeste nitrogenkonsentrasjonene blir generelt målt i november. Høstpløying er dessuten mer utbredt i Kolstad enn i de to andre kornfeltene, og dette bidrar også til økt risiko for nitrogenutvasking. Videre er avrenningen i Kolstad dominert av avrenning med lav intensitet sammenliknet med de to andre kornfeltene (Deelstra et al. 2007). Dette kan tyde på at en forholdsvis stor del av vanntransporten skjer gjennom jorda med større effekt på nitrogenavrenningen sammenliknet med de andre kornfeltene.

Laveste nitrogenkonsentrasjoner blir generelt målt i vekstsesongen, mens de høyeste nitrogenkonsentrasjonene blir målt på høsten. Plantenes nitrogenopptak reduserer mengden tilgjengelig nitrogen i jorda og dermed risiko for nitrogenutvasking i vekstsesongen. Samtidig er det ofte mindre avrenning i vekstsesongen (Deelstra et al. 2007). Utenom vekstsesongen kan mineralisering av organisk materiale, samt evt. høstjordarbeiding føre til høye

nitrogenkonsentrasjoner i jorda og dermed større risiko for utvasking. Etter gjødsling om våren og før røttene er tilstrekkelig utviklet, kan nedbørepisoder føre til høye konsentrasjoner av nitrogen i avrenningen. I Kolstad ble det i 2008/09 målt høye nitrogenkonsentrasjoner på henholdsvis 9 og 29 mg N/l i to blandprøver i mai.

Laveste nitrogenkonsentrasjoner (gjennomsnitt 1,1 mg N/l) blir målt i Naurstadbekken. Mye nedbør og en stor andel utmark bidrar til fortykning av avrenningen fra dette feltet. Videre er Naurstadfeltet dominert av organisk jord, og nitrogenutvaskingen på slik jord avhenger bl.a. av C/N-forholdet (forholdet mellom mengde karbon (C) og nitrogen(N) i det organiske materialet).

Over tid viser nitrogenkonsentrasjonene generelt mindre variasjon enn konsentrasjonene av suspendert stoff og fosfor. I 2008/09 var nitrogenkonsentrasjonene i de fleste felt litt lavere enn middel for overvåkingsperioden.

Beregnete tap av nitrogen fra jordbruksarealer var i 2008/09 høyere enn middel for overvåkingsperioden i de fleste feltene (Tabell 11). Dette er i stor grad forklart av høy avrenning dette året sammenliknet med tidligere år.

Tabell 11. Tap av total nitrogen (kg/daa totalareal) i 2008/09 og i middel for alle år i overvåkingsperioden.

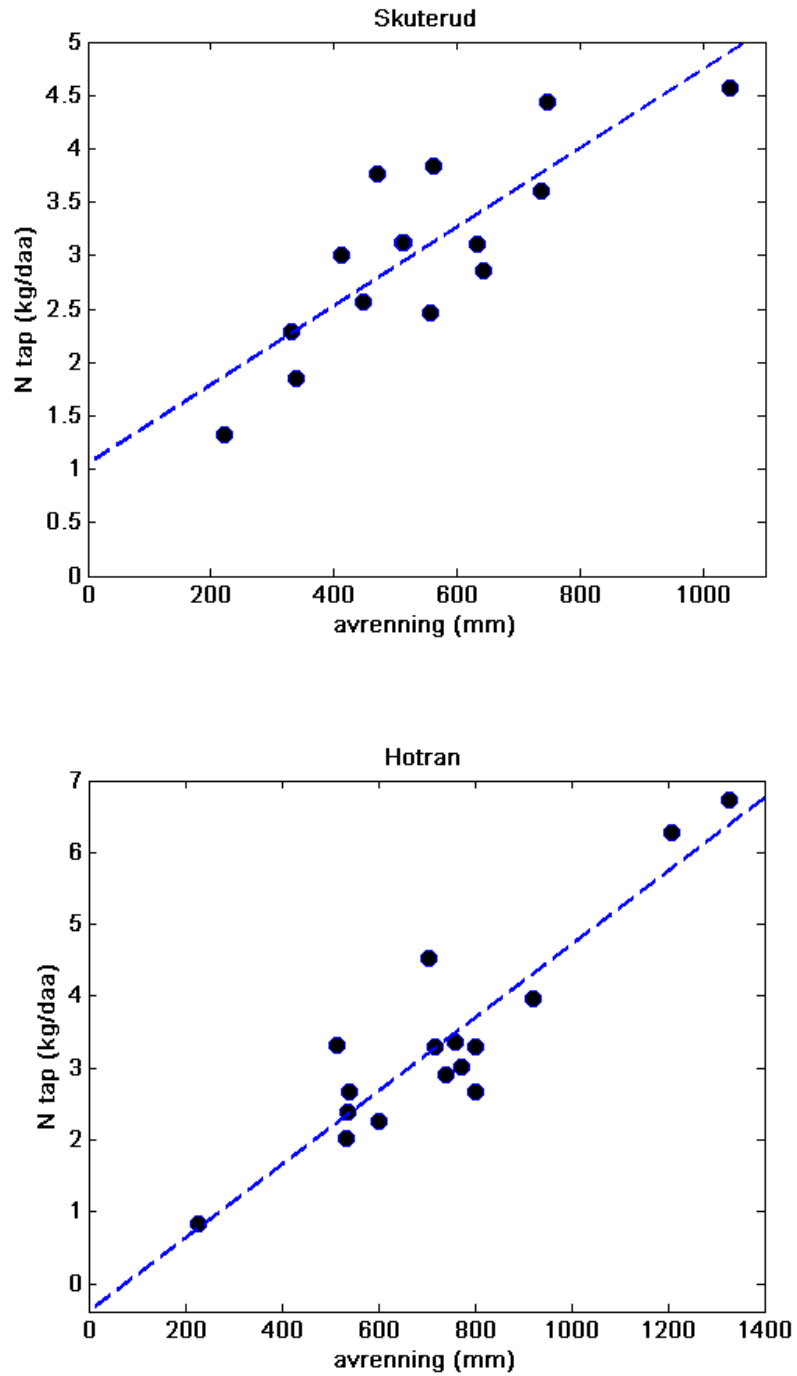
	Totalnitrogen (kg/daa)	
	Middel	2008/09
Skuterud	3,1	3,6
Mørdre	1,5	1,5
Kolstad	3,8	5,3
Hotran	3,3	*
Naurstad	1,2	1,2
Skas-Heigre	3,6	4,0
Volbu	1,1	0,9
Time**	5,0	5,7
Vasshaglona	7,2	5,3

* Problemer med måling av avrenning

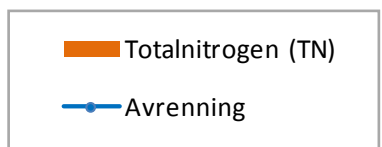
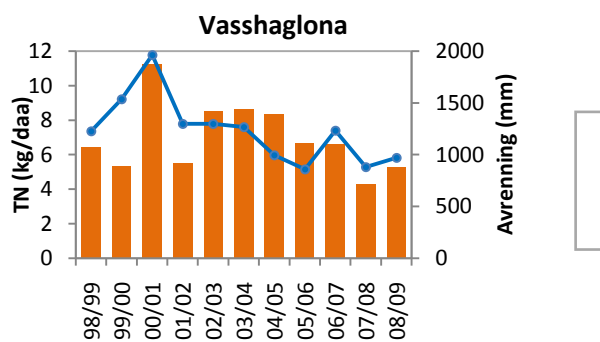
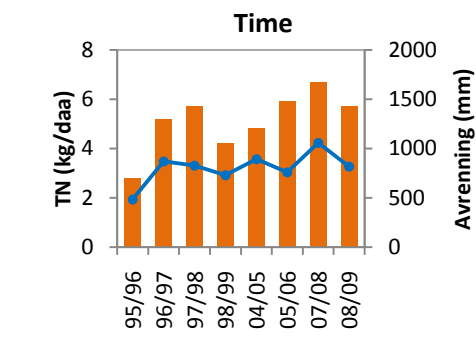
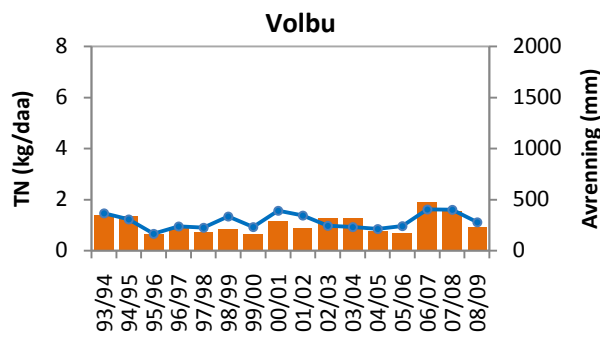
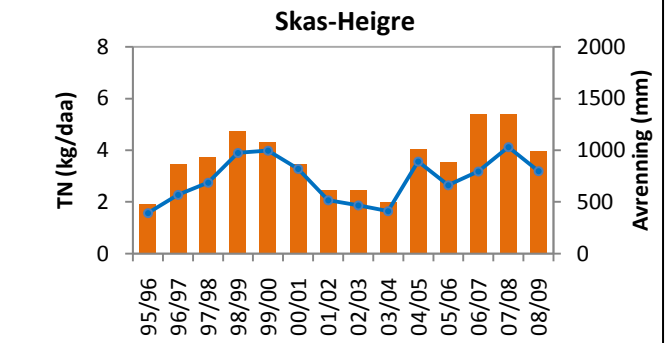
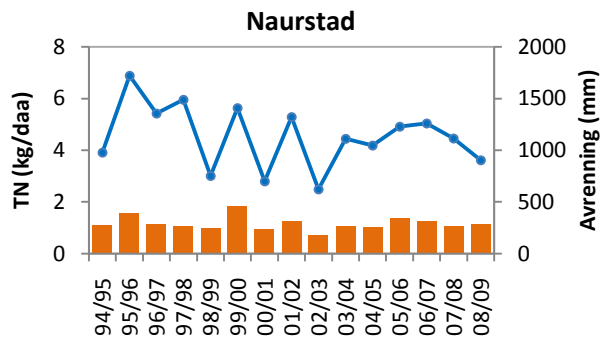
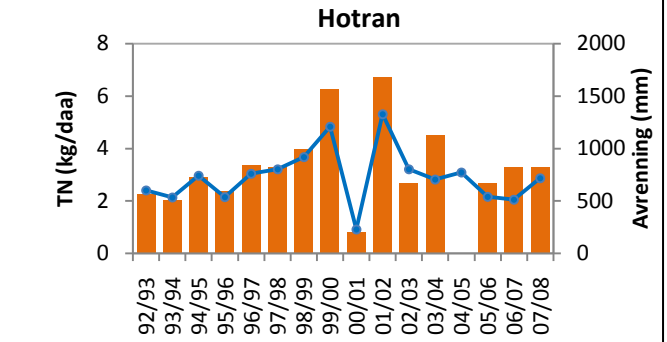
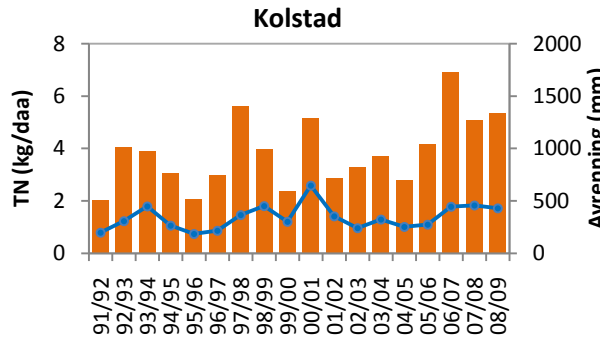
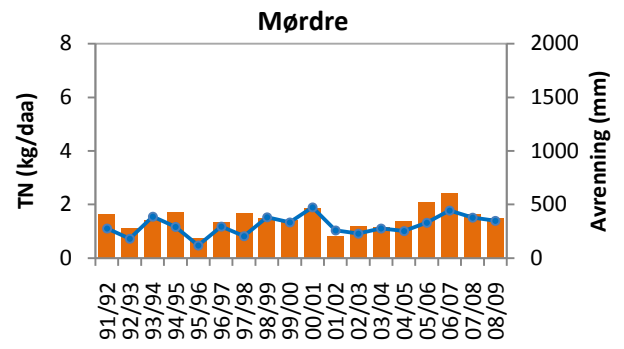
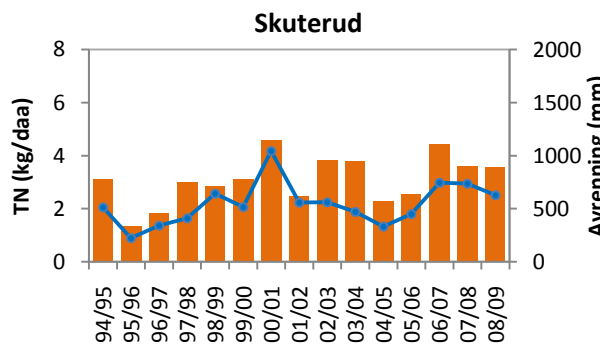
** Totalt åtte år er med

De gjennomsnittlige nitrogentapene i rene kornfelt (Mørdre og Skuterud) er på hhv 1,5 og 3,1 kg N/daa. Tilsvarende tap i intensive engfeltene (Time, Skas - Heigre) varierer fra 3,6 til 5,0 kg N/daa, mens de mer ekstensive engfeltene (Time og Naurstad) har nitrogentap på 1,1 og 1,2 kg/daa. Feltene Hotran og Kolstad, med en kombinasjon av korn og husdyrproduksjon, har et nitrogentap på hhv 3,3 og 3,8 kg N/daa. Dette er høyere enn i de rene kornfeltene, men lavere enn Time (rent engfelt).

Det er generelt god sammenheng mellom avrenning og nitrogentap (Figur 17). Spredningen skyldes delvis en rekke faktorer utenom avrenningen som påvirker konsentrasjonen av nitrogen i jorda og dermed tapene av nitrogen, bl.a. temperatur på høsten, jordarbeiding, forsommertørke og endringer i jordbruksdrift..



Figur 17. Sammenheng mellom nitrogentap (kg/daa totalareal) og avrenning (mm) for Skuterud (øverst) og Hotran (nederst).



Figur 18. Avrenning (mm) og tap av totalnitrogen (kg/daa totalareal) i feltene gjennom overvåkingsperioden. NBI/ Vasshaglona har annen y-akse.

Det høyeste gjennomsnittlige nitrogen tapet (6,2 kg N/daa) er beregnet for Vasshaglona, der det både er høy avrenning og høye konsentrasjoner av nitrogen i avrenningen (Figur 18). I feltet er det intensiv drift med høy nitrogen gjødsling (21 kg N/daa). Åpen åker med stor andel potet og grønnsaker fører dessuten til økt risiko for nitrogen tap i perioden etter høsting. I middel for alle år er nitrogen tapene høyere i Kolstad sammenlignet med de øvrige feltene dominert av kornproduksjon, dette gjelder spesielt de siste årene fra 05/06 til nå. Det har i samme periode vært økt husdyrtall, økt bruk av husdyrgjødsel og noe høyere avrenning enn perioden før. I Volbu er det i middel for alle år lave nitrogen tap på grunn av lite nedbør og lave konsentrasjoner. Jordbruksdriften i Volbu er ekstensiv med lave nitrogen tilførsler (13 kg N/daa).

7.2 Erosjon og fosforavrenning

De vannføringsveide årsmiddelkonsentrasjonene av suspendert stoff (SS) i overvåkingsbekkene varierer fra 13 til 322 mg SS/l i middel for overvåkingsperioden (Tabell 12).

Tabell 12. Konsentrasjoner av suspendert stoff (mg/l) målt i feltene i 2008/09 og i middel for alle år i overvåkingsperioden (ca 1992-2009). Konsentrasjoner oppgitt som hhv. minimums- og maksimumskonsentrasjon i enkeltprøver og vannføringsveid middel. For Hotran 2008/09 er alle målinger basert på stikkprøver.

	Konsentrasjon av suspendert stoff (mg/l)					
	Overvåkingsperioden			2008/09		
	Minimum	Maksimum	Middel	Minimum	Maksimum	Middel
Skuterud	<5	2398	130	7	260	121
Mørdre	<5	4400	322	30	990	419
Kolstad	<5	330	30	<5	69	31
Hotran	<5	2300	223	<5	207	41
Naurstad	<5	180	26	<5	75	35
Skas-Heigre	<5	50	14	<5	52	8
Volbu	<5	610	13	<5	75	39
Time	<5	100	13	<5	83	14
Vasshaglona	<5	1000	71	<5	80	23

Vannføringsveid årsmiddelkonsentrasjon av suspendert stoff er generelt størst i Mørdrebekken og i Hotrankanalen, hele overvåkingsperioden sett under ett. I både Mørdre og Hotran er det synlig erosjon i bekke-/elveskrentene. Det er ikke gjort målinger av hvor mye dette bidrar til total konsentrasjon av suspendert stoff. Feltene med åpen åker (Skuterud, Mørdre, Kolstad, Hotran og Vasshaglona) har generelt de høyeste konsentrasjonene av suspendert stoff i avrenningen. Åpen åker gir normalt høyere erosjonsrisiko enn eng og beite, og dermed også høyere konsentrasjoner av suspendert stoff. Åpen åker er spesielt utsatt for erosjon i vintre med hyppige fryse/tine-episoder.

Konsentrasjonene av suspendert stoff i Kolstad er imidlertid lave. Det skyldes den sakte avrenningen som skjer gjennom jorda og i mindre grad forårsaker overflateerosjon. Avrenningsintensiteten i Kolstad er lavere enn i Skuterud- og Mørdrefeltet samtidig som også døgnvariasjonen i avrenningen er betydelig lavere (Deelstra et al. 2007) noe som kan tyde på at kun en mindre del av avrenningen skjer på overflaten og gjennom makroporer. I Kolstad er det dessuten et belte med flerårig vegetasjon langs bekken som kan fungere som rensefilter.

Avrenningen fra engfeltene (Naurstad, Skas-Heigre, Volbu og Time) har lavere konsentrasjoner av suspendert stoff (13-26 mg/l), med noe høyere konsentrasjoner i Naurstadbekken sammenliknet med de to andre (Tabell 13). I Naurstad er det synlig erosjon i de siltige bekkeskrentene, som sannsynligvis bidrar til noe høyere konsentrasjoner av suspendert stoff enn generelt for engfelt.

Når vi sammenlikner 2008/09 med hele overvåkingsperioden var middelkonsentrasjoner av suspendert stoff høyere enn gjennomsnitt for overvåkingsperioden i Mørdre, Naurstad og Volbu. I Hotran og Vasshaglona var middelkonsentrasjonene av suspendert stoff lavere enn gjennomsnittet for hele overvåkingsperioden.

Vannføringsveid årsmiddelkonsentrasjon av fosfor var i 2008/09 størst i Mørdrebekken og i Skuterudbekken, men også i Timebekken ble det målt høye fosforkonsentrasjoner (Tabell 13). Her var det spesielt to enkeltepisoder med svært høye konsentrasjoner som medførte høyt årsmiddel.

Tabell 13. Fosforkonsentrasjoner (mg/l) målt i feltene i 2008/09 og i middel for alle år i overvåkingsperioden (ca 1992-2009). Konsentrasjoner oppgitt som hhv. minimums- og maksimumskonsentrasjon i enkeltblandprøver og vannføringsveid middel. For Hotran i 08/09 er alle målinger basert på stikkprøver.

	Fosforkonsentrasjon (mg/l)					
	Overvåkingsperioden			2008/09		
	Minimum	Maksimum	Middel	Minimum	Maksimum	Middel
Skuterud	0,01	1,69	0,24	0,03	0,49	0,26
Mørdre	0,04	3,96	0,39	0,14	1,30	0,35
Kolstad	0,01	0,52	0,10	0,03	0,27	0,08
Hotran	0,03	2,00	0,32	0,05	2,37	0,52
Naurstad	0,02	0,97	0,13	0,04	0,23	0,10
Skas-Heigre	0,04	1,30	0,15	0,05	0,43	0,15
Volbu	0,01	1,80	0,06	0,02	0,13	0,08
Time	0,03	0,68	0,15	0,06	1,50	0,23
Vasshaglona	0,02	4,00	0,32	0,04	0,52	0,15

Forholdet mellom fosfor og suspendert stoff er høyere (4,3 %) i Vasshaglona enn i de øvrige bekkene på grunn av høyt fosforinnhold i jorda i nedbørfeltet. I Mørdrebekken er forholdet om lag 1,3 %.

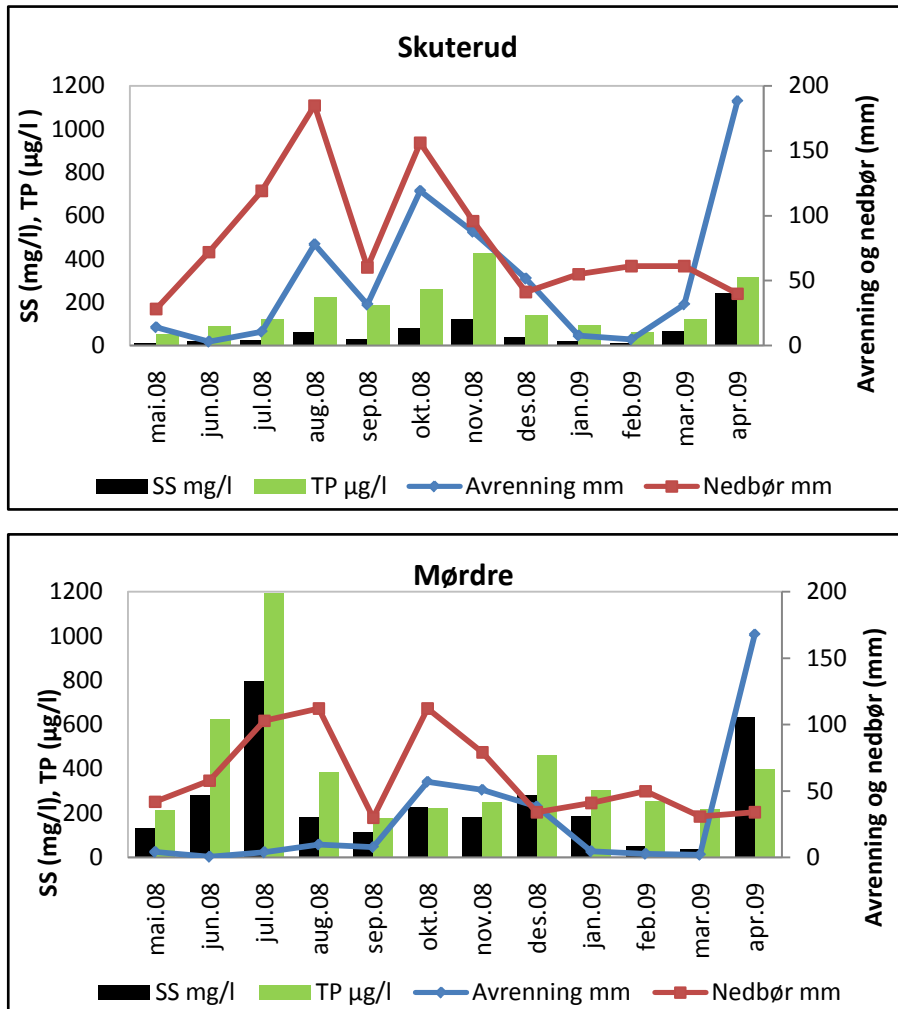
Når det gjelder hele overvåkingsperioden varierer middelkonsentrasjonene av fosfor i bekkene fra felt med åpen åker (Skuterud, Mørdre, Kolstad, Hotran og Vasshaglona) fra 0,10 til 0,39 mg P/l. I bekkene i felt dominert av eng og beite varierer de vannføringsveide middelkonsentrasjonene fra 0,06 til 0,15 mg P/l. Åpen åker har høyere erosjonsrisiko og dermed ofte høyere fosforkonsentrasjoner i avrenningen sammenliknet med avrenning fra eng og beite.

Fosforkonsentrasjonene varierer mindre mellom åpen åker og eng/beite sammenliknet med konsentrasjoner av suspendert stoff. Jordas fosforinnhold er generelt høyere i feltene med eng/beite (8-21 mg P-AL/100 g) enn i feltene med korn (8-11 mg P-AL/100 g) - jf Figur 8, og dette bidrar til noe høyere fosforkonsentrasjoner i avrenning fra engfeltene sammenliknet med kornfeltene ved samme konsentrasjoner av suspendert stoff. De høyeste målte fosforkonsentrasjonene gjennom hele overvåkingsperioden er omlag 5-30 ganger større enn de vannføringsveide middelkonsentrasjonene, hvilket indikerer større variasjoner for fosforkonsentrasjoner sammenliknet med konsentrasjoner av suspendert stoff.

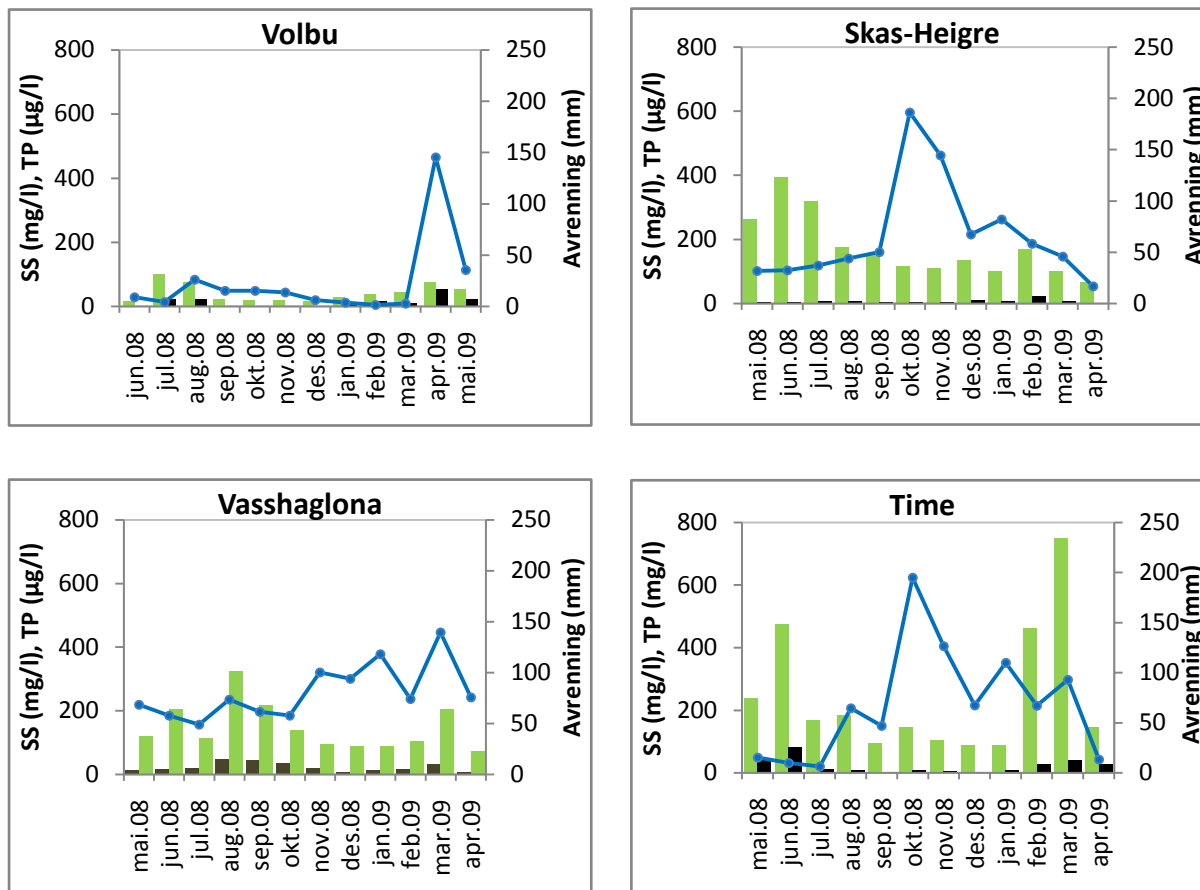
Når vi sammenlikner 2008/09 med hele overvåkingsperioden var middelkonsentrasjoner av fosfor i 2008/09 omtrent det samme som middelkonsentrasjon for alle år i alle felt med unntak av Time og Vasshaglona. Middelkonsentrasjonen i 2008/09 var høyere i Time og lavere i Vasshaglona i forhold til gjennomsnitt for hele overvåkingsperioden (tabell 13). I 2008/09 var maksimumskonsentrasjonene av fosfor 2-7 ganger større enn vannføringsveid middelkonsentrasjon for året.

Det er relativt store forskjeller i målte konsentrasjoner av fosfor og suspendert stoff mellom kornfeltene Skuterud og Mørdre. Det er jevnt over mer nedbør og høyere avrenning i Skuterud mens konsentrasjonsnivået av suspendert stoff og fosfor er lavere enn i Mørdrefeltet. De høyeste

konsentrasjonene måles generelt om høsten og i forbindelse med snøsmelting i begge feltene. Når det gjelder 2008/09 ser vi at det i Mørdre ble målt svært høye konsentrasjoner i juli. Det var liten avrenning på dette tidspunktet, men figuren nedenfor viser at det kom mye nedbør i juni og juli (Figur 19). Årsakene til dette er uklar siden det er et sannsynlig fullt utviklet plantedekke på dette tidspunktet av året som på en måte forebygger erosjonen. Tilsvarende forhold i Skuterud ga ikke den samme effekten på målte konsentrasjoner. I perioden med stabilt snødekke (januar - mars 2009) var det svært liten avrenning, og lave konsentrasjoner av suspendert stoff og fosfor.



Figur 19. Vannføringsveide konsentrasjoner av SS og TP og målt nedbør og avrenning 2008/09 i Skuterud og Mørdre.

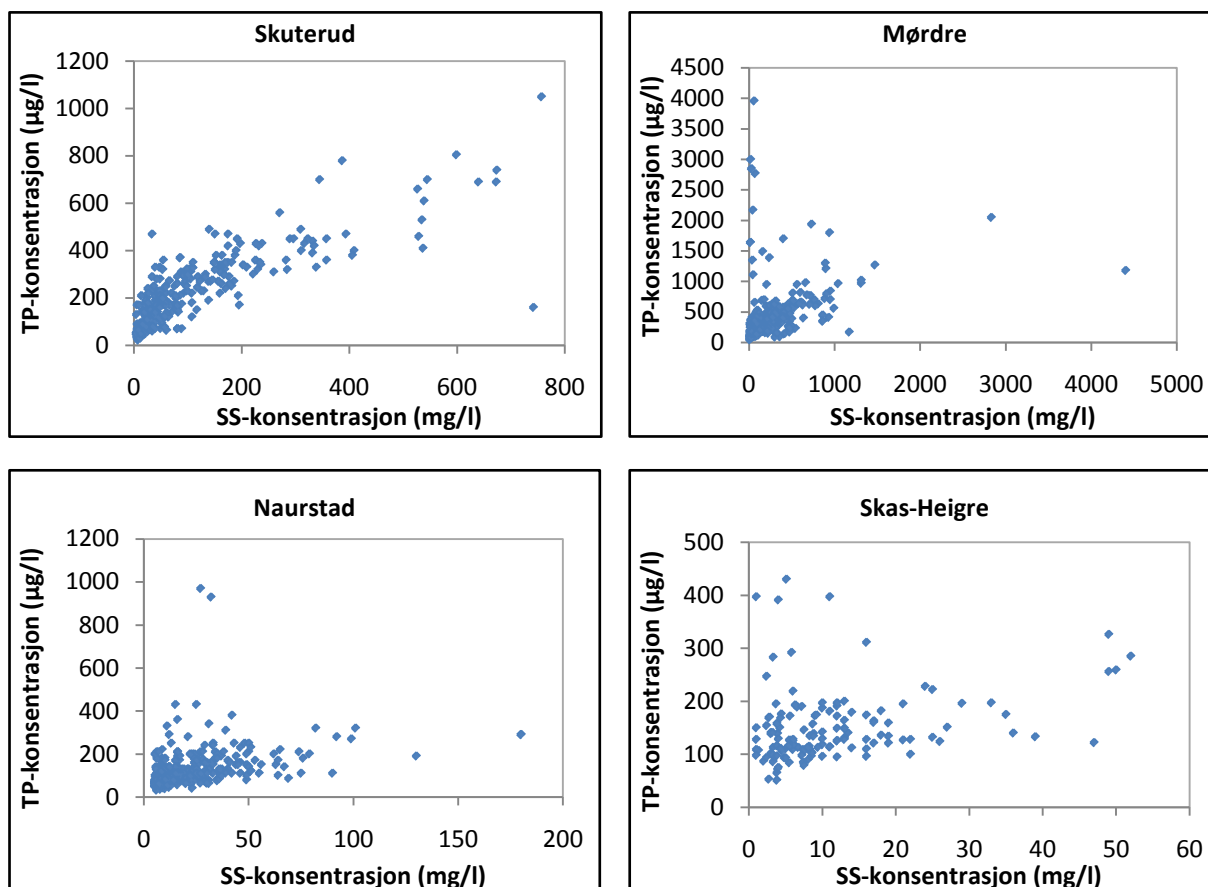


Figur 20. Vannføringsveide konsentrasjoner av SS (svarte søyler), TP (grønne søyler) og avrenning (blå linje) på månedsbasis for 2008/09.

I Kolstad og Volbu ser vi også at avrenningen er svært lav i perioden med stabilt snødekke (januar til mars 09). I de øvrige feltene var vinteren preget av mer ustabile forhold, og variasjoner i avrenning og konsentrasjoner (Figur 20). I Timebekken var det spesielt to målinger i februar og mars med høye fosforkonsentrasjoner, de episodene førte til at middelkonsentrasjonen for Timebekken dette året ble blant de høyeste som er registrert. På Jæren (Time og Skas-Heigre) er det jevnt over lave konsentrasjoner av suspendert stoff. Det er lite erosjon i dette området flate arealer og mye eng/beite. Fosforkonsentrasjonene som måles er derimot relativt høye, og har trolig sammenheng med gjødselbruken i området. I Volbu er preget av lav avrenning og det måles relativt lave konsentrasjoner året gjennom, men i forbindelse med snøsmelting i mars/april økte konsentrasjonene av både suspendert stoff og fosfor. I Vasshaglona var konsentrasjoner av både suspendert stoff og fosfor blant de laveste som er målt i området.

Sammenhenger mellom konsentrasjoner av suspendert stoff og total fosfor gir en indikasjon på i hvilken grad fosfor tapes i partikkelbundet eller løst form. I kornfeltene Skuterud og Mørdre er det en relativt god sammenheng mellom suspendert stoff- og fosforkonsentrasjoner i avrenningen, men med noe avvik i Mørdre på grunn av episoder med punktutslipp tidlig i overvåkingsperioden, som ga svært høye fosforkonsentrasjoner ved lav vannføring uten at det var tilsvarende høye konsentrasjoner av suspendert stoff (Figur 21). I Skuterudbekken og Mørdrebekken utgjør løst fosfat i gjennomsnitt hhv. ca 27 % og 22 % av total fosforkonsentrasjon. I Naurstad og Skas-Heigre er erosjon i mindre grad bestemmende for fosforkonsentrasjonen, og sammenhengen mellom

konsentrasjoner av fosfor og suspendert stoff i avrenningen dårligere. Dette skyldes i stor grad grasproduksjon i feltene som gir lav erosjon og lite partikkeltransport, kombinert med tilførsler av husdyrgjødsel, som delvis ble spredt på høsten. I blandprøver fra Naurstadbekken utgjør løst fosfat i gjennomsnitt 54 % av total fosforkonsentrasjon. Konsentrasjoner av løst fosfat er generelt høyere fra engfelt i forhold til felt med kornproduksjon, hvilket ofte medfører høyere biotilgjengelighet av fosfor i engfelt.



Figur 21. Sammenheng mellom konsentrasjoner av suspendert stoff (mg SS/l) og total fosfor ($\mu\text{g P/l}$) i blandprøver fra Skuterudbekken, Mørdrebekken, Naurstadbekken og Skas-Heigrekanaalen.

De gjennomsnittlige tapene av suspendert stoff varierer fra 6 til 147 kg/daa (Tabell 14 og figur 22) i 2008/09. I feltene med åpen åker varierer tapene av suspendert stoff fra 13 til 147 kg/daa, mens tapene i engfeltene varierer fra 6 til 32 kg/daa. Tap av suspendert stoff er størst i Hotran når man ser hele overvåkingsperioden under ett. Videre er jordbruksdriften dominert av åpen åker, og det er mye nedbør og høy avrenning i feltet. Vasshaglona skiller seg ut med spesielt høye fosfortap, middeltap for alle år er 0,57 kg P/dekar. Også tap av suspendert stoff er høye, med 133 kg/dekar i gjennomsnitt. I 2008/09 var tapene av suspendert stoff og fosfor blant de laveste som er registrert i hele overvåkingsperioden. Lav avrenning i september og oktober kan være med å forklare dette (Rød et al. 2009).

Tap av fosfor fra Naurstad er generelt høyt i forhold til den lave driftsintensiteten i feltet. Det er sannsynlig at det er store fosfortap på grunn av at den organiske jorda har liten evne til å binde fosfor. Mye nedbør og høy avrenning bidrar også til høye tap. Det blir dessuten tilført en del fosfor utenom vekstsesongen, hvilket gir stor risiko for utvasking. I Volbu, der det drives ekstensiv

grasproduksjon er tapene av både partikler og fosfor betydelig lavere enn i de øvrige feltene. I Timefeltet ble det i 2008/09 registrert de høyeste tapene i overvåkingsperioden av både fosfor og suspendert stoff.

Tabell 14. Tap av suspendert stoff (kg/daa totalareal) og totalfosfor (g/daa totalareal) i 2008/09 og i middel for alle år i overvåkingsperioden.

	Suspendert stoff (kg/daa)		Totalfosfor (g/daa)	
	Middel	2008/09	Middel	2008/09
Skuterud	74	76	138	166
Mørdre	94	147	117	124
Kolstad	11	13	34	35
Hotran	163	*	234	*
Naurstad	31	32	145	93
Skas-Heigre**	11	6	104	120
Volbu	4	10	18	17
Time***	10	11	129	186
Vasshaglona	133	23	574	142

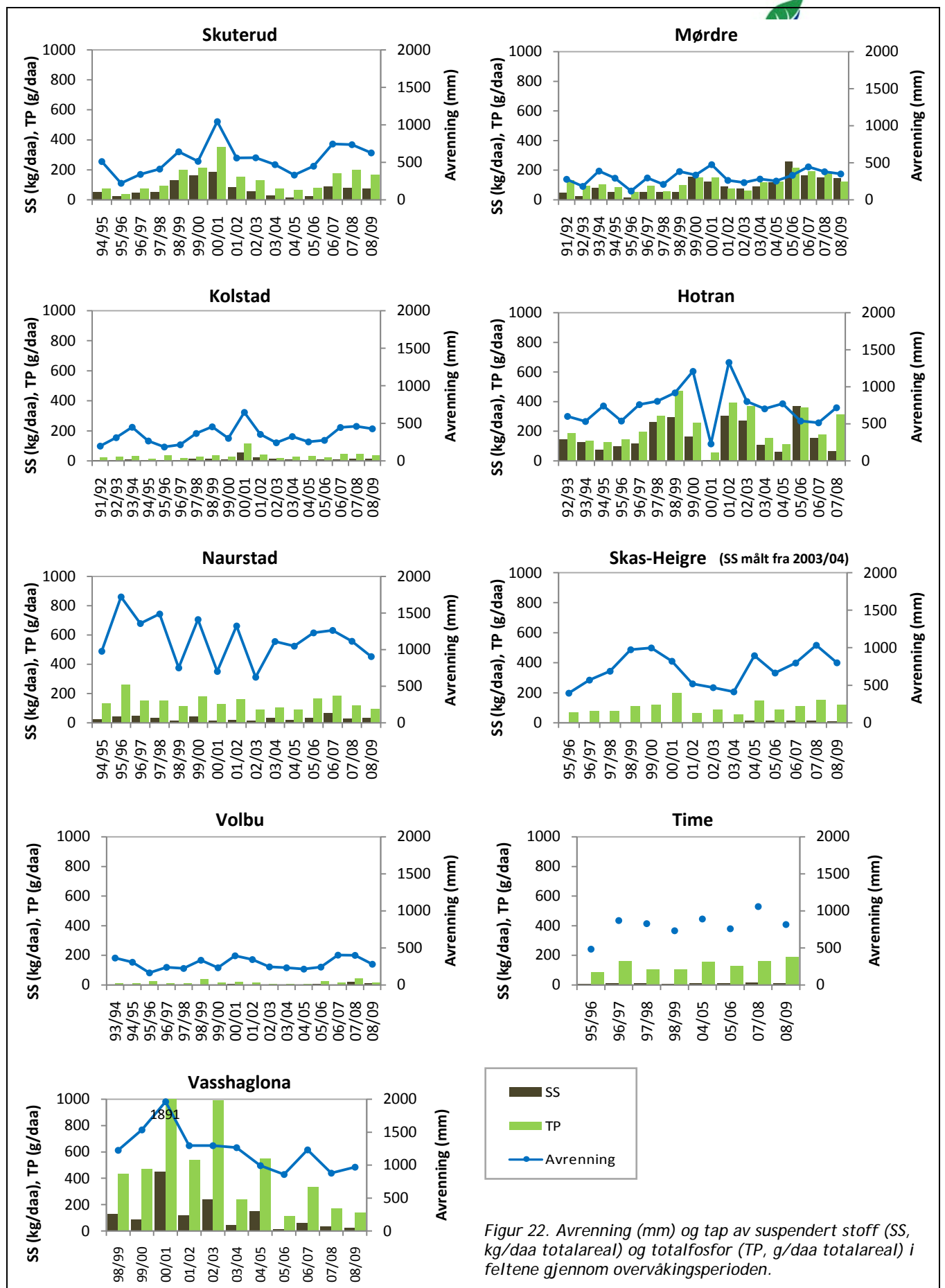
* Problemer med måling av avrenning

** SS analysert fra 2003/04

*** Totalt åtte år er med

Tapene av suspendert stoff og fosfor i 2008/09 var, i motsetning til nitrogentapene, høyere enn middeltap for de fleste felt.

I kornfeltene Skuterud og Kolstad, var tap av fosfor og suspendert stoff omtrent som gjennomsnittet for overvåkingsperioden, men i Mørdre var beregnet tap av suspendert stoff en del høyere enn gjennomsnittet. Dette kan skyldes høy avrenning, men det har vært tilsvarende høy avrenning tidligere år uten at så høye tap har blitt registrert. Det har vært registrert nedgang i jordarbeidet areal om høsten i de senere år hvilket skulle ført til redusert erosjon, og følgelig reduserte tap av fosfor og partikler. Det er det siste året satt i gang undersøkelser i Skuterud og Mørdre om det kan være erosjon i bekkeskrenter som fører til høye tap.



Figur 22. Avrenning (mm) og tap av suspendert stoff (SS, kg/daa totalareal) og totalfosfor (TP, g/daa totalareal) i feltene gjennom overvåkingsperioden.

7.3 Fangdammen i Skuterudfeltet

I utløpet av Skuterudbekken ble det etablert en fangdam i 2002 (Figur 23). Det foretas målinger av vannføring og kjemiske analyser både ved fangdammens innløp og utløp (hovedmålestasjonen i Skuterud).

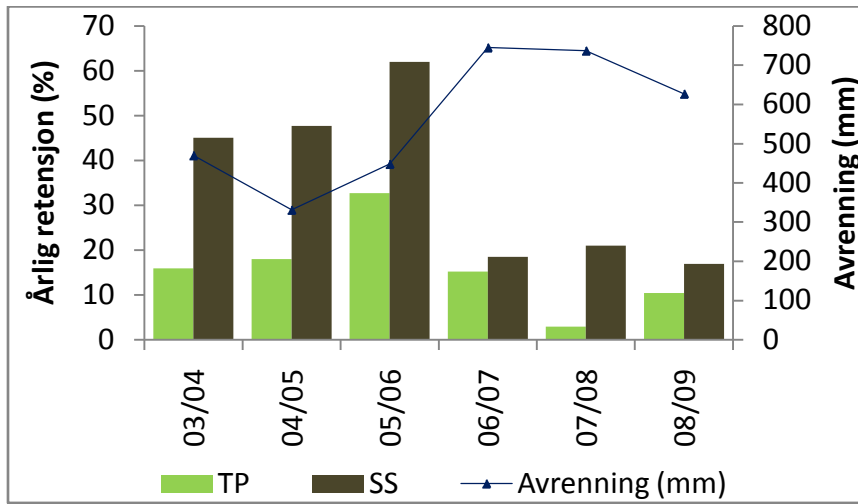


Figur 23. Fangdammen i Skuterudfeltet.

De første årene etter etableringen var det en klar nedgang i tap av suspendert stoff og fosfor, samtidig var også avrenningen relativt lav (Figur 24). Fra 2006 har tap av fosfor og suspendert stoff vært høye i Skuterudbekken, og beregnet retensjon (tilbakeholdelse) av partikler og fosfor har vært lav (Tabell 15). Avrenningen har også vært høyere denne perioden. Det er usikkerhet om effekter av fangdammer ved høy avrenning.

Tabell 14. Årlig tilbakeholdelse (%) av SS og TP i fangdammen i Skuterudfeltet

	Årlig retensjon (%)					
	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09
TP	16	18	33	15	3	10
SS	45	48	62	19	21	17



Figur 24. Årlig tilbakeholdelse av TP og SS og avrenning i perioden 2003-2009

8. Oppsummering

Det har vært en tydelig økning i tilførte gjødselmengder i Time, Kolstad og Vasshaglona gjennom hele overvåkingsperioden. Dette er felter med en betydelig husdyrproduksjon. I de ekstensivt drevne feltene, Volbu og Naurstad, er gjødslingen redusert i løpet av overvåkingsperioden. I felt dominert av kornproduksjon har det vært en nedgang i arealet med høstpløying siden begynnelsen på 90-tallet.

I feltene på Østlandet (Mørdre, Skuterud, Kolstad og Volbu) var det noe mer nedbør i 2008/09 enn middelnedbør for hele overvåkingsperioden. I Trøndelag (Hotran) og på Sørlandet (Vasshaglona) kom det en god del mindre nedbør enn middelnedbør for overvåkingsperioden. For øvrig var det ikke store forskjeller. Når det gjelder temperaturer var agrohydrologisk år 2008/09 noe mildere enn gjennomsnittet for alle år i overvåkingsperioden for alle felt, med unntak av Volbu, Time og Vasshaglona. Volbu og Time var likt med gjennomsnittet, mens i Vasshaglona var det noe kjøligere.

Det er målt høyere nitrogenkonsentrasjoner i avrenning fra felt dominert av kornproduksjon sammenlignet med engfelt. De høyeste nitrogenkonsentrasjonene er generelt målt i Kolstadfeltet. Fosforkonsentrasjonene er generelt høyest i avrenning fra Mørdrefeltet. Avrenning fra de øvrige feltene med åpen åker viser også høye fosforkonsentrasjoner, bortsett fra avrenning fra Kolstad, som generelt har lave konsentrasjoner av suspendert stoff og fosfor. Fosforkonsentrasjonen i avrenning fra intensive engfelt er noe lavere enn konsentrasjonen i avrenning fra kornfelt. Overvåkingsresultatene viser tydelig sammenheng mellom avrenning og nitrogentap.

Årets resultater viser at det er behov for å se nærmere på intensive nedbørepisoders betydning for avrenning og tap av næringsstoffer til vann og vassdrag.

9. Referanser

Bechmann, M. 2005. Fosforindeks - et verktøy for å vurdere risiko for fosfortap fra jordbruksarealer i Norge Doctor Scientiarum Thesis 2005:24 170.

Deelstra J. & L. Øygarden. 1998. Measurement of runoff. In: Øygarden L. & P. Botterweg (eds.), Measuring runoff and nutrient loss from agricultural land in Nordic countries. TemaNord, Nordic Council of Ministers, s. 13-26.

Deelstra J., N. Vagstad & L. Øygarden. 1998. Sampling technique and strategy. In: Øygarden L. & P. Botterweg (eds.), Measuring runoff and nutrient loss from agricultural land in Nordic countries. TemaNord, Nordic Council of Ministers.s. 27-35.

Deelstra, J., H.O.Eggestad, A. Lital & V. Jansons. 2007. A hydrological characterization of catchments. Bioforsk Rapport 2 (53).

Lundekvam, H. (2002). ERONOR/USLENO - Empirical erosion models for Norwegian conditions. Rapport nr. 6/2002. Universitetet for Miljø- og Biovitenskap. 40 s.

Lundekvam, H. (2007). Plot studies and modelling of hydrologi and erosion in southeast Norway. Catena 71(2). 200-209.

Rød, L., R. Pedersen, M. Bechmann, J. Deelstra, H. Eggestad, G. Ludvigsen, G. Fystro, P. Nerjordet, S. Selnes, E. Stubhaug, L. Dreyer, P. Hansen, Å. Molversmyr & L. Paulsen 2009. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2008. Bioforsk Rapport 4 (164). 47 s.

10. Vedlegg

Vedlegg Emne

1 Et utvalg relevante publikasjoner utgitt i tilknytning til JOVA-programmet (erosjon og næringsstoff) i perioden 2006-2009

Vedlegg 1.

Et utvalg relevante publikasjoner utgitt i tilknytning til JOVA-programmet (erosjon og næringsstoff) i perioden 2006-2009

2009

Rød, L., R. Pedersen, M. Bechmann, J. Deelstra, H. Eggestad, G. Ludvigsen, G. Fystro, P. Nerjordet, S. Selnes, E. Stubhaug, L. Dreyer, P. Hansen, Å. Molversmyr & L. Paulsen 2009. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2008. Bioforsk Rapport 4 (164). 47 s.

2008

Bechmann, M., Deelstra, J., Stålnacke, P., Eggestad, H., Øygarden, L. & Pengerud, A. 2008. Monitoring catchment scale agricultural pollution in Norway: Policy instruments, implementation of mitigation methods and trends in nutrient and sediment losses. *Environmental Science and Policy* vol 11 (2008) pp. 102-114

Pengerud, A., Bechmann, M., Deelstra, J., Eggestad, H.O., Engebretsen, A., Ludvigsen, G.H., Pedersen, R., Tveiti, G., Lode, O., Fystro, G., Nerjordet, P., Hetland, O., Stubhaug, E., Dreyer, L.-I., Hansen, P.M., Selnes, S., Westbye, P.O., Molversmyr, Å., Paulsen, L.I. & Fladby, O.K. 2008. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2007. Bioforsk Rapport 3(164). 371 s

Ludvigsen, G.H., Pengerud, A., Haarstad, K. & Kværner, J. 2008. Pesticider i grunnvann i jordbruksområder. Resultater fra prøvetaking i 2007. Bioforsk Rapport 3 (110). 23 s.
Øgaard, A.F. 2008. Gjødslingspraksis ved bruk av husdyrgjødsel. Resultater fra fire nedbørfelt i JOVA-programmet. Bioforsk Rapport 3 (60). 21 s.

Bechmann, M., Pengerud, A., Eggestad, H.O., Deelstra, J. & Øygarden, L. 2008. Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Årsrapport for 2006/07 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Bioforsk RAPPORT 3(20). 45 s.

Ludvigsen, G.H. & Lode, O. 2008. Oversikt over påviste pesticider i perioden 1995-2006. Resultater fra JOVA: Jord- og vannovervåking i landbruket i Norge. Bioforsk RAPPORT 3(14). 101 s.

Grønsten, H.A. & Skjevda, R. 2008. Avrenning og erosjon ved ulike jordarbeiding til høstkorn.
Pengerud, A., Deelstra, J., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Øygarden, L. & Lode, O. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Timebekken 2005. Bioforsk Rapport 1 (182). 17 s

Eggestad, H.O., Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Bechmann, M., Øygarden, L. & Lode, O. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Skas-Heigre kanalen 2005. Bioforsk Rapport 1 (184). 18 s

Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Øygarden, L. & Lode, O. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Lierelva 2005. Bioforsk Rapport 1 (187). 13 s

Pengerud, A., Deelstra, J., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Tveiti, G., Øygarden, L. & Lode, O. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Skuterudbekken 2005. Bioforsk Rapport 1 (173). 22 s

Pengerud, A., Eggestad, H.O., Ludvigsen, G.H., Øygarden, L., Deelstra, J., Lode, O. & Paulsen, L.I. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Hotrankanalen 2005. Bioforsk Rapport 1 (179). 16 s

Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Tveiti, G., Lode, O., Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Hobølelva 2005. Bioforsk Rapport 1 (187). 11 s

Pengerud, A., Bechmann, M., Deelstra, J., Dreyer, L.-I., Eggestad, H.O., Fystro, G., Hansen, P.M., Hetland, O., Haarstad, K., Lode, O., Ludvigsen, G.H., Nerjordet, P., Selnes, S., Stubhaug, E., Tveiti, G., Øygarden, L., Molversmyr, Å., Paulsen, L.I. & Fladby, O.K. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2005. Bioforsk Rapport 1(194). 349 s

2007

Fystro, G., Nerjordet, P., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Volbubekken 2006. Bioforsk Rapport 2 (123). 21 s

Pengerud, A., Bechmann, M., Deelstra, J., Eggestad, H.O., Haarstad, K., Ludvigsen, G.H., Tveiti, G., Øygarden, L., Lode, O., Fystro, G., Nerjordet, P., Hetland, O., Stubhaug, E., Dreyer, L.-I., Hansen, P.M., Selnes, S., Westbye, P.O., Molversmyr, Å., Paulsen, L.I. & Fladby, O.K. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2006. Bioforsk Rapport 2 (130)

Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Bechmann, M., Tveiti, G., Øygarden, L. & Lode, O. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Heiabekken 2006. Bioforsk Rapport 2 (127)

Deelstra, J., Ludvigsen, G.H., Pengerud, A., Eggestad, H.O., Øygarden, L., Lode, O. & Westbye, P.O. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Timebekken 2006. Bioforsk Rapport 2 (125)

Deelstra, J., Ludvigsen, G.H., Pengerud, A., Eggestad, H.O., Øygarden, L., Lode, O. & Paulsen, L.I. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Hotran 2006. Bioforsk Rapport 2 (122)

Molversmyr, Å., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Bechmann, M., Øygarden, L. & Lode, O. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Skas-Heigre 2006. Bioforsk Rapport 2 (126)

Selnes, S., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Kolstadbekken 2006. Bioforsk Rapport 2 (119)

Deelstra, J., Ludvigsen, G.H., Pengerud, A., Eggestad, H.O., Tveiti, G., Øygarden, L. & Lode, O. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Skuterubekken 2006. Bioforsk Rapport 2 (118)

Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Tveiti, G., Øygarden, L. & Lode, O. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Hobølelva 2006. Bioforsk Rapport 2 (129)

Selnes, S., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Bye 2006. Bioforsk Rapport 2 (120)

Stubhaug, E., Hetland, O., Bechmann, M., Pengerud, A., Eggestad, H.O., Ludvigsen, G.H., Øygarden, L. & Lode, O. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Vasshaglona 2006. Bioforsk Rapport 2 (121)

Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Øygarden, L., Lode, O. & Fladby, O.K. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Lierelva 2006. Bioforsk Rapport 2 (128)

Dreyer, L.-I., Hansen, P.M., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Naurstadbekken 2006. Bioforsk Rapport 2 (124)

Bechmann, M., Ludvigsen, G.H., Pengerud, A., Eggestad, H.O., Tveiti, G., Øygarden, L. & Lode, O. 2007. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Mørdrebekken 2006. Bioforsk Rapport 2 (117).

Pengerud, A., Ludvigsen, G.H. & Haarstad, K. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Overvåking av pesticider i grunnvann 2005. Bioforsk Rapport 1 (188). 22 s

Dreyer, L.-I., Hansen, P.M., Pengerud, A., Eggestad, H.O., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Naurstadbekken 2005. Bioforsk Rapport 1 (181). 14 s

Pengerud, A., Deelstra, J., Eggestad, H.O. & Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Vinningland 1998-2005. Bioforsk rapport 1 (183). 14 s

Selnes, S., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Kolstadbekken 2005.

Selnes, S., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Bye 2005

Fystro, G., Nerjordet, P., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Volbubekken 2005. Bioforsk Rapport 1 (180). 13 s

Dreyer, L.-I., Hansen, P.M., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Naurstadbekken 2005. Bioforsk Rapport 1 (181). 14 s

Bechmann, M., Stålnacke, P. & Kværnø, S. 2007. Testing the Norwegian phosphorus index at the field and subcatchment scale. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol 120. Pp 117-128

2006

Bechmann, M. & Deelstra, J. 2006. Source areas of Phosphorus transfer in an agricultural catchment, south-eastern Norway. Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant science. Vol 56. Pp 292-306.

Stubhaug, E., Hetland, O., Eggestad, H.O., Pengerud, A., Bechmann, M., Lode, O., Ludvigsen, G.H. & Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Vasshaglona 2005. Bioforsk Rapport 1 (192). 20 s

Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Øygarden, L., Lode, O. & Fladby, O.K. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Lierelva 2005. Bioforsk Rapport 1(186). 13 s

Pengerud, A., Bechmann, M., Ludvigsen, G.H., Eggestad, H.O., Tveiti, G., Øygarden, L. & Lode, O. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Mørdrebekken 2005. Bioforsk Rapport 1 (172). 19 s

Pengerud, A., Ludvigsen, G.H., Bechmann, M., Eggestad, H.O., Lode, O., Tveiti, G. & Øygarden, L. 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Heiabekken 2005. Bioforsk Rapport 1 (185). 18 s

Øgaard, A.F., Bechmann, M. & Eggestad, H.O. 2006. Gjødslingspraksis, anbefalinger og risiko for næringsstofftap. Resultater fra to nedbørfelt i JOVA-programmet. Bioforsk Rapport 1(25): 25 s

Vandsemb, S., Bechmann, M. & Øygarden, L. 2006. Erosjon og næringsstoffavrenning. Resultater fra JOVA programmet. Bioforsk FOKUS 1(3): 194-195

Vandsemb, S. 2006. Kvantifisering av tap av nitrogen, fosfor og erosjon fra ikke-jordbruksarealer i JOVA-programmet (Jord og vannovervåking i landbruket) - Fokus på utmarksavrenning. Bioforsk Rapport 1(56). 50 pp

Bechmann, M. 2006. Næringsstoffavrenning fra grønnsaksarealer. Bioforsk Fokus Vol 1(3). 2006. Pp 78-79.

Bechmann, M. 2006. Fosforavrenning og vannforurensing fra grønnsaksarealer. Bioforsk Fokus Vol 1(3). 2006. Pp 22-23.

Bechmann, M. & Stubhaug, E. 2006. Nitrogen og fosforavrenning fra grønnsaksarealer. Gartneryrket. Vol 5. Pp 31-32