



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Fangvekster i vårkorn

Effekt på fosfortap

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 29 | 2021



Anne Falk Øgaard og Marianne Bechmann
Divisjon for miljø- og naturressurser

TITTEL/TITLE

Fangvekster i vårkorn – Effekt på fosfortap

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Anne Falk Øgaard og Marianne Bechmann

| | | | | |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| DATO/DATE: | RAPPORT NR./ REPORT NO.: | TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY: | PROSJEKTNR./PROJECT NO.: | SAKSNR./ARCHIVE NO.: |
| 19.02.2021 | 7/29/2021 | Åpen | 10122.1 | 17/02869 |
| ISBN: | ISSN: | ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES: | ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES: | |
| 978-82-17-02776-8 | 2464-1162 | 28 | 1 | |

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Johan Kollerud

STIKKORD/KEYWORDS:

Fangvekster, undersådd raigras, korn, fosfor

Catch crops, undersown ryegrass, cereals,
phosphorus

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Miljø og jordbruk

Agriculture and environment

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Denne rapporten omhandler effekt av undersådde fangvekster i korn på fosfortap. Effekten av fangvekst er undersøkt ved både høst- og vårpløying i et 4-årig forsøk i forsøksanlegget på Hellerud (Skjetten) hvor overflateavrenning kan måles og prøvetas. Tapet av totalfosfor fulgte i stor grad jordtapet, mens tapet av løst fosfat var avhengig av vinterforholdene. I tre av forsøksårene var tapene av løst fosfat lavt og i liten grad påvirket av pløyetidspunkt og fangvekst. I det første året derimot, hvor det var barfrost, var tapene av løst fosfat betydelig høyere fra vårpløyde ruter enn fra høstpløyde ruter. Konsentrasjonen av løst fosfat hadde dette året nær sammenheng med mengden fosfor i plantematerialet på ruta.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Viken

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Lillestrøm

GODKJENT /APPROVED



JANNES STOLTE

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



ANNE FALK ØGAARD



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Denne rapporten omhandler effekt av undersådde fangvekster i korn på fosfortap. Rapporten viser resultater fra prosjektene «Strukturkalking og fangvekster som tiltak mot jorderosjon og fosfortap» (2016-2018) og oppfølgingsprosjektet «Fangvekster som tiltak mot jorderosjon og fosfortap» (2018-2020). Begge prosjektene er finansiert av Landbruksdirektoratets Klima og miljøprogram. Resultater som omhandler strukturkalkingsdelen i det første prosjektet er beskrevet i NIBIO Rapport 5/52/2019.

Avrenningsforsøket ble gjennomført i forsøksanlegget til Det Kgl. Selskapet for Norges Vel (Norges vel) på Hellerud (Skjetten). Henriette Vivestad, Tor Breen, Johan Ellingsen og Tore Filbakk ved Norges Vel bidro med oppgradering av forsøksanlegget, praktisk gjennomføring av feltforsøket og vannprøvetaking. Rikard Pedersen, NIBIO bidro med prøvetaking av jord og biomasseregistrering av fangveksten. Rikard Pedersen har i tillegg gjennomført analysene av jordas aggregatstabilitet.

Ås, 19.02.21

Anne Falk Øgaard

Innhold

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Innledning..... | 5 |
| 2 | Materiale og metoder | 6 |
| 2.1 | Forsøksfeltet og forsøksbehandlinger | 6 |
| 2.2 | Jordanalyser..... | 7 |
| 2.2.1 | Kjemiske jordanalyser | 7 |
| 2.2.2 | Aggregatstabilitet..... | 7 |
| 2.3 | Registrering av plantemasse..... | 8 |
| 2.4 | Været i forsøksperioden | 8 |
| 2.4.1 | Snødybde og jordtemperatur..... | 9 |
| 2.5 | Avrenning og vannanalyser | 11 |
| 3 | Resultater | 12 |
| 3.1 | Aggregatstabilitet | 12 |
| 3.2 | Jordas fosforstatus | 13 |
| 3.3 | Fangvekst..... | 14 |
| 3.3.1 | Mengde plantemateriale | 14 |
| 3.3.2 | Fosformengde i plantematerialet | 15 |
| 3.4 | Avrenning | 15 |
| 3.5 | Partikler og næringsstoffer..... | 17 |
| 3.5.1 | Konsentrasjoner | 17 |
| 3.5.2 | Jord- og næringsstofftap | 20 |
| 4 | Diskusjon..... | 24 |
| 4.1 | Sammenheng mellom fosfor i plantematerialet og konsentrasjonen av løst fosfat avrenningen | 24 |
| 4.2 | Effekt av fosforstatus i jorda på tap av løst fosfat..... | 24 |
| 4.3 | Effekt av aggregatstabilitet på avrenning..... | 25 |
| 4.4 | Stubb med eller uten fangvekst..... | 25 |
| 4.5 | Høstpløying med eller uten fangvekst..... | 26 |
| 5 | Konklusjoner | 27 |
| 6 | Litteraturreferanser..... | 28 |
| | Vedlegg..... | 29 |

1 Innledning

Endret klima med økt nedbørmengde og intensitet gir behov for nye og effektive tiltak for å forhindre erosjon og fosfor(P)tap. Fangvekster er et vanlig tiltak for å redusere nitrogen(N)tapene i en rekke land, men tiltak som beskytter jorda med vegetasjonsdekke vil også redusere erosjon og tap av partikkelbundet fosfor (Aronson et al. 2016). Et tett vegetasjonsdekke bidrar til å holde på jorda ved overflate-avrenning. Fangvekster kan også bidra til bedret jordstruktur med mer stabile jordaggregater på grunn av økt tilførsel av organisk materiale. God jordstruktur vil øke jordas infiltrasjonskapasitet, slik at risikoen for overflateavrenning og erosjon blir mindre. I en rapport om synergier av miljøtiltak i jordbruket fremholdes det at fangvekster også kan ha positive bidrag til klima ved at det kan gi redusert lystgasstap og økt karbonbinding i jord (Øygarden og Bechmann, 2017). Redusert lystgasstap skyldes lavere nitratinnhold i jorda og mindre nitratavrenning med fangvekst.

Et tidligere ettårig forsøk viser imidlertid at tap av løst fosfat etter frost kan bli større fra arealer med fangvekst, fordi fangvekstenes planteceller fryser i stykker og fosfor kan dermed vaskes ut (Børresen og Uhlen, 1991).

Oppsummert vet vi følgende om effekten av fangvekster:

Godt dokumentert effekt

- Redusert nitrogentap

Andre forventede effekter

- Økt innhold av organisk materiale i jord
- Mer stabil jordstruktur
- Mindre erosjon på grunn av tettere plantedekke og mer stabil jordstruktur

Usikker effekt

- Fosfortap

Når det gjelder effekt på fosfortap er det spørsmål om stubb med fangvekst gir mindre fosfortap enn stubb uten fangvekst. God dokumentasjon av effekten av fangvekster på fosfortap under ulike vinterforhold mangler, også internasjonalt. Prosjektet som rapporteres her hadde derfor følgende mål:

- Undersøke effekten av undersådde fangvekster i korn på erosjon og fosfortap under norske forhold.

Forsøket i prosjektet ble gjennomført i forsøksanlegget til Kgl. Selskap for Norges Vel på Hellerud (Skjetten), hvor overflateavrenning fra separate forsøksruter kan måles og prøvetas. Forsøket gikk over fire år, fra våronn 2016 til våronn 2020.

Prosjektet er finansiert av Landbruksdirektoratet og er gjennomført i samarbeid med Det Kgl. Selskap for Norges Vel.

2 Materiale og metoder

2.1 Forsøksfeltet og forsøksbehandlinger

Forsøket ble gjennomført i forsøksanlegget til Kgl. Selskap for Norges Vel på Hellerud (Skjetten) (Figur 2-1) i perioden fra mai 2016 til april 2020. I forsøksanlegget kunne vi måle og prøveta overflateavrenning fra 8 separate forsøksruter, hver på 180 m² (30 m x 6 m). Arealet hvor forsøksanlegget ligger ble bakkeplanert tidlig på 70-tallet og har en helling på 13 %. Jorda består av en moldfattig siltig mellomleire.



Figur 2-1. Oversikt over en del av forsøksanlegget 1. mai 2017.

Forsøket ble gjennomført etter følgende forsøksplan med to ruter (gjentak) for hver behandling:

1. Vårkorn med undersådd raigras, vårpløying
2. Vårkorn uten fangvekst, vårpløying
3. Vårkorn med undersådd raigras, høstpløying
4. Vårkorn uten fangvekst, høstpløying

De enkelte rutene fikk samme behandling gjennom hele forsøksperioden. Alle rutene var pløyd høsten 2015. All jordarbeiding ble utført langs fallretningen. Pløedybde var 18 cm.

Underkulturen (flerårig raigras) ble sådd (0,75 kg/daa) samme dag som kornet (18 kg/daa). Raigraset ble sådd med Nordsten radsåmaskin etter at kornet var sådd. Det ble tromlet mellom såingene og etter raigraset var sådd. Gjødsla ble breispredd før såingene. Tabell 2-1 viser oversikt over vekster, gjødsling og tidspunkt for såing, tresking og pløying de enkelte forsøksårene. I 2016 og 2019 ble feltet ugrassprøytet med Express henholdsvis 13. juni og 10. juni.

Tabell 2-1. Vekster, gjødsling og tidspunkt for såing, tresking og pløying de enkelte forsøksårene.

| År | Hovedvekst | Underkultur | Gjødsling | Sådd | Tresket | Høstpløyd | Vårpløyd |
|------|---------------|------------------------------|---------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 2016 | Bygg, Tiril | Flerårig raigras, Calibra | 40 kg 22-3-10 | 13. mai | 1. sept. | 27. okt. | |
| 2017 | Bygg, Brage | Flerårig raigras, Calibra | 50 kg 20-4-11 | 25. mai | 19. sept. | 6. nov. | 8. mai |
| 2018 | Hvete, Zebra | Flerårig raigras, Calibra | 50 kg 20-4-11 | 15. mai | 14. aug. | 24. okt. | 14. mai |
| 2019 | Bygg, Thermus | Flerårig raigras, Fia | 46 kg 22-3-10 | 2. mai | 16. sept. | 29. okt. | 29. april |

Ved etablering av forsøket våren 2016, ble alle rutene ved en feil undersådd med raigras. Feilsådde ruter ble sprøytet med glyfosat rett etter tresking (7. september), men plantemassen av raigras ble likevel stor på disse rutene. I løpet av høst/vinter 2016/2017 ble det dermed 2 hovedbehandlinger; 1) stubb med raigras (med litt varierende biomasse på rutene) og 2) høstpløying. To jordprøver fra hver rute ble tatt ut våren 2016 og høsten 2017 for måling av aggregatstabilitet og jordkjemiske parametre. Hver høst i månedsskiftet oktober/november, ble det gjort målinger av mengde plantemasse på rutene som ikke ble høstpløyd, og fire planteprøver per rute ble analysert for fosfor, slik at mengden fosfor i plantemassen på de enkelte forsøksrutene kunne beregnes. Vannføring ble målt i hele forsøksperioden og vannprøver ble tatt ut når det var samlet tilstrekkelig vann.

2.2 Jordanalyser

2.2.1 Kjemiske jordanalyser

Jordprøvene ble analysert etter Eurofins' standard jordanalysepakke (pH, volumvekt, glødetap, P-AL, K-AL, Mg-AL og Na-AL) og for vannløselig fosfat (P-Vann, ekstrahert med 0,0025 M CaCl₂) på jordfaglaboratoriet ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). P-Vann gir et mål på det lettest løselige fosforet i jorda. Glødetapsverdien er omregnet til mold% ved følgende formel: $Mold\% = 0,74 * Glødetap\% - 0,033 * Leirinnhold\% - 0,35$ (Riley 1996). Data for kornfordeling er hentet fra Lundekvam & Breen (1995). Tabell 2-2 viser middelerverdier med variasjonsbredden mellom ruter for utvalgte parametre for jorda på feltet ved oppstart av feltforsøket.

Tabell 2-2. Middelerverdier med variasjonsbredden mellom ruter i parentes for kornfordeling, moldinnhold, pH, P-AL og vannløselig fosfat (P-Vann) i jorda på forsøksfeltet ved start av forsøket.

| Leire | Silt % | Sand | Mold % | pH | P-AL mg/100 g | P-Vann mg/kg |
|------------|------------|---------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| 31 (26-35) | 65 (63-71) | 4 (2-5) | 1,7 (1,1-2,1) | 6,0 (5,5-6,7) | 6,3 (4,7-7,8) | 0,84 (0,42-1,41) |

2.2.2 Aggregatstabilitet

Aggregatstørrelsesfordeling ble målt på lufttørkede jordprøver. Jordprøvene ble siktet i en maskinell sikt med ulike såld. Aggregatstabilitet ble målt for aggregatfraksjonene 0,6-2 mm og 2-6 mm. Innveid aggregatfraksjon ble lagt på en sikt (0,5 mm maskevidde) og dusjet i en regnsimulator i 3 minutter. Jord som var igjen på sikten ble samlet opp og tørket. Aggregatstabiliteten ble beregnet som prosentvis andel av innveid jord som var igjen på sikten etter dusjing.

2.3 Registrering av plantemasse

Registrering av plantemasse ble foretatt i månedsskiftet oktober/november hver høst ved hjelp av en ramme på 25 cm x 50 cm (Figur 2-2). Den ble kastet ut på ruta, og plantemassen innenfor ruta ble klippet og samlet i en pose. Dette ble gjentatt fire ganger per rute. Prøvene ble tørket ved 60 grader, veid og deretter malt. Fosforkonsentrasjonen i plantematerialet ble målt på ICP-MS etter dekomponering med konsentrert salpetersyre i ultraklav.



Figur 2-2. Registrering av plantemasse med høsteramme 6. november 2019. Venstre bilde: Rute uten fangvekst. Høyre bilde: Rute med fangvekst.

2.4 Været i forsøksperioden

Meteorologiske data ble hentet fra værstasjonen til Landbruksmeteorologisk tjeneste (LMT) på Skjetten (Hellerud), som er i nærheten av forsøksfeltet, bortsett fra vinternedbør (november-mars) som ble hentet fra værstasjonen på Lørenskog (Haneborg), ca 6 km fra forsøksfeltet, siden nedbørmåleren på Hellerud ikke er konstruert for snø (Tabell 2-3).

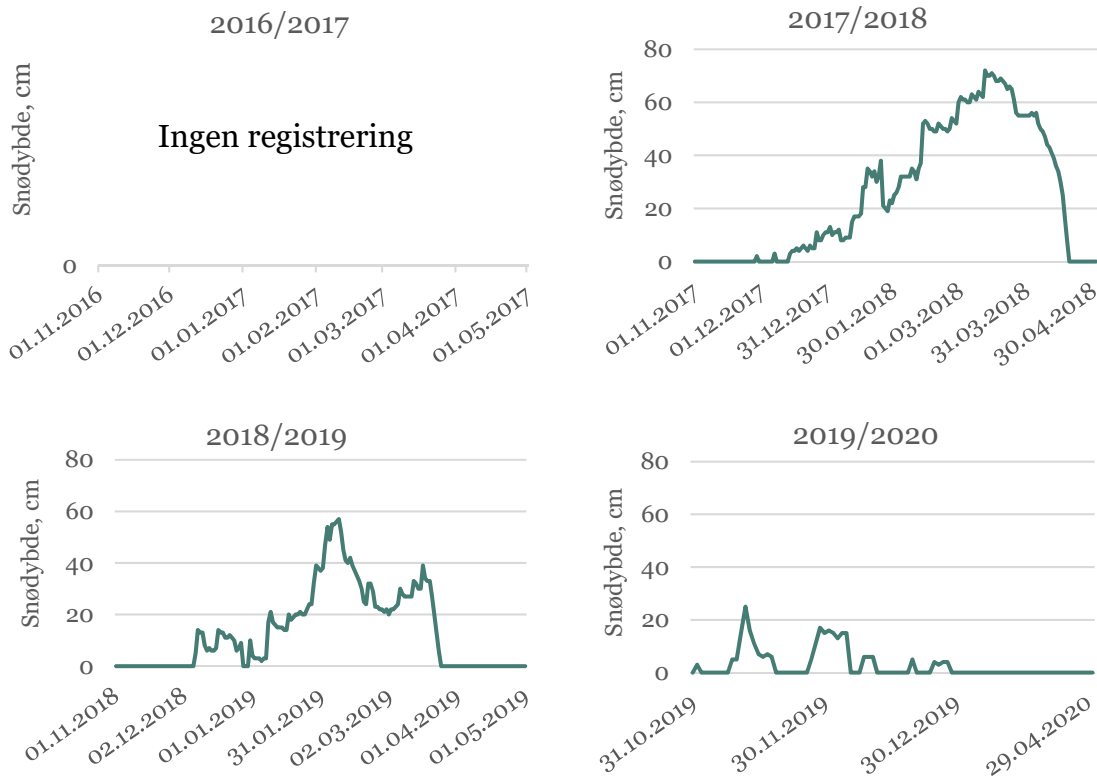
Tabell 2-3. Gjennomsnittlig temperatur og sum nedbør i enkeltmånedene i forsøksperioden. Dataene for temperatur og nedbør i periodene april-oktober er fra hentet LMT's målestasjon på Skjetten (Hellerud), som er i nærheten av forsøksfeltet, mens data for vinternedbør (november-mars) er hentet fra en meteorologisk målestasjon på Lørenskog (Haneborg), cirka 6 km fra forsøksfeltet.

| Måned | Temperatur, °C | | | | Nedbør, mm | | | |
|---------|----------------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|
| | 2016/17 | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 | 2016/17 | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 |
| Mai | 11,3 | 10,7 | 14,9 | 9,1 | 91 | 83 | 32 | 118 |
| Juni | 15,4 | 14,1 | 16,7 | 14,4 | 72 | 85 | 44 | 109 |
| Juli | 15,9 | 15,5 | 20,9 | 16,6 | 78 | 75 | 18 | 89 |
| August | 14,3 | 14,0 | 14,9 | 15,6 | 178 | 162 | 79 | 117 |
| Sept. | 13,9 | 11,0 | 11,6 | 10,4 | 35 | 112 | 114 | 171 |
| Okt. | 4,7 | 6,1 | 6,2 | 4,4 | 28 | 115 | 56 | 142 |
| Nov. | -0,2 | 0,5 | 2,1 | -0,7 | 85 | 90 | 91 | 134 |
| Des. | 0,0 | -3,1 | -3,1 | -1,2 | 29 | 47 | 69 | 101 |
| Januar | -2,0 | -3,7 | -5,4 | 2,9 | 28 | 94 | 26 | 61 |
| Februar | -2,6 | -6,0 | -1,0 | 1,3 | 6 | 34 | 58 | 54 |
| Mars | 1,6 | -4,7 | 0,9 | 2,8 | 24 | 18 | 78 | 58 |
| April | 4,2 | 4,4 | 6,9 | 7,2 | 47 | 21 | 16 | 38 |

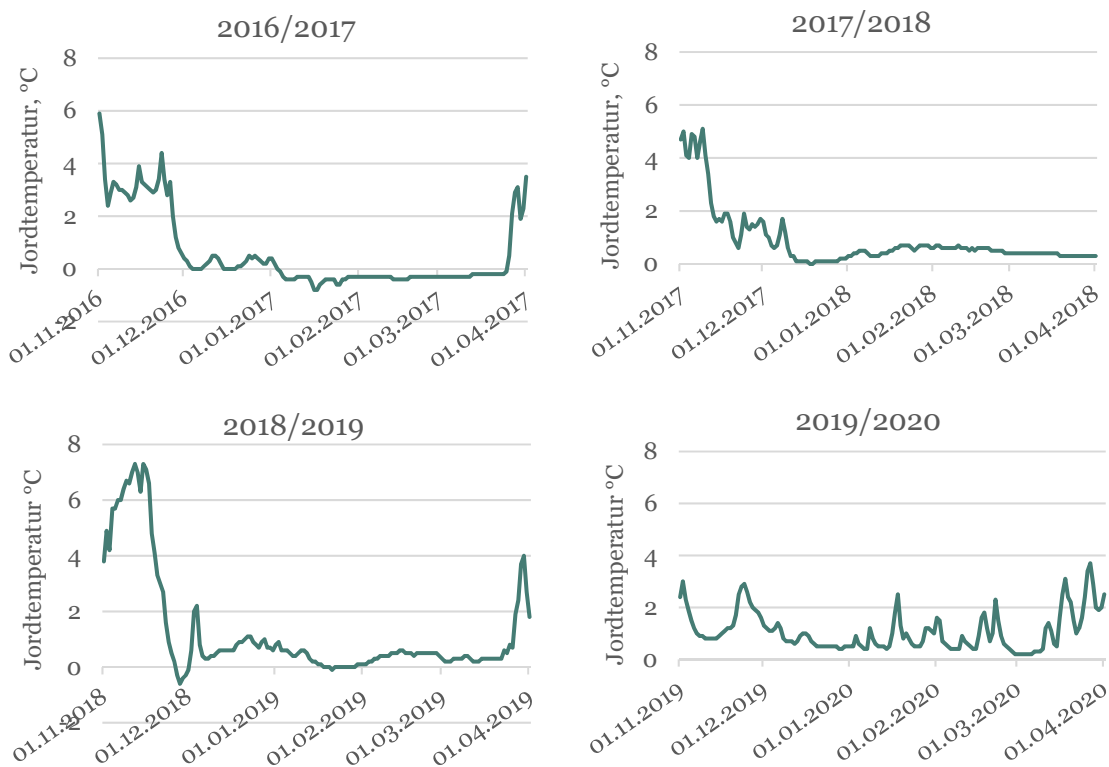
2.4.1 Snødybde og jordtemperatur

Det første og siste forsøksåret hadde begge snøfattige vintre, mens andre og tredje forsøksår hadde langvarig snødekke (Figur 2-3). Snødybderegistreringene ble hentet fra LMT's værstasjon på Årnes. Denne værstasjonen ligger cirka 30 kilometer fra forsøksfeltet på Hellerud og 20 meter høyere enn forsøksfeltet, men vi antar at målingene likevel kan representere forskjeller mellom år for forsøksfeltet.

Data for jordtemperatur ble hentet fra LMT's værstasjon på Skjetten (Hellerud) de tre første forsøksårene og fra LMT Årnes det siste forsøksåret. På Skjetten er det registreringene i 1 cm dybde som er brukt. På Årnes ble det ikke gjort registreringer i 1 cm dybde, så her ble det i stedet brukt registreringer i 5 cm dybde. Vinteren 2016/2017 hadde en del barfrost og langvarig tele i jorda (Figur 2-4). De tre påfølgende vintrene hadde lite tele, enten på grunn av langvarig snødekke som beskyttet jorda eller på grunn av mildt vintervær.



Figur 2-3. Snødybde de enkelte forsøksårene ved LMT's værstasjon på Årnes, ca 30 km fra feltet. Vinteren 2016/2017 var det lite snø og derfor ingen snøregistrering. Det samme gjaldt for januar til april 2020.



Figur 2-4. Jordtemp. fra 1. november til 1. april påfølgende år ved 1 cm dybde de enkelte forsøksårene ved LMT's værstasjon på Skjetten de tre første forsøksårene og ved 5 cm dybde ved LMT's værstasjon på Årnes det siste forsøksåret.

2.5 Avrenning og vannanalyser

Nederst på hver rute er det en renne som fanger opp overflateavrenningen (Figur 2-5), venstre bilde. Vannet ledes til en målehytte med vippekar tilkoblet et mekanisk televerk (Figur 2-5), høyre bilde. Ut i fra antall vipp beregnes avrenningsmengden ved å multiplisere vannvolumet per vipp med antall vipp.

Vannprøver samles ved at det ved hvert vipp går en liten vannmengde opp i en plastkanne med hull som er plassert under vippekaret. Dette gir vannføringsproporsjonale vannprøver. Vannprøvene ble jevnlig samlet inn og analysert ved Eurofins for suspendert stoff (SS), totalfosfor (TP), løst fosfat og for det siste forsøksåret også for totalnitrogen og nitrat-N.



Figur 2-5. Venstre bilde: Oppsamlingsrenne for overflateavrenning. Målehytte i bakgrunnen. Høyre bilde: innsiden av målehytta med vippekar for vannføringsmåling og plastkanner for oppsamling av vannprøver. Foto: R.M. Skjevdal.

Antall vannprøver som ble samlet inn per periode er vist i Tabell 2-4. En periode er tiden fra våronn til våronn året etter.

Tabell 2-4. Antall vannprøver per år (våronn til våronn).

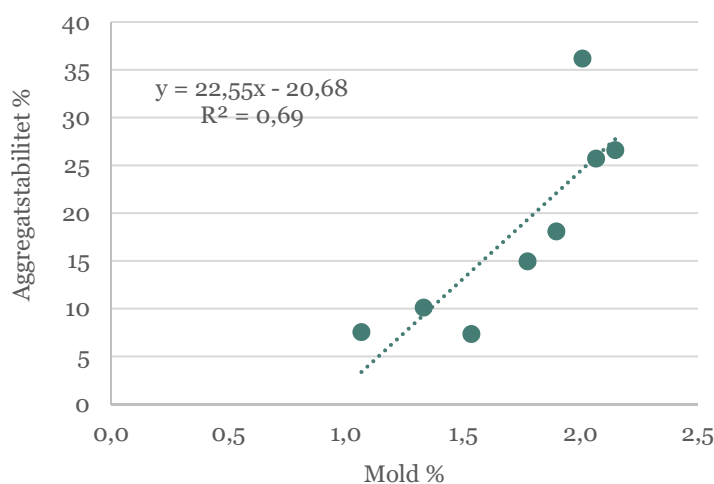
| Periode | Antall vannprøver |
|---------|-------------------|
| 2016/17 | 7 |
| 2017/18 | 7 |
| 2018/19 | 3 |
| 2019/20 | 6 |

3 Resultater

3.1 Aggregatstabilitet

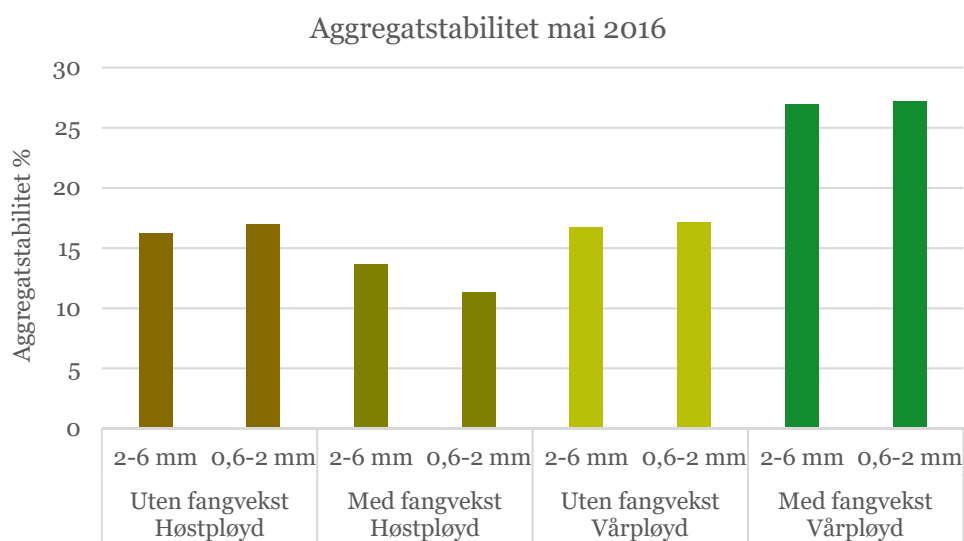
I finkornede jordarter bindes småpartiklene sammen i større aggregater. Aggregatstabilitet sier noe om i hvilken grad aggregatene går i oppløsning ved påvirkning av regn. Hvis de løses opp, tilslemmes jordoverflaten og jordas infiltrasjonsevne reduseres. Dette vil gi mer overflateavrenning. Dessuten vil småpartikler som ikke er bundet sammen i aggregater lettere følge med overflatevannet enn de større aggregatene. Ved god aggregatstabilitet blir de minste partiklene holdt sammen i større aggregater selv under påvirkning av regn. Organisk materiale i jord bidrar positivt til aggregatstabiliteten og er derfor en viktig faktor, men også den biologiske aktiviteten i jorda er viktig, siden planterøtter, sopphyfer og slimstoffer produsert av mikroorganismene bidrar til å binde aggregatene sammen.

Det var en del jordvariasjon mellom forsøksrutene i avrenningsfeltet på Hellerud. Både leir- og moldinnholdet varierte mellom rutene. Moldinnholdet var lavt og varierte fra 1,1 til 2,1 %, mens leirinnholdet varierte fra 26 til 35 %. Rutene med høyest leirinnhold var de som hadde det laveste moldinnholdet. Figur 3-1 viser betydningen av moldinnholdet for aggregatstabiliteten på forsøksfeltet. Ved økende moldinnhold var det en tydelig økning av aggregatstabiliteten.



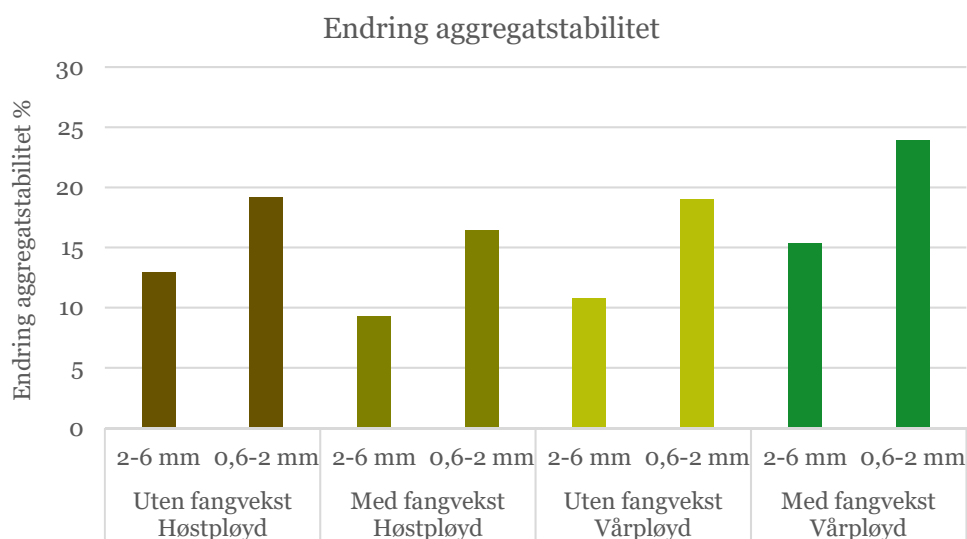
Figur 3-1. Sammenheng mellom moldinnhold og aggregatstabilitet ved start av forsøket. Gjennomsnitt av aggregatfraksjonene 2-6 mm og 0,6-2 mm for hver enkelt forsøksrute.

Figur 3-2 viser gjennomsnittlig aggregatstabilitet for hver av aggregatfraksjonene 2-6 mm og 0,6-2 mm for de ulike forsøksleddene ved start av forsøket. Figuren viser at det var en underliggende forskjell mellom forsøksleddene før forsøket startet. For å undersøke effekten av fangvekster på aggregatstabilitet, så vi derfor på endringen fra starten av forsøket (mai 2016) til høsten 2017, det vil si etter to vekstsesonger. Det tar mange år å gi en tydelig økning i jordas moldinnhold, men fangvekster kan likevel ha en rask effekt på aggregatstabilitet ved at det gir mer planterøtter som kan binde sammen jordpartiklene og mer ferskt organisk materiale som gir økt jordliv, som igjen bidrar til å binde sammen jordpartikler.



Figur 3-2. Aggregatstabilitet for to aggregatfraksjoner (2-6 mm og 0,6-2 mm) for de ulike forsøksleddene ved starten av forsøket (mai 2016).

Figur 3-3 viser endringen i aggregatstabilitet fra våren 2016 til høsten 2017. Alle forsøksrutene hadde større aggregatstabilitet høsten 2017 enn våren 2016. Dette kan skyldes årstidsvariasjoner og ulike jordforhold ved prøveuttak. Det var ingen statistisk signifikante forskjeller mellom behandlingene når det gjaldt endring i aggregatstabilitet, men det var en tendens til at vårpløying med fangvekst ga litt bedre aggregatstabilitet (Figur 3-3).



Figur 3-3. Endring i aggregatstabilitet for to aggregatfraksjoner (2-6 mm og 0,6-2 mm) for de ulike forsøksleddene fra starten av forsøket (mai 2016) til høsten 2017. To ruter for hver behandling.

3.2 Jordas fosforstatus

Jordas innhold av lett tilgjengelig fosfor påvirker fosfortapene. Ved start av forsøket var gjennomsnittlig P-AL-verdi for feltet 6,3, mens gjennomsnittsverdi for enkeltruter varierte fra 4,7 til 7,8. Dette viser et moderat innhold av lett tilgjengelig fosfor i jorda, hvor det anbefales å gjødsle med

like mye fosfor som det som fjernes med avlingen. Gjennomsnittsverdi for de enkelte forsøksbehandlingene (to ruter med hver behandling) varierte fra 5,8 til 6,9 (Tabell 3-1). Jorda ble også analysert for vannløselig fosfor (P-vann). Generelt øker konsentrasjonen av vannløselig fosfor i jorda med økende P-AL (Tabell 3-1). Det betyr at jo høyere P-AL-verdi, jo mer løst fosfat forventes å følge overflateavrenningen.

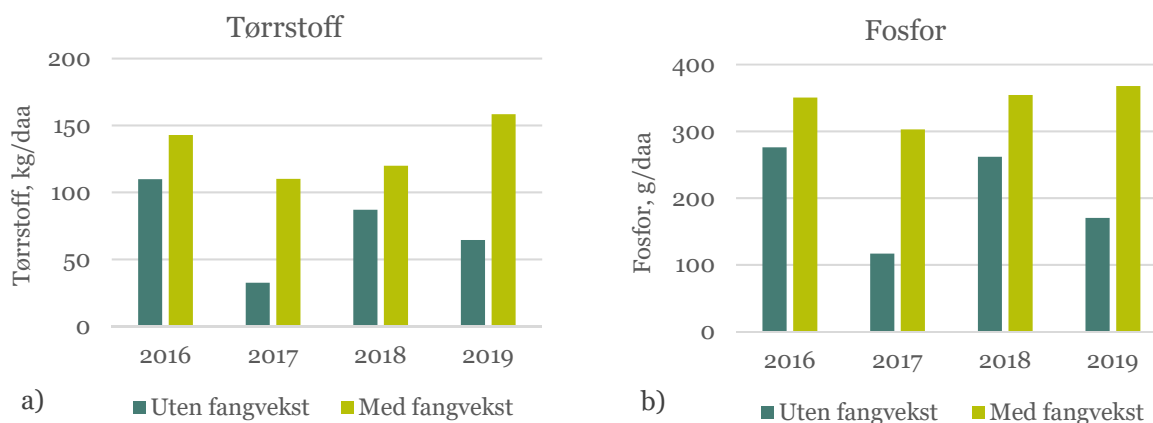
Tabell 3-1. Gjennomsnittlig konsentrasjon (variasjon i parentes) av P-AL og P-Vann i jorda for de enkelte forsøksbehandlingene ved start av forsøket (to ruter med hver forsøksbehandling).

| | P-AL, mg/100 g | P-Vann, mg/kg |
|---------------------------|----------------|------------------|
| Med fangvekst, Vårpløyd | 6,7 (6,4-7,1) | 0,95 (0,92-0,99) |
| Uten fangvekst, Vårpløyd | 6,9 (6,1-7,8) | 1,11 (0,82-1,41) |
| Med fangvekst, Høstpløyd | 5,9 (4,7-7,1) | 0,57 (0,56-0,59) |
| Uten fangvekst, Høstpløyd | 5,8 (5,8-5,8) | 0,71 (0,42-1,10) |

3.3 Fangvekst

3.3.1 Mengde plantemateriale

Mengden plantemateriale i månedsskiftet oktober/november på ruter som ikke ble høstpløyd varierte mellom år (Figur 3-4 a). I alle årene var det som forventet større plantemengde på rutene med fangvekst enn på ruter uten fangvekst. På rutene uten fangvekst bestod plantematerialet av ulike typer ugras. I 2016 og 2018 var forskjellen mellom rutene med og uten fangvekst ganske liten. I 2016 kan det forklares med at det ved en feil ble sådd fangvekst på alle rutene. Sprøyting av feilsådd fangvekst etter tresking stoppet veksten utover høsten, men fangveksten hadde allerede vokst godt under kornet. I 2018 var veksten preget av at det var en tørkesommer med svært liten vekst av fangveksten inntil august. På grunn av tørken ble det heller ikke foretatt ugrasssprøyting i kornet. Da nedbøren kom i august, ble det derfor fart i både fangvekst og ugras.



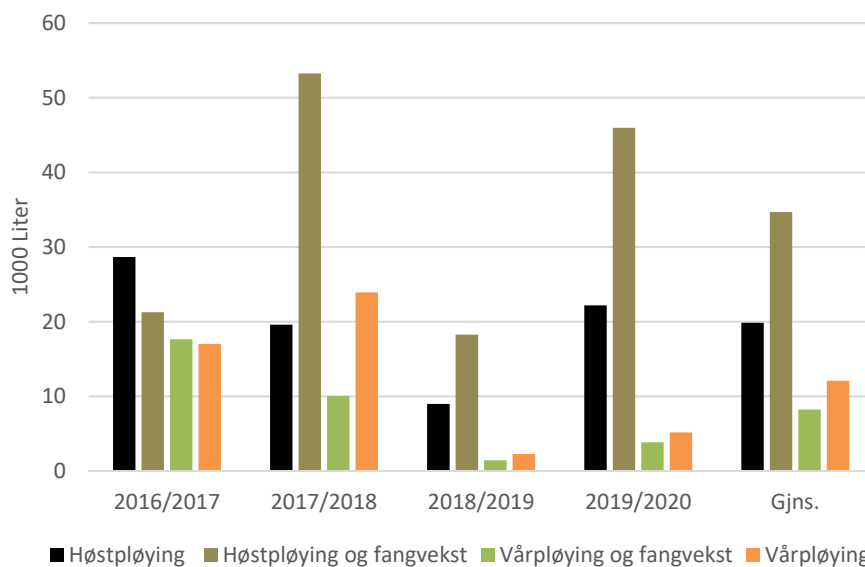
Figur 3-4. Mengde plantemateriale (a) og mengde fosfor i plantematerialet (b) i månedsskiftet oktober/november de enkelte årene på ruter som ikke ble pløyd om høsten. Middelverdier for to ruter.

3.3.2 Fosformengde i plantematerialet

Fosforkonsentrasjonen i plantematerialet viste ingen tydelige trender mellom år eller behandlinger. Mengden fosfor i plantematerialet (gram P/daa) fulgte derfor stort sett mengden av plantematerialet (Figur 3-4 b). På ruter med fangvekst varierte mengden fosfor i overjordisk plantemateriale mellom 303 og 368 g P/daa for de enkelte årene. For vårpløyde ruter uten fangvekst varierte fosformengden mellom 117 og 276 g fosfor/daa.

3.4 Avrenning

Overflateavrenningen var 19000 Liter (tilsvarer 106 mm) i gjennomsnitt for behandlinger, gjentak og alle år. Det ble målt minst avrenning (8000 Liter) i 2018/2019 og størst avrenning (27 000 Liter) i 2017/2018 (Figur 3-5). For behandlingene var det i gjennomsnitt for alle årene minst overflateavrenning fra vårpløyde ruter med og uten fangvekst (8000 Liter) og størst avrenning fra de høstpløyde rutene med fangvekst (35000 Liter). Det var en tendens til større forskjell i avrenning mellom vårpløyde og høstpløyde ruter de to siste årene sammenlignet med de to første årene. I 2019/2020 var det lav avrenning fra de vårpløyde rutene til tross for mye nedbør dette året (1192 mm). Avrenning for hver enkelt blandprøveperiode er vist i Figur 3-6.



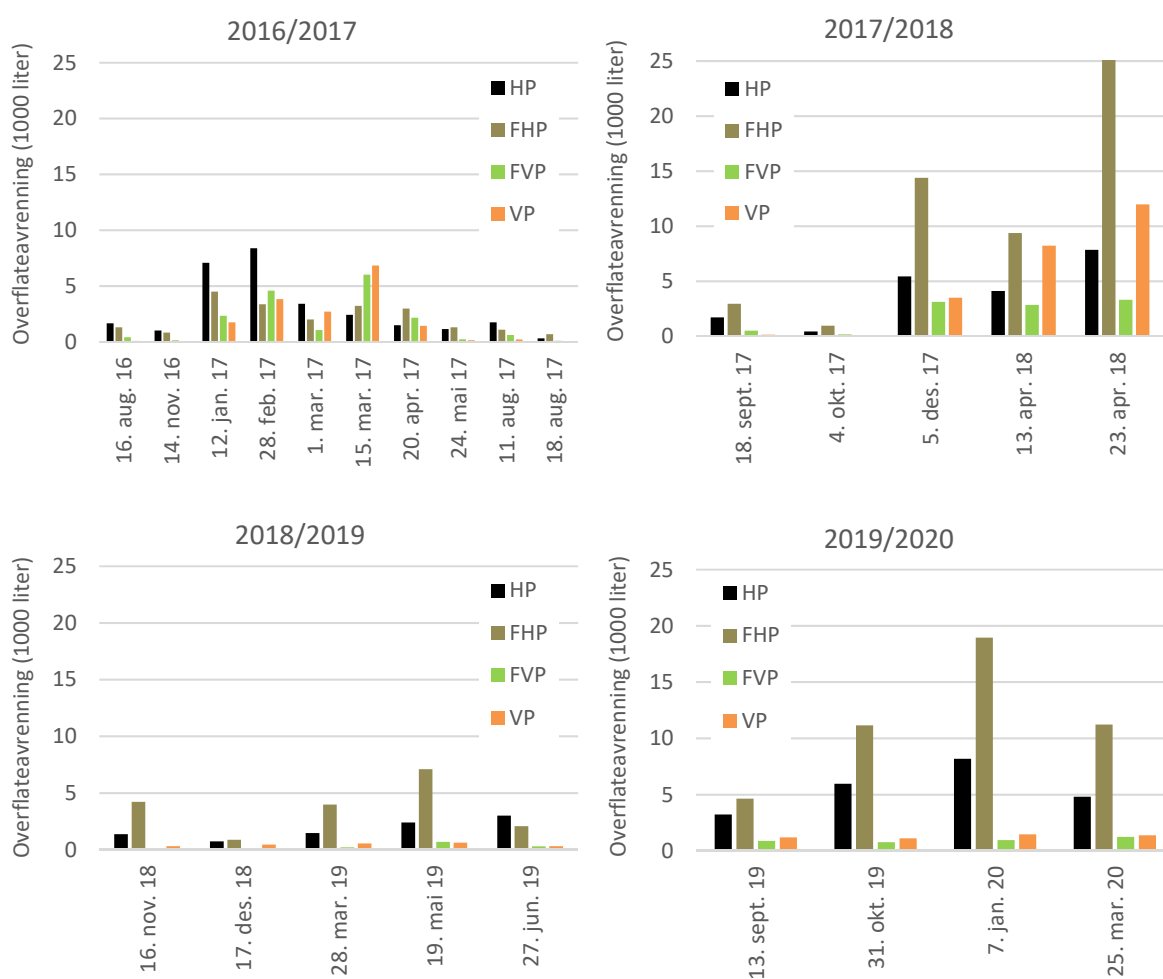
Figur 3-5. Årlig overflateavrenning (antall 1000 liter) fra ruter med høstpløyning uten fangvekst, høstpløyning med fangvekst, fangvekst med vårpløyning og vårpløyning. To ruter for hver behandling.

Ved vurdering av resultatene må det tas høyde for usikkerhet og feilkilder i målingene. Stor målt avrenning fra behandling Høstpløyning uten fangvekst (HP) i januar og februar 2017 skyldtes at det kom fremmedvann inn på den ene ruta med denne behandlingen. Dette ble ordnet 28. februar. For behandling Høstpløyning med fangvekst (FHP) kan resultatene den første vintersesongen være påvirket av at den ene ruta ved en feil ble pløyd på tvers av hellingsretningen og ikke på langs som de øvrige rutene. Feilen skyldtes at behandling fra tidligere forsøk ble videreført for denne ruta. Ved pløyning på tvers blir overflatevannet bremsset, og en kan forvente større infiltrering i jorda og dermed mindre overflatevann som når fram til oppsamlingsrenna. De tre påfølgende forsøksårene ble alle de høstpløyde rutene pløyd på langs av hellingsretningen. Disse to feilene er antagelig årsak til at avrenningen

fra FHP var lavere enn fra HP det første forsøksåret, mens det de tre påfølgende årene var betydelig høyere avrenning fra FHP enn fra HP. Den store forskjellen i avrenning mellom disse to behandlingene skyldtes antagelig jordvariasjonen på feltet og ikke behandlingseffekt.

I sommerhalvåret 2017 var det et rørbrudd på den ene ruta med behandling Vårpløying uten fangvekst (VP), slik at det ikke kom vann fram til vippekarene. Feilen ble reparert 1. november 2017. Dette hadde antagelig mindre betydning for resultatene, siden det var lite overflateavrenning i denne perioden.

Vinteren 2018/2019 var det delvis brudd på et rør på den ene ruta med behandling Vårpløying med fangvekst (FVP), og dermed lite registrert avrenning. Dette ble reparert i månedsskiftet april/mai 2019. Denne feilen var også i en periode med lite overflateavrenning.



Figur 3-6. Gjennomsnittlig overflateavrenning (antall 1000 L) fra ruter med høstpløying uten fangvekst (HP), høstpløying med fangvekst (FHP), fangvekst med vårpløying (FVP) og vårpløying (VP) for hver enkelt blandprøveperiode. Dato viser slutten av blandprøveperioden. To ruter for hver behandling.

3.5 Partikler og næringsstoffer

3.5.1 Konsentrasjoner

3.5.1.1 Partikler og fosfor

Resultatene fra forsøkfeltet er delt opp i vinterperiode og sommerperiode. Vinterperioden inkluderer vannprøver som i størst mulig grad representerer perioden fra høstpløying til våronn, mens sommerperioden inkluderer vannprøver fra våronn til høstpløying. Det ble ikke alltid tatt ut vannprøver nært til pløyetidspunktet, så høstprøvene er skjønnsmessig fordelt på sommer- og vinterperioden. Konsentrasjoner i de enkelte vannprøvene er vist i tabellene 1, 2 og 3 i vedlegget.

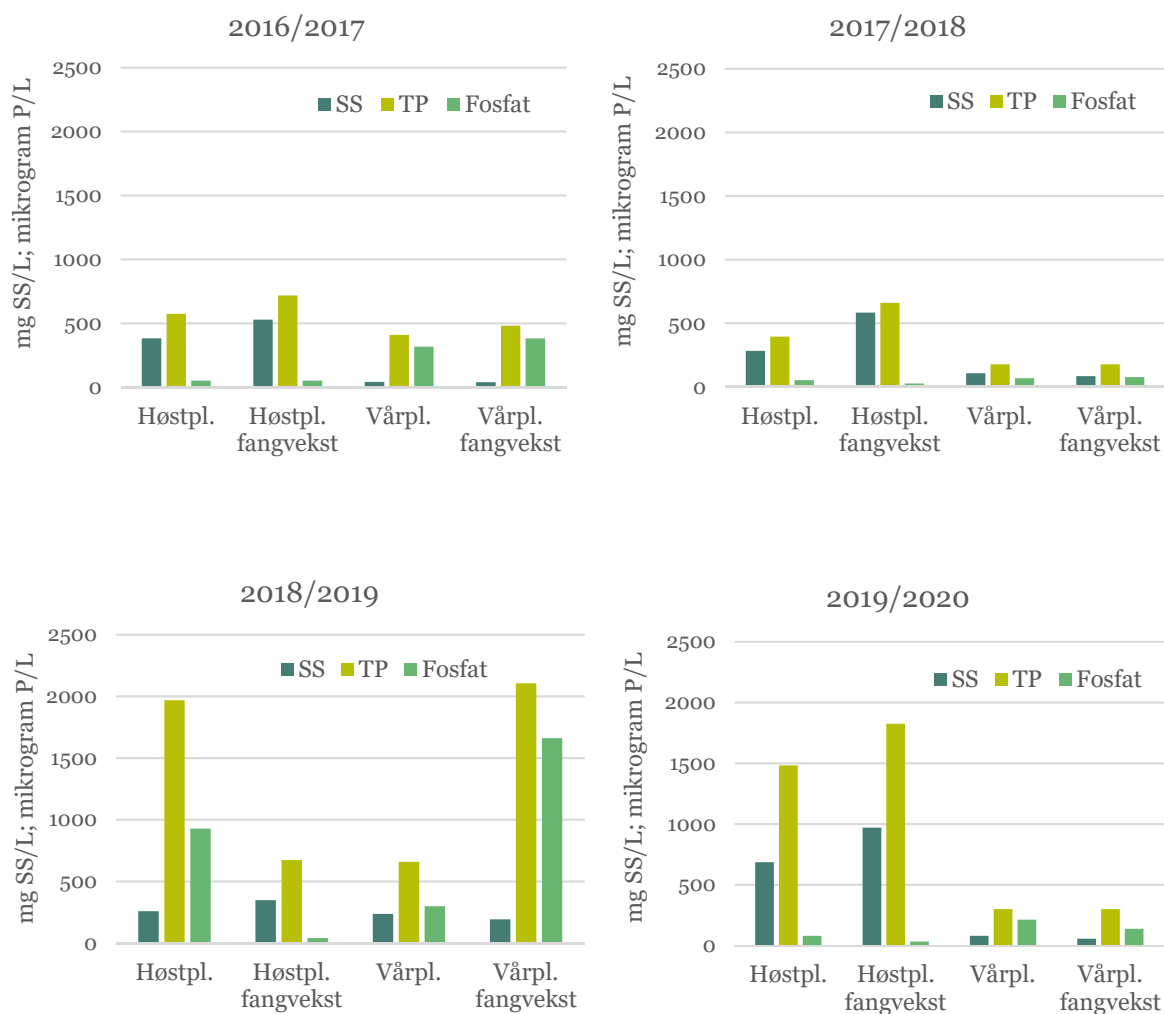
Vinterperioden

Resultatene viste, som forventet, større partikkel- og fosforkonsentrasjon i avrenningen fra høstpløyde ruter enn fra vårpløyde ruter (Figur 3-7). Ser man på løst fosfat er bildet annerledes, konsentrasjonen av løst fosfat var i de fleste tilfellene størst fra de vårpløyde rutene i vinterperiodene.

I tre av de fire vinterperiodene var det ingen tydelig effekt av fangvekst på konsentrasjoner av total fosfor og løst fosfat i avrenningen fra vårpløyde ruter (Figur 3-7), men som vi viser i kapittel 4.1, økte fosfatkonsentrasjonen i overflateavrenningen betydelig med økende mengde fosfor i plantematerialet på overflaten i den første vinterperioden (Figur 4-1 a).

Vinterperioden 2018/2019 skiller seg ut ved at den ene høstpløyde ruta uten fangvekst og den ene vårpløyde ruta med fangvekst hadde meget høye konsentrasjoner av løst fosfat. Vi vet ikke årsaken til dette, men vi antar at det kan være et resultat av tørkesommeren 2018. De to andre rutene med samme behandling hadde ikke spesielt høye konsentrasjoner. På grunn av tørken ble det ikke foretatt ugrasssprøyting på forsommeren i 2018, og da regnet kom i august ble det fart i både fangvekst og ugras. Det var derfor liten forskjell i fosformengden i plantematerialet på ruter med og uten fangvekst den påfølgende vinteren (Figur 3-4).

For høstpløyde ruter var det høyere konsentrasjon av partikler fra ruter med fangvekst sammenlignet med ruter uten fangvekst i alle fire år. Det samme gjelder for totalfosfor i tre av fire år, mens totalfosfor det fjerde året (2018/2019) i gjennomsnitt var høyest fra høstpløyde ruter uten fangvekst, fordi det var mye løst fosfat i avrenningen fra en av disse rutene, som omtalt over (Figur 3-7). Høyere partikkelkonsentrasjoner fra ruter med fangvekst enn fra ruter uten fangvekst kan forklares med en tendens til bedre aggregatstabilitet ved start av forsøket for rutene uten fangvekst sammenlignet med rutene med fangvekst. Bedre aggregatstabilitet forventes å gi mindre partikkeltap.



Figur 3-7. Gjennomsnittlig konsentrasjon av partikler (SS), totalfosfor (TP) og løst fosfat i avrenning for hver av behandlingene i vinterperiodene etter høstpløying og fram til våronn.

Sommerperioden

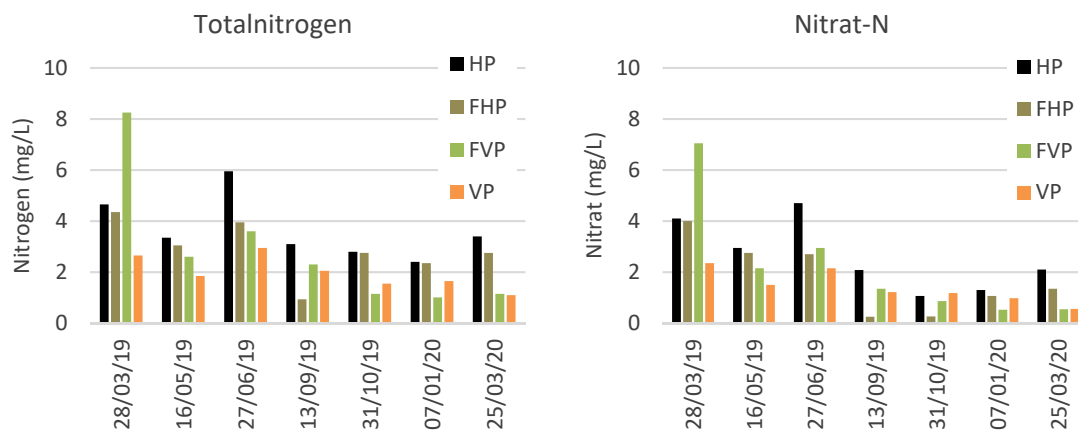
For sommerperioden var det data for bare tre av årene. Manglende resultater for sommerperioden i 2018 skyldes tørkesommer og dermed ingen avrenning. I sommerperiodene var det en tendens til større fosfatkonsentrasjon fra de vårpløyde rutene enn fra de høstpløyde rutene, uavhengig av fangvekst eller ikke (Figur 3-8). En mulig årsak er at fosfor i plantematerialet som pløyes inn om våren kan gi økt innhold av lettøselig fosfor i jorda. Ved høstpløying har fosforet i plantematerialet hatt lenger tid for bindingsprosessene til jord. For partikkel- og totalfosforkonsentrasjonene var det ingen systematiske forskjeller mellom behandlingene.



Figur 3-8. Gjennomsnittlig konsentrasjon av partikler (SS), totalfosfor (TP) og løst fosfat i avrenning for hver av behandlingene i sommerperiodene fram til høstpløyning.

3.5.1.2 Nitrogen

Det siste forsøksåret (2019/2020) ble det også målt totalnitrogen og nitrat-N i vannprøvene. For de fleste prøvetakingsperiodene var konsentrasjonen av totalnitrogen høyere i avrenningen fra høstpløyde ruter enn fra vårpløyde ruter (Figur 3-9). Et tydelig unntak var for prøvene tatt ut 28. mars 2019. Da var det høy konsentrasjon (14 mg N/L) i vannprøven fra den ene vårpløyde ruta med fangvekst. Den andre ruta med samme behandling hadde en konsentrasjon på 2,5 mg N/L. Vi har ingen forklaring på den høye nitrogenkonsentrasjonen for den ene ruta ved denne prøvetakingen. For konsentrasjonen av nitrat-N var det mindre forskjell mellom høstpløyde og vårpløyde ruter ved enkelte av prøvetakingstidsperiodene sammenlignet med konsentrasjonen av totalnitrogen. Konsentrasjonen av nitrat-N i september og oktober 2019 var lav i overflateavrenningen fra ruter med fangvekst som skulle høstpløydes (29. oktober).



Figur 3-9. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalnitrogen og nitrat-N i overflateavrenning (mg/L) fra ruter med høstpløying uten fangvekst (HP), høstpløying med fangvekst (FHP), fangvekst med vårpløying (FVP) og vårpløying (VP) i forsøksåret 2019/2020. To ruter for hver behandling. Dato viser slutten av blandprøveperioden.

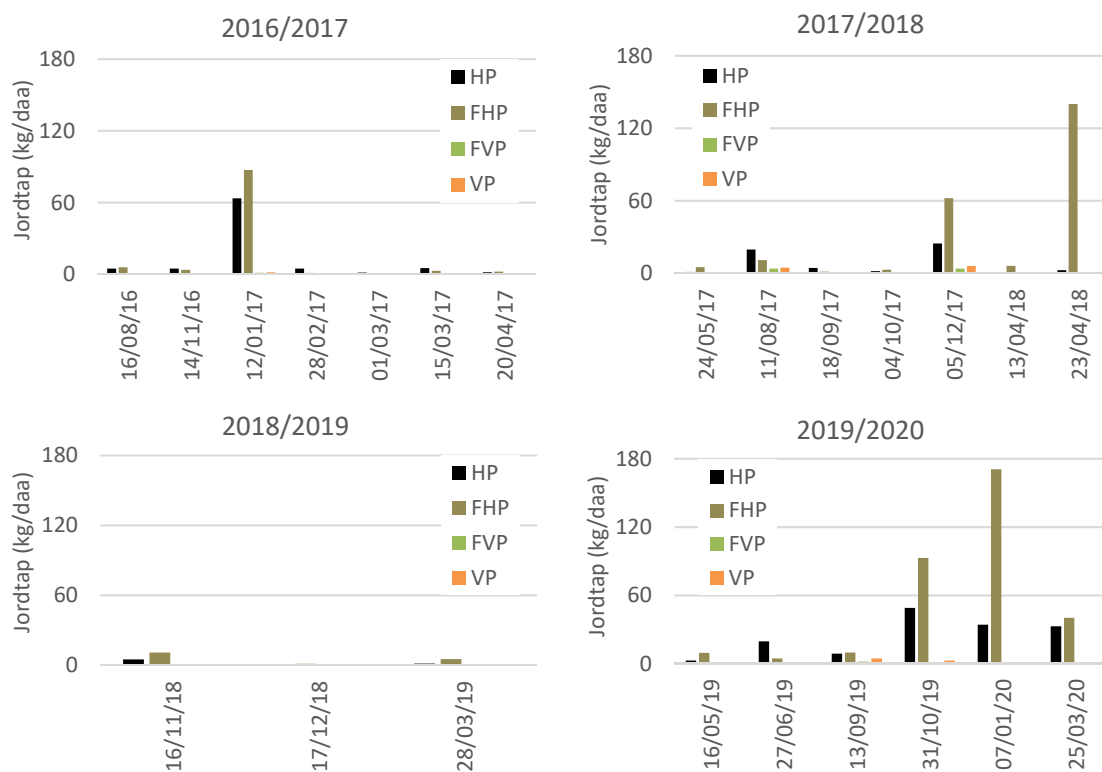
3.5.2 Jord- og næringsstofftap

Tap av jordpartikler og næringsstoffer er en funksjon av avrenning og konsentrasjon i avrenningsvannet. Figurene nedenfor (Figur 3-10, Figur 3-11 og Figur 3-12) Figur 3-9 viser tapene av henholdsvis jordpartikler, totalfosfor og løst fosfat i hver blandprøveperiode i løpet av de fire forsøksårene. I noen år har det vært mange episoder med overflateavrenning og dermed mange vannprøver, mens i andre år har det vært lite overflateavrenning med tilsvarende færre vannprøver. Datoene i figurene er dato for vannprøvetaking og dermed sluttdatoen for en blandprøveperiode.

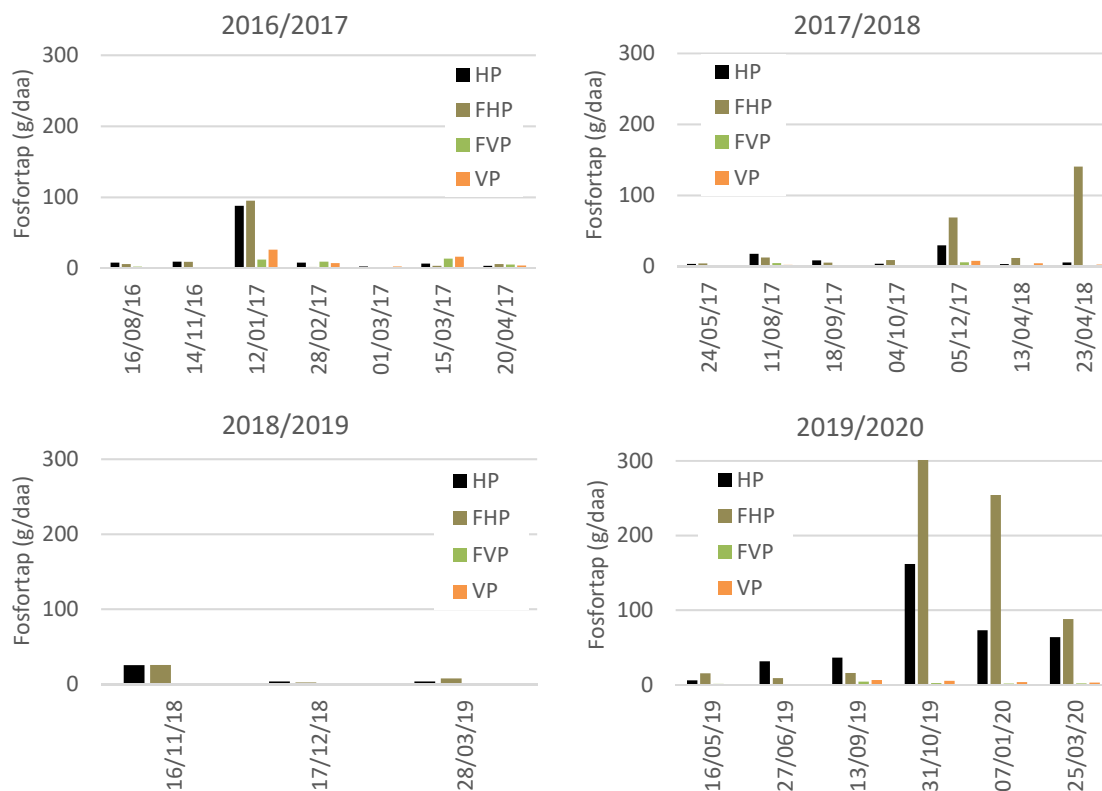
Det er kun høstpløyde ruter som har jordtap av betydning (Figur 3-10). Generelt er det størst jordtap fra høstpløyde ruter med fangvekst. Jordtapene følger avrenningsmengden til en viss grad (Figur 3-6), men ikke for alle blandprøveperiodene. Forskjellene skyldes antagelig forskjeller i avrenningsintensitet, det vil si om avrenningen stammer fra nedbør med liten intensitet eller fra nedbør med høy intensitet. Jordtap skjedde hovedsakelig i høst- og vintermånedene.

Tapene av totalfosfor henger i stor grad sammen med jordtapedet, slik at de største tapene av totalfosfor fikk vi på de høstpløyde rutene (Figur 3-11).

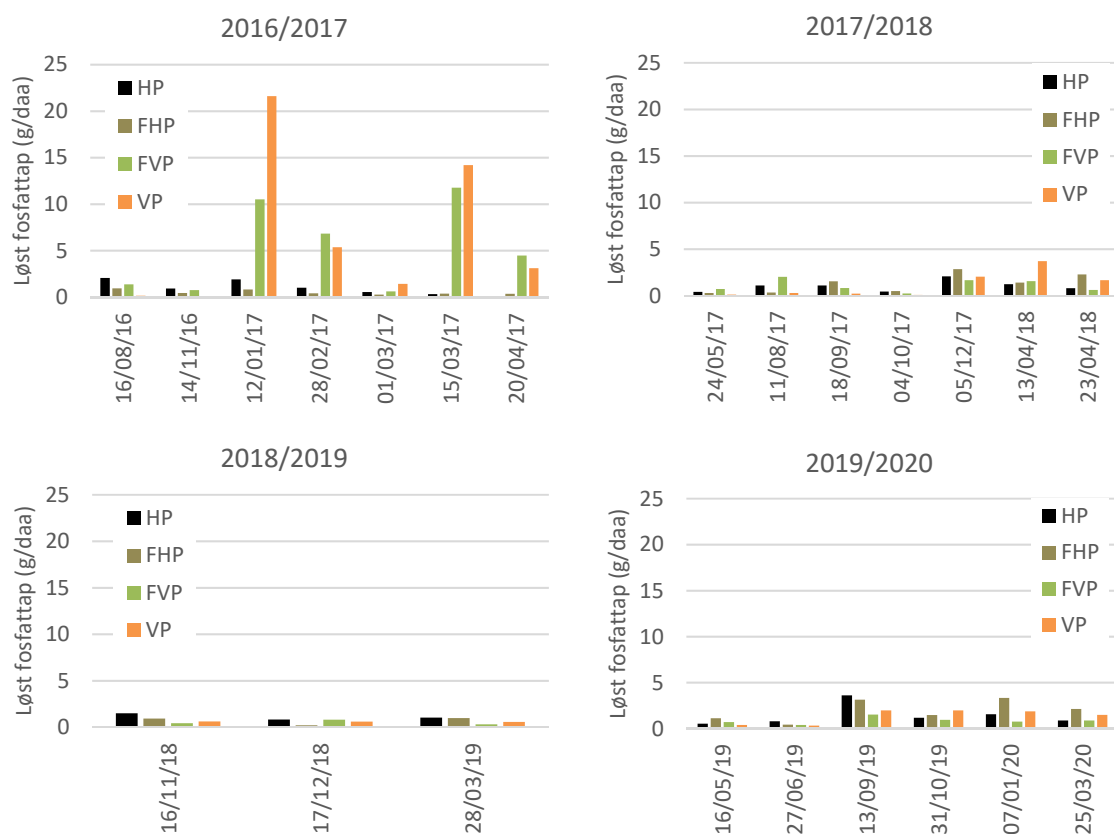
For tapet av løst fosfat er bildet litt annerledes, spesielt i den første vintersesongen (2016/2017) (Figur 3-12). Her var det tydelig forhøyet tap av løst fosfat fra de vårpløyde rutene. I de påfølgende tre årene er tapene av løst fosfat lavt for alle forsøksbehandlinger og i alle blandprøveperiodene.



Figur 3-10. Gjennomsnittlig jordtap i overflateavrenning (kg/daa) fra ruter med høstpløying uten fangvekst (HP), høstpløying med fangvekst (FHP), fangvekst med vårpløying (FVP) og vårpløying (VP). To ruter for hver behandling. Dato viser slutten av blandprøveperioden.



Figur 3-11. Gjennomsnittlig tap av totalfosfor i overflateavrenning (g/daa) fra ruter med høstpløying uten fangvekst (HP), høstpløying med fangvekst (FHP), fangvekst med vårpløying (FVP) og vårpløying (VP). To ruter for hver behandling. Dato viser slutten av blandprøveperioden.



Figur 3-12. Gjennomsnittlig tap av løst fosfat i overflateavrenning (g/daa) fra ruter med høstpløying uten fangvekst (HP), høstpløying med fangvekst (FHP), fangvekst med vårpløying (FVP) og vårpløying (VP). To ruter for hver behandling. Dato viser slutten av blandprøveperioden.

3.5.2.1 Jord- og fosforttap i vinterperiodene

De gjennomsnittlige tapene fra høstpløydte ruter for vinterperiodene i årene 2016-2020 var 128 g totalfosfor/daa, og av dette var 4 g løst fosfat (Tabell 3-2). Fra vårpløydte ruter var tapet av totalfosfor i gjennomsnitt 17 g/daa og av dette utgjorde løst fosfat 13 g/daa. Det var stor forskjell mellom år for de vårpløydte rutene. I den første vinterperioden (2016/2017) var det betydelig større tap av løst fosfat enn i de tre påfølgende vintrene. Det skyldtes høyere fosfatkonsentrasjon i avrenningen på grunn av utlekking av fosfor fra plantematerialet på overflaten. Fra de høstpløydte rutene var tapene av løst fosfat lave i alle årene.

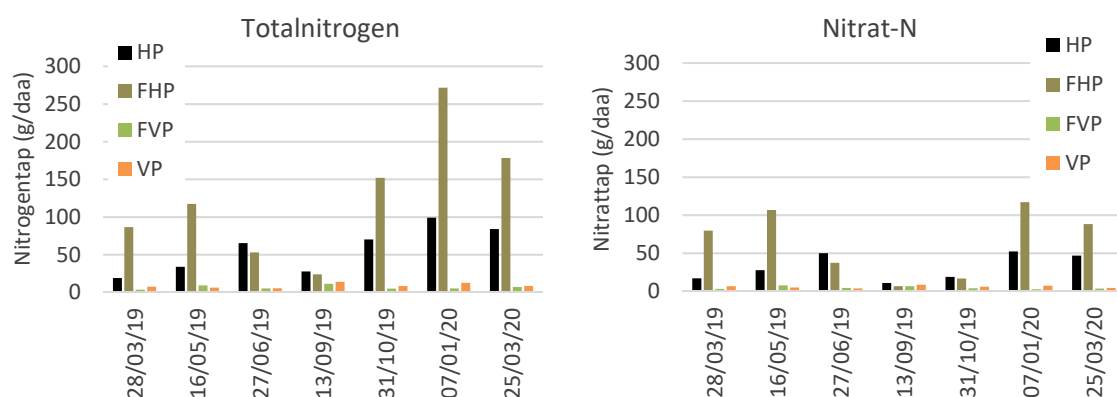
Tabell 3-2. Gjennomsnittlig tap av jordpartikler (SS), totalfosfor (TP) og løst fosfat (DRP) i vinterperiodene fra ruter med høstpløying uten fangvekst, høstpløying med fangvekst, fangvekst med vårpløying og vårpløying. To ruter for hver behandling. Vintertap i prosent av årstap i parentes.

| Vintertap | Høstpløyd uten fangvekst | Høstpløyd med fangvekst | Vårpløyd uten fangvekst | Vårpløyd med fangvekst |
|-------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 2016/2017* | | | | |
| SS (kg/daa) | 76 (89 %) | 94 (91 %) | 4 (92 %) | 2 (61 %) |
| TP (g/daa) | 108 (86 %) | 107 (91 %) | 56 (99 %) | 42 (91 %) |
| DRP (g/daa) | 4 (57 %) | 2 (62 %) | 46 (99 %) | 34 (94 %) |
| 2017/2018 | | | | |
| SS (kg/daa) | 28 (51 %) | 208 (91 %) | 7 (67 %) | 4 (45 %) |
| TP (g/daa) | 39 (53 %) | 222 (88 %) | 15 (76 %) | 9 (49 %) |
| DRP (g/daa) | 4 (57 %) | 7 (71 %) | 7 (91 %) | 4 (50 %) |
| 2018/2019 | | | | |
| SS (kg/daa) | 7 (100 %) | 18 (100 %) | 2 (100 %) | 0,2 (100 %) |
| TP (g/daa) | 32 (100 %) | 36 (100 %) | 4 (100 %) | 2 (100 %) |
| DRP (g/daa) | 3 (100 %) | 2 (100 %) | 2 (100 %) | 2 (100 %) |
| 2019/2020 | | | | |
| SS (kg/daa) | 67 (46 %) | 211 (64 %) | 1 (14 %) | 0,5 (14 %) |
| TP (g/daa) | 137 (37 %) | 342 (49 %) | 6 (32 %) | 3 (27 %) |
| DRP (g/daa) | 2 (29 %) | 5 (47 %) | 3 (42 %) | 2 (31 %) |
| 2016-2020 | | | | |
| SS (kg/daa) | 45 (61 %) | 133 (78 %) | 3 (54 %) | 2 (43 %) |
| TP (g/daa) | 79 (52 %) | 177 (64 %) | 20 (81 %) | 14 (72 %) |
| DRP (g/daa) | 3 (53 %) | 4 (62 %) | 15 (91 %) | 10 (81 %) |

* I 2016/2017 var det i praksis bare to behandlinger; Høstpløyd med fangvekst og Vårpløyd med fangvekst, siden det ved en feil ble sådd fangvekst på alle rutene.

3.5.2.2 Nitrogentap

Tapene av totalnitrogen og nitrat-N var størst i vinterhalvåret og med tydelig større tap fra de høstpløydte rutene enn fra de vårpløydte rutene. (Figur 3-13). I vinterhalvåret var det stor forskjell mellom tapene av totalnitrogen og nitrat-N for de høstpløydte rutene. Det viser at en større andel av tapene var organisk nitrogen på de høstpløydte rutene i vinterhalvåret sammenlignet med de øvrige prøvetakingstidsperiodene.



Figur 3-13. Gjennomsnittlig tap av totalnitrogen og nitrat-N i overflateavrenning (g/daa) fra ruter med høstpløying uten fangvekst (HP), høstpløying med fangvekst (FHP), fangvekst med vårpløying (FVP) og vårpløying (VP). To ruter for hver behandling. Dato viser slutten av blandprøveperioden.

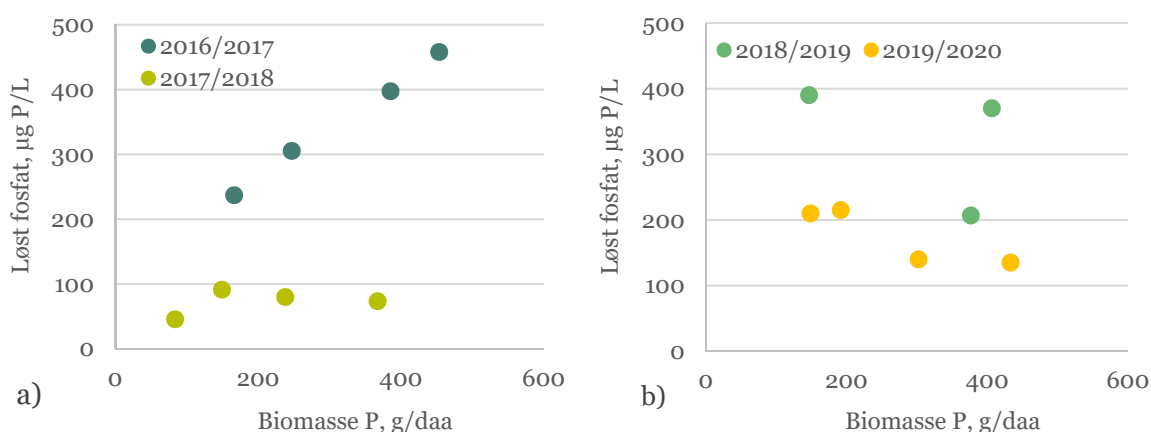
4 Diskusjon

4.1 Sammenheng mellom fosfor i plantematerialet og konsentrasjonen av løst fosfat avrenningen

I den første vinterperioden (2016/2017) som hadde et kortvarig snødekke, men tele i jorda, økte fosfatkonsentrasjonen i overflateavrenningen med økende mengde fosfor i plantematerialet på overflaten (Figur 4-1 a). Uten snødekke blir ikke plantene beskyttet mot frost. Plantecellene fryser i stykker og fosforet i plantene kan dermed lekke ut. Manglende snødekke ga også tele i det øverste jordlaget (Figur 2-4). Telen ga sannsynligvis mindre binding til jorda av fosforet som ble vasket ut av plantematerialet, og det fulgte i stedet overflateavrenningen. Disse faktorene har sannsynligvis bidratt til den tydelige sammenhengen mellom fosformengden i plantematerialet på forsøksruta og konsentrasjonen av løst fosfat i overflateavrenningen.

Vinteren 2017/2018 hadde langvarig snødekke som beskyttet jord og planter mot frost. Da var konsentrasjonene av løst fosfat i overflateavrenningen mye lavere, og det var små forskjeller mellom de ulike behandlingene (Figur 4-1 a). Vinteren 2018/2019 som også hadde langvarig snødekke, var konsentrasjonene av løst fosfat høye (Figur 4-1 b), men tapet av løst fosfat var lavt på grunn av liten avrenning (Tabell 3-2). Konsentrasjonene hadde ingen sammenheng med mengde fosfor i plantematerialet og de hadde ingen sammenheng med behandling. Ekstremverdi (2950 µg P/L) for den ene ruta er ikke med i figuren.

Vintersesongen 2019/2020 var en mild vinter med lite snø, men til forskjell fra 2016/2017 var det ikke tele. Konsentrasjonene av løst fosfat var ganske lave og hadde heller ikke dette året noen sammenhengen med fosformengden i plantematerialet (Figur 4-1 b). Det kan dermed se ut til at vinterklimaet har stor betydning for hvor store tapene av løst fosfat fra plantedekket blir.

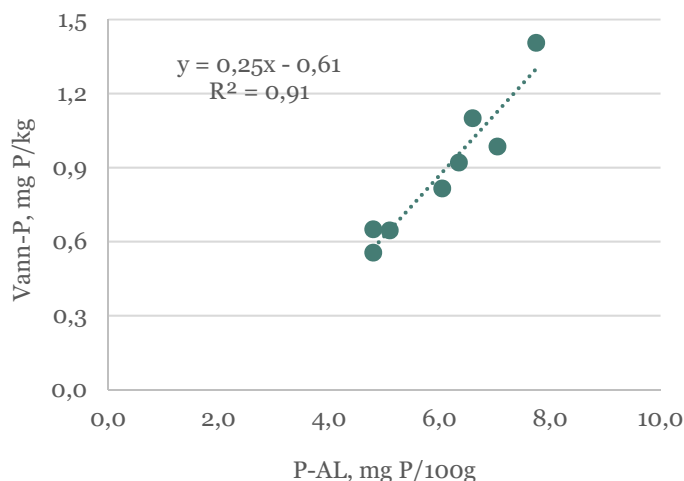


Figur 4-1. Sammenheng mellom mengden fosfor i plantematerialet (biomassen) og gjennomsnittlig konsentrasjon av løst fosfat i avrenningen i vinterperiodene 2016/2017 og 2017/2018 (a) og 2018/2019 og 2019/2020 (b).

4.2 Effekt av fosforstatus i jorda på tap av løst fosfat

Jordas innhold av lett-løselig fosfor (P-AL) forventes også å påvirke tapene av løst fosfat, fordi det var en positiv og signifikant sammenheng mellom P-AL og vann-løselig fosfor i jorda (Figur 4-2). I en multipel regresjon med P-AL og mengden fosfor i plantematerialet som bestemmende variabler, ga P-AL et signifikant bidrag ($p=0,005$) til fosfatkonsentrasjonen i avrenningen fra vårpløydte ruter i

vinterperiodene. Fosfor i plantematerialet og P-AL forklarte sammen 69% av variasjonen mellom forsøksrutene i gjennomsnittlig fosfatkonsentrasjon. Vinterperioden etter tørkesommeren 2018 ble utelatt i statistikkanalysen, fordi gjenværende gjødsel fosfor kan ha påvirket jordas innhold av lett løselig fosfor. Det er derfor sannsynlig at jordanalysene fra 2017 ikke var representative for vinteren 2018-2019.



Figur 4-2. Sammenheng mellom P-AL og P-Vann i jorda. Jordanalyser fra 2016 og 2017 fra vårpløyde ruter.

4.3 Effekt av aggregatstabilitet på avrenning

Det var forskjeller i aggregatstabilitet mellom de ulike forsøksrutene ved forsøksstart. For ruter med høstpløying uten fangvekst var det i gjennomsnitt bedre aggregatstabilitet ved start enn gjennomsnittet for ruter med høstpløying med fangvekst (Figur 3-2). Dette gjenspeiles ved generelt mindre avrenning og jordtap fra høstpløyde ruter uten fangvekst enn fra høstpløyde ruter med fangvekst. Tilsvarende for de vårpløyde rutene, der var det ruter med fangvekst som hadde best aggregatstabilitet ved forsøksstart. Det kan forklare mindre overflateavrenning fra vårpløyde ruter med fangvekst enn fra vårpløyde ruter uten fangvekst. Dette antyder at tiltak som bedrer aggregatstabiliteten vil bidra til mindre overflateavrenning og dermed mindre erosjon og fosfortap, men på grunn av den underliggende jordvariasjonen mellom ruter ved forsøksstart har vi ikke kunnet dokumentere sikker effekt av fangvekster på jordas aggregatstabilitet.

4.4 Stubb med eller uten fangvekst

For ruter som lå i stubb over vinteren var jordtapet veldig lavt, og dermed ble det også lavt tap av partikkelbundet fosfor. Det var en tendens til at vintertapene av både partikler, totalfosfor og løst fosfat var større fra ruter uten fangvekst enn fra ruter med fangvekst. Denne tendensen til forskjell skyldtes antagelig mer den underliggende jordvariasjonen enn behandlingseffekten, siden aggregatstabiliteten i gjennomsnitt var bedre på rutene med fangvekst enn på rutene uten fangvekst ved forsøksstart (Figur 3-2). Som forklart i avsnitt 4.1. fant vi imidlertid at under vinterforhold som gir tap av løst fosfat fra plantematerialet, kan fangvekst gi økt tap av løst fosfat i avrenningen.

Fire vintersesonger med forsøk har demonstrert at det ikke finnes et enkelt svar når det gjelder effekt av fangvekster på fosfortap. Varierende vintervær mellom år har gitt ulik effekt av fangvekster i de enkelte årene. Snø beskytter plantematerialet mot frost som kan ødelegge plantecellene og med det eksponere plantenes fosforinnhold for utvasking. År med langvarig stabilt snødekke ga derfor mindre

fosfortap fra fangvekstene. En vinter med lite snø kan være preget av mye barfrost og tele i jorda eller den kan være preget av mildvær og lite tele. I det første tilfellet kan infiltrasjonen av nedbør være liten og adsorpsjon av fosfor i jorda lav, slik at løst fosfat som er vasket ut fra plantematerialet renner av på overflaten. I det andre tilfellet med mild vinter blir plantecellene i mindre grad ødelagt av frost, og det er bedre mulighet for at fosforet som eventuelt vaskes ut fra plantene blir bundet i jorda når det ikke er tele.

4.5 Høstpløying med eller uten fangvekst

På høstpløyde ruter var det i gjennomsnitt større avrenning fra rutene med fangvekst enn fra rutene uten fangvekst (Figur 3-5). Dette førte til at også tapene av partikler og totalfosfor ble større fra de høstpløyde rutene med fangvekst (Tabell 3-2). Som beskrevet i avsnitt 4.3, kan større avrenning fra høstpløyde ruter med fangvekst forklares med at de fra start av forsøket hadde i gjennomsnitt lavere aggregatstabilitet enn de høstpløyde rutene uten fangvekst. Forskjellene i avrenning og tap mellom de to høstpløyde behandlingene skyldes derfor antagelig mer underliggende jordvariasjon enn behandlingseffekter.

5 Konklusjoner

Fire vintersesonger med forsøk har demonstrert at det ikke finnes et enkelt svar når det gjelder effekt av fangvekster i korn på fosfortap i vinterperioden. I tre av forsøksårene var tapene av løst fosfat lavt og i liten grad påvirket av fangveksten. I det første forsøksåret derimot, hvor det var barfrost, var tapene av løst fosfat betydelig høyere fra vårpløyde ruter enn fra høstpløyde ruter, og det var en tydelig sammenheng mellom fosfatkonsentrasjonen i avrenningen og fosformengden i plantematerialet på forsøksruta. Jo mer fosfor i plantemassen på ruta, jo høyere var konsentrasjonen av løst fosfat i avrenningen. Løst fosfat er direkte tilgjengelig for alger i vassdrag, og en økning i denne delen av fosfortapet er derfor uheldig.

Resultatene fra forsøket viste også at jordas P-AL-verdi påvirket fosfatkonsentrasjonen i avrenningen fra de vårpløyde rutene. Jo høyere P-AL-verdi i jorda på forsøksruta, jo mer fosfat ble løst i avrenningsvannet.

Dette forsøket viste ingen tydelig effekt av fangvekster på erosjonen. Vi fant heller ikke signifikant effekt av fangvekster på jordas aggregatstabilitet etter to sesonger med fangvekster, men det var en tendens til at ved vårpløyning ga fangvekster litt bedre aggregatstabilitet.

Det siste forsøksåret med målinger av totalnitrogen og nitrat-N viste at nitrogentapet var størst i vinterhalvåret og med tydelig større tap fra de høstpløyde rutene enn fra de vårpløyde rutene. Vegetasjonen beskyttet dermed, som forventet, mot nitrogentap.

Litteraturreferanser

- Aronsson, H., Hansen, E.M., Thomsen, I.K., Liu, J., Øgaard A.F., Känkänen, H., & Ulén, B. 2016. The ability of cover crops to reduce nitrogen and phosphorus losses from arable land in southern Scandinavia and Finland – a review. *J. Soil and Water Conservation*, 71(1): 41-55.
doi:10.2489/jswc.71.1.41.
- Lundekvam, H. & Breen, T. 1995. Vegetasjonsbelte og avrenningsfelt. Sluttrapport frå STIL-prosjektet «Demonstrasjonsgård for miljøvennlig landbruk», Kgl. Selskap for Norges Vel, Skjetten. 28 s.
- Børresen, T. & Uhlen, G. 1991. Jorderosjon og fosfortap ved overflateavrenning i feltlysimeter i Ås vinteren 1989/90. *Norsk landbruksforskning* 5: 47-54.
- Riley, H. 1996. Estimation of physical properties of cultivated soils in southeast Norway from readily available soil information. *Norwegian Journal of Agricultural Science, Supplement No. 25*, 51 pp.
- Øygarden, L. & Bechmann, M. 2017. Synergier av miljøtiltak i jordbruket - Klimagassutslipp, klimatilpassing, vannforvaltning og luftforurensninger i norsk jordbruk. *NIBIO Rapport 3(51)*. 39 s.

Vedlegg

Tabell 1. Konsentrasjon av suspendert stoff (mg/L) i avrenning fra åtte ruter med høstpløying uten fangvekst (rute 1 og 6), høstpløying med fangvekst (rute 2 og 8), fangvekst med vårpløying (3 og 5) og vårpløying (rute 4 og 7). Dato viser slutten av blandprøveperioden. Blå er vinter og grønn er øvrige årstider.

| Dato for prøveuttak | Rute 1 Høstpløying | Rute 6 Høstpløying | Rute 2 Fangvekst og høstpløying | Rute 8 Fangvekst og høstpløying | Rute 4 Vårpløying | Rute 7 Vårpløying | Rute 3 Fangvekst og vårpløying | Rute 5 Fangvekst og vårpløying |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | mg suspendert stoff/L | | | | | | | |
| 16.08.2016 | 530 | 480 | 800 | 2300 | 630 | | 590 | 410 |
| 14.11.2016 | 960 | 500 | 820 | 700 | 830 | | 2000 | 230 |
| 12.01.2017 | 2300 | 320 | 3600 | 750 | 150 | 650 | 230 | 59 |
| 28.02.2017 | 130 | 25 | 48 | 87 | 39 | 43 | 12 | 16 |
| 01.03.2017 | 320 | 19 | 80 | 18 | 21 | 24 | 10 | 19 |
| 15.03.2017 | 420 | 13 | 290 | 140 | 21 | 32 | 19 | 14 |
| 20.04.2017 | 200 | 74 | 120 | 150 | 10 | 35 | 12 | 1 |
| Gjns. Vinter 16/17 | 674 | 90 | 828 | 229 | 48 | 157 | 57 | 22 |
| 24.05.2017 | 150 | 150 | 810 | 340 | 890 | 150 | 370 | 49 |
| 11.08.2017 | 2300 | 650 | 1800 | 830 | 2000 | | 1500 | 880 |
| 18.09.2017 | 430 | 240 | 18 | 150 | 220 | | 48 | 66 |
| 04.10.2017 | 700 | 490 | 570 | 510 | 920 | | 1900 | 540 |
| 05.12.2017 | 950 | 570 | 970 | 590 | 320 | 290 | 300 | 160 |
| 13.04.2018 | 30 | 15 | 52 | 170 | 5.6 | 10 | 2.3 | 3.6 |
| 20.04.2018 | 37 | 98 | 220 | 1500 | 8.1 | 7 | 17 | 19 |
| Gjns. Vinter 17/18 | 339 | 228 | 414 | 753 | 111 | 102 | 106 | 61 |
| 16.11.2018 | 700 | 290 | 860 | 380 | 560 | 86 | 0 | 130 |
| 17.12.2018 | 170 | 110 | 160 | 340 | 280 | 69 | 400 | 45 |
| 28.03.2019 | 180 | 100 | 81 | 270 | 150 | 270 | 230 | 32 |
| Gjns. Vinter 18/19 | 350 | 167 | 367 | 330 | 330 | 142 | 210 | 69 |
| 16.05.2019 | 230 | 130 | 340 | 190 | 86 | 110 | 67 | 36 |
| 27.06.2019 | 1200 | 290 | 390 | 410 | 130 | 270 | 200 | 150 |
| 13.09.2019 | 500 | 360 | 500 | 300 | 500 | 850 | 470 | 340 |
| 31.10.2019 | 1500 | 1400 | 1500 | 1500 | 260 | 540 | 230 | 91 |
| 07.01.2020 | 810 | 390 | 410 | 2200 | 68 | 90 | 85 | 17 |
| 25.03.2020 | 1300 | 240 | 610 | 660 | 59 | 100 | 96 | 26 |
| Gjns. Vinter 19/20 | 1055 | 315 | 510 | 1430 | 64 | 95 | 91 | 22 |

Tabell 2. Konsentrasjon av totalfosfor ($\mu\text{g/L}$) i avrenning fra åtte ruter med høstpløying uten fangvekst (rute 1 og 6), høstpløying med fangvekst (rute 2 og 8), fangvekst med vårpløying (3 og 5) og vårpløying (rute 4 og 7). Dato viser slutten av blandprøveperioden. Blå er vinter og grønn er øvrige årstider.

| Dato for prøveuttak | Rute 1 Høstpløying | Rute 6 Høstpløying | Rute 2 Fangvekst og høstpløying | Rute 8 Fangvekst og høstpløying | Rute 4 Vårpløying | Rute 7 Vårpløying | Rute 3 Fangvekst og vårpløying | Rute 5 Fangvekst og vårpløying |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | $\mu\text{g totalfosfor/L}$ | | | | | | | |
| 16.08.2016 | 770 | 1200 | 820 | 2300 | 990 | | 1300 | 1000 |
| 14.11.2016 | 1800 | 1200 | 2000 | 1600 | 1700 | | 4200 | 1100 |
| 12.01.2017 | 3100 | 600 | 3900 | 1600 | 640 | 41000 | 980 | 940 |
| 28.02.2017 | 210 | 69 | 96 | 110 | 140 | 570 | 230 | 500 |
| 01.03.2017 | 370 | 73 | 130 | 62 | 66 | 190 | 130 | 290 |
| 15.03.2017 | 520 | 92 | 400 | 170 | 430 | 430 | 350 | 460 |
| 20.04.2017 | 430 | 280 | 440 | 260 | 380 | 760 | 380 | 550 |
| Gjns. Vinter 16/17 | 926 | 223 | 993 | 440 | 331 | 8590 | 414 | 548 |
| 24.05.2017 | 630 | 310 | 670 | 330 | 2100 | 1200 | 1400 | 930 |
| 11.08.2017 | 2000 | 1100 | 2100 | 580 | 1900 | | 1600 | 1300 |
| 18.09.2017 | 840 | 480 | 260 | 280 | 480 | | 350 | 370 |
| 04.10.2017 | 1700 | 970 | 2700 | 600 | 1900 | | 3000 | 830 |
| 05.12.2017 | 1200 | 600 | 1000 | 730 | 410 | 400 | 470 | 240 |
| 13.04.2018 | 150 | 150 | 160 | 290 | 70 | 110 | 130 | 100 |
| 20.04.2018 | 110 | 160 | 380 | 1400 | 31 | 46 | 55 | 68 |
| Gjns. Vinter 17/18 | 487 | 303 | 513 | 807 | 170 | 185 | 218 | 136 |
| 16.11.2018 | 3400 | 2800 | 1500 | 1000 | 1700 | 450 | 0 | 900 |
| 17.12.2018 | 690 | 3100 | 380 | 540 | 690 | 350 | 4700 | 360 |
| 28.03.2019 | 320 | 1500 | 250 | 370 | 370 | 390 | 2700 | 270 |
| Gjns. Vinter 18/19 | 1470 | 2467 | 710 | 637 | 920 | 397 | 2467 | 510 |
| 16.05.2019 | 460 | 400 | 550 | 300 | 210 | 300 | 490 | 210 |
| 27.06.2019 | 1900 | 1400 | 870 | 720 | 430 | 560 | 770 | 430 |
| 13.09.2019 | 2100 | 960 | 720 | 540 | 790 | 1100 | 850 | 860 |
| 31.10.2019 | 5000 | 4300 | 6900 | 4300 | 870 | 870 | 570 | 530 |
| 07.01.2020 | 1700 | 1000 | 1400 | 2900 | 470 | 430 | 390 | 230 |
| 25.03.2020 | 2500 | 730 | 1700 | 1300 | 300 | 400 | 350 | 230 |
| Gjns. Vinter 19/20 | 2100 | 865 | 1550 | 2100 | 385 | 415 | 370 | 230 |

Tabell 3. Konsentrasjon av løst fosfat ($\mu\text{g/L}$) i avrenning fra åtte ruter med høstpløying uten fangvekst (rute 1 og 6), høstpløying med fangvekst (rute 2 og 8), fangvekst med vårpløying (3 og 5) og vårpløying (rute 4 og 7). Dato viser slutten av blandprøveperioden. Blå er vinter og grønn er øvrige årstider.

| Dato for prøveuttak | Rute 1 Høstpløying | Rute 6 Høstpløying | Rute 2 Fangvekst og høstpløying | Rute 8 Fangvekst og høstpløying | Rute 4 Vårpløying | Rute 7 Vårpløying | Rute 3 Fangvekst og vårpløying | Rute 5 Fangvekst og vårpløying |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | μg løst fosfat/L | | | | | | | |
| 16.08.2016 | 100 | 730 | 130 | 200 | 360 | | 640 | 600 |
| 14.11.2016 | 80 | 410 | 26 | 570 | 900 | | 1700 | 710 |
| 12.01.2017 | 23 | 97 | 22 | 310 | 410 | 36000 | 750 | 830 |
| 28.02.2017 | 20 | 27 | 19 | 28 | 80 | 450 | 150 | 380 |
| 01.03.2017 | 25 | 30 | 19 | 28 | 25 | 110 | 57 | 150 |
| 15.03.2017 | 22 | 56 | 24 | 21 | 380 | 370 | 280 | 420 |
| 20.04.2017 | 12 | 210 | 19 | 25 | 290 | 660 | 290 | 510 |
| Gjns. Vinter 16/17 | 20 | 84 | 21 | 82 | 237 | 7518 | 305 | 458 |
| 24.05.2017 | 53 | 120 | 37 | 55 | 150 | 980 | 450 | 670 |
| 11.08.2017 | 70 | 320 | 58 | 100 | 260 | | 380 | 720 |
| 18.09.2017 | 84 | 140 | 84 | 67 | 230 | | 230 | 250 |
| 04.10.2017 | 120 | 400 | 97 | 92 | 400 | | 280 | 220 |
| 05.12.2017 | 57 | 91 | 48 | 24 | 66 | 150 | 100 | 94 |
| 13.04.2018 | 43 | 82 | 31 | 24 | 56 | 94 | 110 | 86 |
| 20.04.2018 | 15 | 27 | 18 | 15 | 15 | 30 | 30 | 41 |
| Gjns. Vinter 17/18 | 38 | 67 | 32 | 21 | 46 | 91 | 80 | 74 |
| 16.11.2018 | 15 | 1900 | 33 | 42 | 710 | 210 | 0 | 660 |
| 17.12.2018 | 25 | 2500 | 30 | 54 | 250 | 240 | 3800 | 260 |
| 28.03.2019 | 28 | 1100 | 42 | 45 | 210 | 170 | 2100 | 190 |
| Gjns. Vinter 18/19 | 23 | 1833 | 35 | 47 | 390 | 207 | 1967 | 370 |
| 16.05.2019 | 14 | 160 | 18 | 34 | 92 | 140 | 280 | 120 |
| 27.06.2019 | 22 | 1000 | 37 | 37 | 210 | 180 | 340 | 200 |
| 13.09.2019 | 160 | 760 | 110 | 130 | 310 | 290 | 320 | 310 |
| 31.10.2019 | 14 | 150 | 15 | 27 | 390 | 300 | 230 | 220 |
| 07.01.2020 | 23 | 110 | 25 | 35 | 270 | 220 | 150 | 140 |
| 25.03.2020 | 24 | 160 | 32 | 35 | 150 | 210 | 130 | 130 |
| Gjns. Vinter 19/20 | 24 | 135 | 29 | 35 | 210 | 215 | 140 | 135 |

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.