



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Kjelle avrenningsforsøk

Årsrapport 2020-2021 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 25 | 2021



Marianne Bechmann, Marianne Stenrød*, Frederik Bøe og Geir Tveiti

Divisjon for miljø og naturressurser/Jordog arealbruk, * Divisjon for Bioteknologi og plantehelse /
Pesticider og naturstoffkjemi

TITTEL/TITLE

Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport 2020–2021 for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Marianne Bechmann, Marianne Stenrød, Frederik Bøe og Geir Tveiti

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
13.01.2022	7/25/2021	Åpen	51518	19/01194
ISBN:		ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02762-1		2464-1162	47	

OPPDRAGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Johan Kollerud

STIKKORD/KEYWORDS:

Jordarbeiding, klima, erosjon, suspendert stoff, fosfor, løst fosfat, nitrogen, plantevernmidler, ruteforsøk

Soil tillage, climate, erosion, suspended sediments, phosphorus, phosphate, nitrogen, pesticides, runoff plots

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Erosjon og avrenning

Erosion and runoff

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Se side 5

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Akershus

GODKJENT /APPROVED

 JANNE STOLTE

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



 MARIANNE BECHMANN
**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Denne rapporten oppsummerer resultater fra alle forsøksår med særlig fokus på det sjette året (01.09.20 – 01.09.21) for avrenningsforsøket på Kjelle Videregående skole i Bjørkelangen. Forsøket gjennomføres i samarbeid mellom Kjelle Videregående skole, Romerike Landbruksrådgiving og NIBIO.

Følgende personer har bidratt til drift av forsøket i 2014-2021:

Thomas Sandbækbråten, Jørgen Sandnes og Stig Helge Basnes (Kjelle Vgs.)

Geir Tveiti, Kjell Wærnhus, Ole Martin Eklo, Marianne Stenrød, Frederik Bøe og Marianne Bechmann (NIBIO).

Isabel Edvardsen har tatt vannprøver fra 2019 til 2021.

Forsøksanlegget er finansiert av Landbruksdirektoratet, Haldenvassdraget vannområde og NIBIO. Forsøket ble etablert i 2013, med første hele forsøksår fra høsten 2014 til høsten 2015.

Resultatene som presenteres her omfatter avrenning av både partikler, næringsstoffer og plantevernmidler.

I prosjektets referansegruppe deltar representanter fra Fylkesmannens landbruksavdeling, Landbruksrådgivingen, Landbruksdirektoratet, Haldenvassdraget vannområde og Bondelaget.

Ås, 13.01.22

Marianne Bechmann

Innhold

Sammendrag.....	5
1 Innledning.....	8
2 Metoder.....	9
2.1 Jordarbeiding og drift	9
2.2 Sprøyting.....	9
2.3 Avrenning og prøvetaking	9
2.4 Målefeil og usikkerheter.....	9
3 Driftspraksis.....	10
3.1 Jordarbeiding.....	10
3.2 Såing og høsting.....	10
3.3 Gjødsling.....	11
3.4 Sprøyting.....	11
4 Værforhold	13
5 Avrenning.....	15
5.1 Årlige data og forskjeller mellom ruter og behandlinger	15
5.2 Variasjoner i avrenning gjennom året	19
6 Partikler og næringsstoffer.....	22
6.1 Konsentrasjoner	22
6.1.1 Suspendert stoff.....	22
6.1.2 Fosfor	23
6.1.3 Nitrogen	26
6.2 Jord- og næringsstofftap	27
6.2.1 Jordtap	27
6.2.2 Fosfortap.....	29
6.2.3 Nitrogentap.....	34
6.3 Effekt av jordarbeiding og høstkorn på jord- og næringsstofftap 2014-2021	36
7 Plantevernmidler	40
7.1 Konsentrasjoner	41
8 Konklusjoner.....	45
Referanser	46

Sammendrag

‘Ingen jordarbeiding om høsten’ har vært et av de viktigste tiltakene mot erosjon og tap av næringsstoffer fra jordbruksarealer siden begynnelsen på 1990-tallet. Avrenningsforsøk som startet på 1980-tallet viser stor effekt av ‘ingen jordarbeiding om høsten’ på erosjon og næringsstofftap på forholdsvis bratte jordbruksarealer. Det har derimot kun vært få undersøkelser av jordarbeidings-effekter på arealer med liten helling, på tross av at slike arealer utgjør størsteparten av jordbruksarealene der det dyrkes korn.

Avrenningsforsøket på Kjelle vgs. i Bjørkelangen ble satt i gang i 2014 for å belyse effekter av jordarbeiding på næringsstoffavrenning fra arealer med liten erosjonsrisiko, det vil si forholdsvis flate arealer. Forsøket består av 9 forsøksruter med målinger av avrenning fra både overflatevann og grøftevann fra hver rute. Det er tre gjentak og behandlingene omfatter

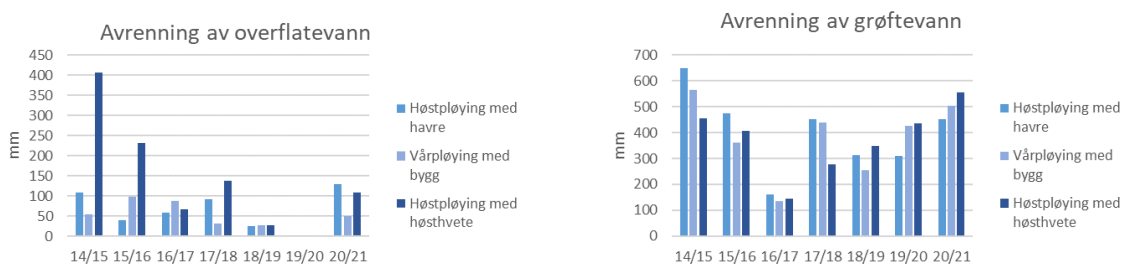
1. høstpløying med vårkorn (havre)
2. vårpløying med vårkorn (bygg)
3. høstpløying med høstkorn (høsthvete)

Resultater fra syv forsøksår (2014-2021), er beskrevet i denne rapporten med fokus på siste året.

Avrenning

Rapporteringsåret 2020/2021 hadde mer nedbør (889 mm) enn gjennomsnittet for normalperioden (702 mm), samt alle tidlige forsøksår (600-836 mm). Gjennomsnittstemperaturen (6,1 °C) var høyere enn i normalperioden (3,3 °C).

Avrenning på overflaten og gjennom drengrøftene var på henholdsvis 97 mm og 503 mm i gjennomsnitt for året 1. september 2020 til 1. september 2021. I 2020/2021 var avrenning gjennom drengrøftene i gjennomsnitt 451 mm for høstpløyde ruter, 504 mm for vårpløyde ruter og 555 mm for ruter med høstkorn (figur 01). Overflateavrenning var lavest for ruter med vårpløying, middels for ruter med høstkorn og høyest fra ruter med høstpløying (109 mm).



Figur 01. Avrenning på overflaten og gjennom drengrøftene for 2014/2015-2020/2021 i gjennomsnitt for hver behandling.

Målingene fra de syv forsøksårene (2014-2021) viser at grøfteavrenningen bidrar mest til tap av jord og næringsstoffer. I perioden 1. september 2020 - 1. juni 2021 kom 84 % av avrenningen gjennom drengrøftene og det bidro til at 68 % av jordtapet, 82 % av fosfortapet, 85 % av tapet av løst fosfat og 90 % av nitrogentapet skjedde via grøfteavrenning.

Jordtapet var i 2020/2021 48 kg/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er litt under gjennomsnittet for tidligere år på 61 kg/daa.

Tapet av totalfosfor var i 2020/2021 303 g/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er over gjennomsnittet for tidligere år på 198 g/daa.



Figur 02. Tap av jord, totalfosfor, løst fosfat og totalnitrogen med overflate- og grøfteavrenning for 2014/2015-2020/2021 i gjennomsnitt for hver behandling.

Tapet av løst fosfat var i 2020/2021 120 g/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er betydelig mer enn gjennomsnittet for tidligere år på 53 kg/daa. En stor del av økningen i totalfosfortapet skyldes økte tap av løst fosfat.

Tapet av totalnitrogen var i 2020/2021 2,0 kg/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er litt under gjennomsnittet for tidligere år på 2,4 kg/daa kg/daa.

En statistisk analyse av resultater fra forsøkets syv år viser at det ikke er noen sikker forskjell på totalt jordtap (suspendert stoff) i perioden 1. september til 1. juni ved ulike behandlinger (høstpløying uten høstkorn, vårpløyde og høstpløying med høstkorn). Det gjennomsnittlige jordtapet fra vårkornruter over hele forsøksperioden er på ca. 30 kg/daa, mens det for de høstpløyde ruter er ca. 60 kg/daa og for ruter med høstkorn er 72 kg/daa. På tross av den store forskjellen i gjennomsnittsverdier er det likevel ikke signifikante forskjeller mellom ulike behandlinger. Det skyldes de store årlige variasjonene og stor variasjon mellom ruter.

For totalfosfor viser resultatene derimot signifikant lavere tap fra vårpløyde ruter (gjns. 143 g/daa) enn fra høstkornruter (gjns. 234 g/daa), men viser ingen signifikant forskjell i forhold til høstpløyde ruter (gjns. 209 g/daa).

Gjennomsnittlig tap av løst fosfat viser, som jordtapet, ingen signifikante forskjeller mellom behandlinger. Det var i gjennomsnitt 58 g/daa fra vårpløyde ruter og ca. 70 g/daa fra høstpløyde ruter med og uten høstkorn.

Gjennomsnittlig tap av nitrogen viser heller ingen signifikant forskjell mellom behandlinger. Nitrogentapet er i gjennomsnitt ca. 1,6 kg/daa fra vårpløyde ruter, og rundt 2,1 kg/daa fra høstpløyde ruter med og uten høstkorn.

For hele forsøksperioden (syv år) var det ikke signifikant forskjell på tap av jord og næringsstoffer gjennom drengroftene.

Avrenning av plantevernmidler

I 2019 startet et forsøk for å undersøke overflate- og drengroftavrenning av plantevernmidler ved gjennomføring av et komplett sprøyteregime i de anlagte feltene med vår- og høstkorn. Sprøytingen for sprøytesesongene 2019 - 2021 omfatter i hovedsak bruk av ugrasmiddel om våren i både høst- og vårkorn, to ganger sprøyting med soppmiddel i høstkorn om sommeren og en gang sprøyting i vårkornet. Det er også sprøytet med ugrasmiddel og soppmiddel (kun 2020) etter såing av høstkorn om høsten 2019 og 2020.

De konsentrasjonsnivåene som er påvist i forsøkene så langt for enkelte av de undersøkte ugras- og soppmidlene er såpass høye at det gir grunnlag for en tett videre oppfølging av målingene. Foreløpig foreliggende resultater er imidlertid for lite materiale til å kunne konkludere om effekten av jordarbeiding på tap av plantevernmidler i overflateavrenning og groftevann. Det må påpekes at vi her måler konsentrasjonen i kanten av en forsøksrute og det er forventet at konsentrasjonsnivået i resipienten vil være fortennet sett i forhold til disse målingene. Forsøkene vil på sikt gi et bedre og bredere grunnlag for anbefalinger knyttet til jordarbeiding og bruk av plantevernmidler i kornproduksjon. Arbeidet fortsetter i 2022.

1 Innledning

Effekter av jordarbeiding på erosjon og tap av næringsstoffer har vært undersøkt tidligere i en rekke avrenningsforsøk på arealer med mer enn 10 % helling (Kværnø og Bechmann 2010; Skøien m.fl. 2012). Forsøket på Kjelle ble startet for å belyse effekten av jordarbeiding på arealer med liten helling og liten erosjonsrisiko. Forsøket omfatter både vårkorn og høstkorn. En utførlig beskrivelse av forsøksanlegget er gitt av Hauken m.fl. (2015), mens resultater fra de fire første forsøksårene er rapportert av Bechmann m.fl. (2015), Kværnø m.fl. (2017), Bechmann m.fl. (2017), Bechmann m.fl. (2019), Bechmann m.fl. (2020) og Bechmann m.fl. (2021). Denne rapporten presenterer resultater for syvende forsøksperiode (høst 2020 – høst 2021), presentert sammen med resultatene fra de første seks forsøksårene.

2 Metoder

Metodene er beskrevet i detalj i en egen rapport om etablering av Kjelle jordarbeidingsforsøk (Hauken m.fl., 2015). Denne rapporten presenterer en kort oppsummering.

2.1 Jordarbeiding og drift

Jordbruksdriften, det vil si jordarbeiding, såing, gjødsling og tresking, ble gjennomført av ansatte ved Kjelle Videregående skole. Det betyr at vi får tilnærmet de samme effekter som vil forekomme i praksis. Norsk Landbruksrådgiving Øst har gjennomført avlingsregistrering. For å få bedre presisjon i pløyinga i forhold til rennen for inntak av overflatevann ble det kjøpt inn en to-skjærs plog sommeren 2020. Den er brukt til pløying høsten 2020 og våren 2021.

2.2 Sprøyting

All sprøyting har blitt utført av NIBIO med NOR-sprøyte spesielt konstruert til bruk på forsøksarealer. Det ble brukt en væskemengde på 20 L/daa med sprøytetrykk 1,5 – 2 bar. I forbindelse med at EU-forordning hvor avstandskrav til åpent vann blir avhengig av type sprøytedyse så ble ulike dysetyper testet ut i forsøkene på Kjelle i 2019 (se Bechmann m.fl. 2020 for mer om dette), mens sprøytingen er gjennomført med dyser at typen Hypro ULD 12002 (Gul) i 2020 og 2021.

2.3 Avrenning og prøvetaking

I 2020-2021 ble det tatt ut 10 vannprøver fra overflatevann og 10 vannprøver fra grøftevann for analyse av suspendert stoff og næringsstoffer. Ved prøveuttak 19. januar 2021 var det lite overflatevann fra rute 8 og det ble ikke analysert for suspendert stoff.

2.4 Målefeil og usikkerheter

Det har vært noen år med jordrotter foran oppsamlingsrennene for overflatevann. Problemet er løst ved å legge om rennene og det er nå et smalt belte (20-25 cm) med grus foran inntaksrenner for overflatevann (figur 1.1). Ved bruk av to-skjærsplog er det mulig å pløye tett inn mot rennene.

Problemer med overflatevannet året 2019/2020 betyr at det ikke rapporteres på overflatevann for det året (Bechmann m.fl. 2021).

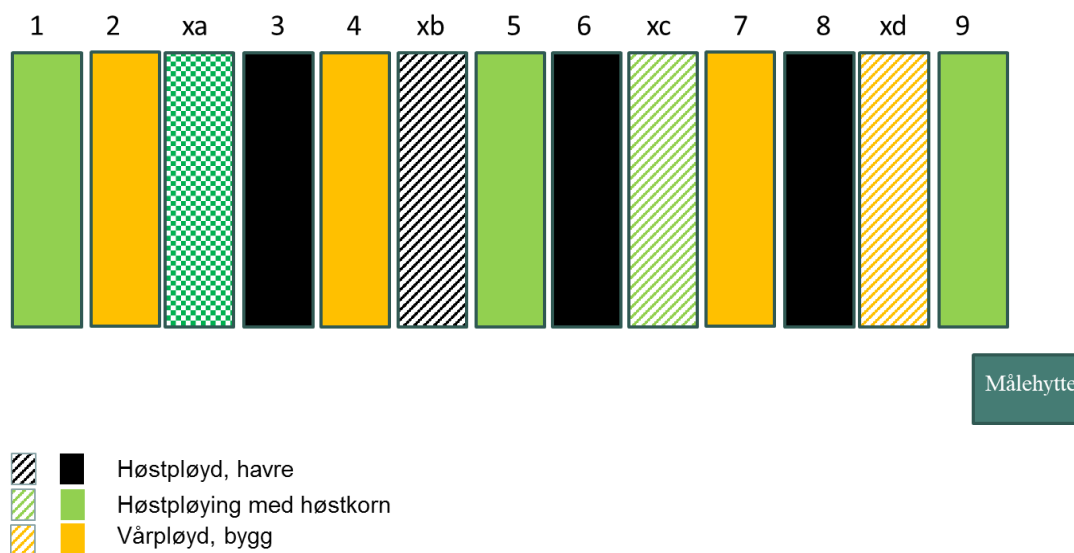
3 Driftspraksis

Forsøksleddene består av tre ulike jordarbeidingsystemer (figur 3.1). Tre og tre ruter behandles likt. I forsøksåret 2020-2021 var rute 3, 6 og 8 høstpløyde med havre, rute 2, 4 og 7 var vårpløyde med bygg, og rute 1, 5 og 9 var høstpløyde med høstkorn. På rute xa (med klimastasjon) var det permanent gras. Rute xb, xc og xd, som ikke har avrenningsmålinger, ble i 2017-2018 behandlet som henholdsvis forsøksledd høstpløyning/vårkorn, høstpløyning/høstkorn og vårpløyning/vårkorn. Jordarbeidings-systemene inngår i en rotasjon, slik at behandlingene blir prøvd ut på ulike ruter hvert år. I 2020-2021 ble rutene byttet om. Jordbruksdriften fra tresking 2020 og til og med tresking 2021 er oppsummert i tabell 3.1.

3.1 Jordarbeiding

Jordarbeiding skjer fortrinnsvis når jorda er laglig. Etter pløyning blir det harvet før såing. Vårpløyning betyr at arealene overvintres uten jordarbeiding, dvs. overvintring i stubb.

Jordarbeiding 2020/2021



Figur 3.1. Jordarbeiding på avrenningsrutene i 2020-2021. Rute med gras er Xa.

Jordarbeidingsmetodene er den vesentlige forskjellen mellom forsøksleddene omtales i rapporten som følger:

Høstpløyning: Høstpløyning, vårharving, såing av havre

Vårpløyning: Ingen jordarbeiding på høsten, vårpløyning, vårharving, såing av bygg

Høstkorn: Høstpløyning, harving, såing av høstvetete

3.2 Såing og høsting

Høstkornet ble sådd 8. september 2020, etter å ha blitt pløyd 7. september og harvet 8. september 2019. Vårkornet ble sådd 1. juni 2021, etter å ha blitt harvet 31. mai og pløyd hhv. 19. oktober og 3. mai (tabell 3.1). Høstkornet var meget tynt og ble pløyd ned 27. august 2021 og det øvrige ble høstet 15. oktober 2021 på grunn av sen såing og sen modning av havren. I forsøksleddet med høstkorn ble det

dyrket høsthvete, mens det på rutene med vårkorn ble dyrket havre etter høstpløying og bygg etter vårpløying.

Tabell 3.1. Jordbruksdrift på ulike ruter fra tresking 2020 til og med tresking 2021.

Forsøks-ledd	Pløye- dato; harvedato	Kornsla g	Sådato	Gjødsling (kg/daa)	Sprøyting*	Høste-dato	Avling (kg/daa)
Høstpløyd (Rute 3, 6, 8)	19.10.20; 1.6.21	Havre	1.6.21	N: 10; P: 0,6 1.6.21	23.06.21 (U); 08.07.21 (S)	15.10.21	308
Vårpløyd (Rute 2, 4, 7)	3.5.21; 31.5.21	Bygg	1.6.21	N: 10; P: 0,6 1.6.21	23.06.21 (U); 08.07.21 (S)	15.10.21	390
Høstkorn (Rute 1, 5, 9)	7.9.20; 8.9.20	Høst- hvete	8.9.20	N: 5; P: 0,3; 28.4.21	01.10.20 (U, S) 04.06.21 (U, S) (S nr. 2 i 2021 ikke gj.ført)	27.08.21 (pløyd ned)	Anslått 30-50

*U: ugrasssprøyting, S: sprøyting mot soppsjukdommer i korn.

3.3 Gjødsling

Det ble ikke gjødslet til høstkorn på høsten. I 2021 ble vårkornet gjødslet 1. juni med 40 kg 25-2-6 som svarer til 10 kg N/daa og 0,6 kg P/daa (tabell 3.1.). Høstkornet ble gjødslet 28. april med 20 kg 25-2-6/daa som svarer til 5 kg N/daa og 0,3 kg P/daa. Høstkornet ble ikke gjødslet andre gang.

3.4 Sprøyting

Det var planlagt samme sprøyteregime i de ulike kulturene for vekstsesongen i 2021 som i 2020 og 2019. Grunnet dårlig vekst av høstkorn ble sen (andre) sprøyting av soppmiddel her ikke gjennomført.

I rutene 3, 6, 8 som hadde havre i 2021, som i 2020, ble det sprøytet med 225 mL/daa av ugrasmidlet Ariane S den 23. juni. Det ble gjennomført soppsprøyting med 60 mL/daa Proline EC 250 den 8. juli.

Tabell 3.3. Oversikt over preparat og virksomme stoff som inngikk i sprøyteplanen for 2020/2021.

Preparat	Virksomt stoff	Mengde virksomt stoff (g/L)	Type middel	Dose preparat (mL/daa)	Dose virksomt stoff (g/daa)	Antall ruter sprøytet
Ariane S	Fluroxypyr	57,6	Ugrasmiddel	225	13,0	6
	Klopyralid	20			4,5	
	MCPA	200			45	
Aviator XPro EC 225	Protiokonazol	154,6	Soppmiddel	60	9,3	0*
	Biksafen	78,9			4,7	
Boxer	Prosulfokarb	800	Ugrasmiddel	250	200	3
Delaro SC 325	Trifloxystrobin	157	Soppmiddel	30	4,7	6
	Protiokonazol	182,4			5,5	
Elatus Era	Protiokonazol	150	Soppmiddel	30	4,5	3
	Benzovindiflupyr	75			2,3	
Pixxaro EC	Fluroxypyr	424,7	Ugrasmiddel	50	21,2	3
	Halauxifen-metyl	13,4			0,7	
Proline EC 250	Protiokonazol	259	Soppmiddel	60	15,5	3
Propulse SE 250	Protiokonazol	125	Soppmiddel	30	3,8	3
	Fluopyram	125			3,8	

*Sprøyting ikke gjennomført pga svært dårlig vekst/avling på høstkornruter.

I rutene 2, 4 og 7 som hadde bygg i 2021 ble det gjennom vekstsesongen sprøytet med 225 mL/daa av ugrasmidlet Ariane S den 23. juni. Det ble gjennomført sopp-sprøyting med 30 mL/daa med Delaro SC 325 + 30 mL/daa med Propulse SE 250 (begge disse inngår i Delaro Plus Pack) den 8. juli.

I rutene 1, 5 og 9 hvor det ble sådd høstvetete i 2020, ble det 1. oktober 2020 sprøytet med 250 mL/daa av ugrasmidlet Boxer og 70 mL/daa av soppmidlet Delaro SC 325. Behandling gjennom vekstsesongen 2021 inkluderte sprøyting med 50 mL/daa av ugrasmidlet Pixxaro EC og 30 mL/daa av soppmidlet Elatus Era den 4. juni. Veksten av kulturen var svært dårlig på dette tidspunktet medn sprøytingen ble likevel gjennomført. Den planlagte andre sprøytingen med soppmidlet Aviator Xpro EC 225 ble bestemt å ikke gjennomføre etter inspeksjon av feltet 23.06.21.

De virksomme stoffene i de plantevernmidlene som inngår i sprøyteplanen er angitt i Tabell 3.3.

4 Værforhold

Tabell 4.1 viser nedbør og gjennomsnittstemperatur på månedsbasis på Kjelle målt ved stasjonen i rutefeltet for alle forsøksperiodene, samt for normalperioden 1961-1990 (Aurskog II). Figur 4.1 og figur 4.2 viser henholdsvis døgnverdier for hele forsøksperioden og døgnverdier av nedbør og gjennomsnittstemperatur for den siste forsøksperioden (1. september 2020 - 1. september 2021).

For forsøksåret 2020-2021 ble det registrert høyere temperaturer i alle måneder sammenlignet med normalperioden. Det var særlig høye temperaturer i november, desember og mars (sammenlignet med normalperioden). Gjennomsnittstemperaturene har vært ganske like for forsøksperiodene (5,8-6,5 °C), men det har vært betydelig varmere i forsøksperiodene enn i normalperioden (i gjennomsnitt 2,7 °C varmere).

Gjennomsnittsnedbøren i forsøksåret 2020-2021 var høyere enn alle tidligere forsøksår. Nedbøren var særlig høy på høsten og vinteren, samt i juli. Nedbøren har variert mellom årene - fra mye de to første og to siste forsøksårene, til lavt i det tredje (2016-2017) og fjerde (2017-2018) forsøksåret, mens det femte forsøksåret (2018-2019) har ligget på et nivå mellom disse.

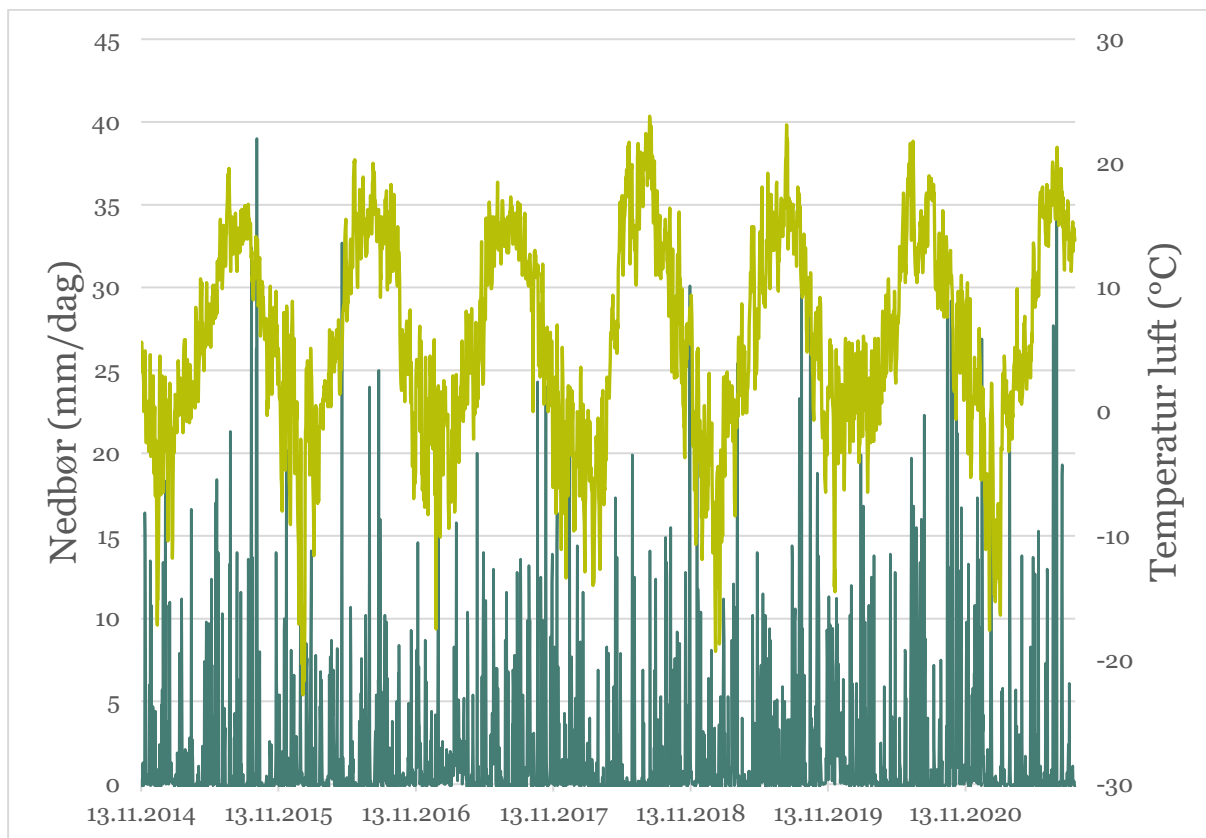
De foregående forsøksperiodene er beskrevet i detalj i Bechmann m.fl. (2015), Kværnø m.fl. (2017), Bechmann m.fl. (2017), Bechmann m.fl. (2019), Bechmann m.fl. (2020) og Bechmann m.fl. (2021).

Tabell 4.1. Nedbør og lufttemperatur målt på stasjonen på Kjelle, i de syv forsøksperiodene, samt normalperioden (1961 – 1990). Tall merket med * er fra stasjonen Haneborg/Aurskog II.

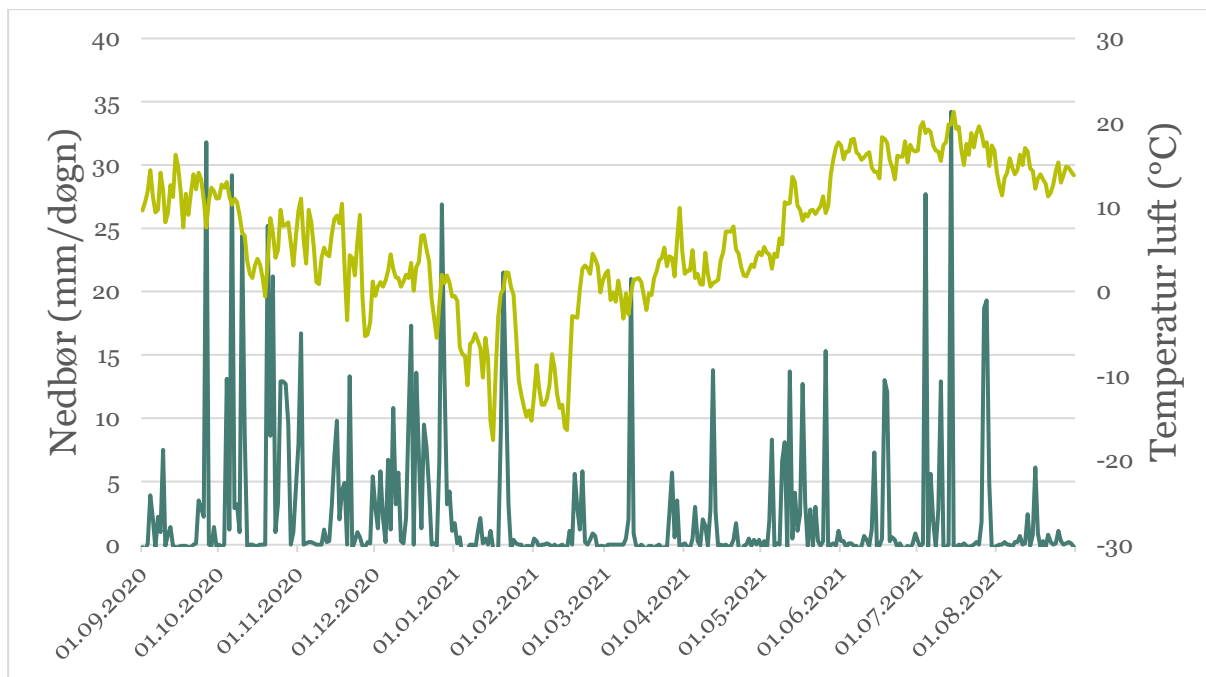
Måned	Normal* Nedbør	14- 15	15- 16	16- 17	17- 18	18- 19	19- 20	20- 21	Normal* Temp	14- 15	15- 16	16- 17	17- 18	18- 19	19- 20	20- 21
sep	75	35*	169	30	70	77	110	58	8,7	10,8*	10,8	13,7	11,0	11,2	10,1	11,5
okt	77	158*	10	24	100	51	88	196	4,9	8,3*	5,6	4,5	5,8	5,6	4,3	6,8
nov	71	87*	62	61	94	88	95*	78	-1,6	3,4*	2,5	-0,2	-0,1	2,4	-0,6	4,2
des	52	56	54	29	56	73	84*	169	-6,7	-3,7	1,0	-0,7	-3,0	-3,4	-0,6	1,5
jan	43	104	47	49	80	23	57	47	-7,9	-1,4	-8,8	-2,7	-2,9	-7,5	2,5	-6,9
feb	44	29	52	60	21	63	70	18	-7,6	-1,1	-2,9	-2,7	-5,5	-1,1	0,6	-5,9
mar	39	47	56	67	11	87	53	34	-3,6	1,9	1,4	1,5	-5,1	0,8	1,9	1,6
apr	48	13	101	34	52	13	27	28	2,3	5,1	4,4	3,6	4,2	6,4	5,4	3,3
mai	47	119	31	59	26	81	28	84	9,1	7,8	11,2	10,4	14,7	8,9	8,6	9,3
jun	56	61	37	64	47	65	73	36	13,3	12,8	15,2	13,8	16,3	14,3	17,0	16,2
jul	70	75	79	46	30	34	108	127	15,2	14,8	15,9	15	20,4	16,0	13,4	17,9
aug	80	52	126	79	42	91	18	14	13,7	14,7	14,1	14,1	14,8	15,6	15,3	14
Sum, middel	702	836	823	600	627	745	809	889	3,3	6,2	5,9	5,9	5,9	5,8	6,5	6,1

Første og siste dag med døgnmiddeltemperaturer under null var henholdsvis 19. oktober 2020 og 19. mars 2021. Perioden fra 24. januar 2020 til 18. februar 2021 var den lengste perioden med døgnmiddeltemperaturer under null (figur 4.2). Lavest temperatur ble målt 16. januar (-17,6 °C). Den første snøen kom 20. oktober, men regnet bort samme dag. Det var et relativt stabilt snødekke fra 31. desember 2020 til om lag 21. februar 2021.

Maksimal døgnnedbør for siste forsøksår var 34,2 mm (14. juli 2021) (figur 4.2). I forrige forsøksår var maksimal døgnnedbør 29,6 mm (4. september 2019). I forsøksåret 2018-2019 var maksimal døgnnedbør 30,1 mm (11. november), mens det i forsøksåret 2017-2018 ble registrert 24,3 mm (2. oktober 2017). Forsøksårene 2014-2015 og 2016-2017 var høyeste registrerte døgnnedbør 20 mm (1. september 2015 og 24. april 2016). Høyeste døgnnedbør gjennom hele forsøksperioden ble registrert i 2015-2016 (39 mm den 17. september).



Figur 4.1. Nedbør og lufttemperatur i hele forsøksperioden høst 2014 – høst 2021, registrert på målestasjonen i forsøksfeltet.



Figur 4.2. Nedbør og lufttemperatur i hele forsøksperioden høst 2019 – høst 2021, registrert på målestasjonen i forsøksfeltet.

5 Avrenning

5.1 Årlige data og forskjeller mellom ruter og behandlinger

I gjennomsnitt for alle ruter var den totale avrenningen 600 mm - noe som er det nest høyeste målt i forsøksperioden. Den høyeste gjennomsnittlige totale avrenningen som er registrert var i 2014-2015. Perioden 2016-2017 hadde den laveste nedbøren og avrenningen registrert i overvåkingsperioden (tabell 5.1). Forholdet mellom nedbør og avrenning (avrenningskoeffisienten) følger samme trend med unntak av 2017-2018. Forsøksåret 2020-2021 er sammenlignbart med det andre forsøksåret 2015-2016 (tabell 5.1).

Tabell 5.1. Nedbør og gjennomsnittlig avrenning i de syv årene med overvåking.

	Avrenning				
	Nedbør	Total	Overflate	Grøft	Avrenningskoeffisient
2014-2015	836	728	171	557 (77 %)	0,87
2015-2016	823	525	112	414 (79 %)	0,64
2016-2017	600	215	80	146 (64 %)	0,35
2017-2018	627	468	85	384 (82 %)	0,74
2018-2019	745	330	26	304 (92 %)	0,44
2019-2020	809	-	-	388	0,48*
2020-2021	889	600	97	503 (84%)	0,67

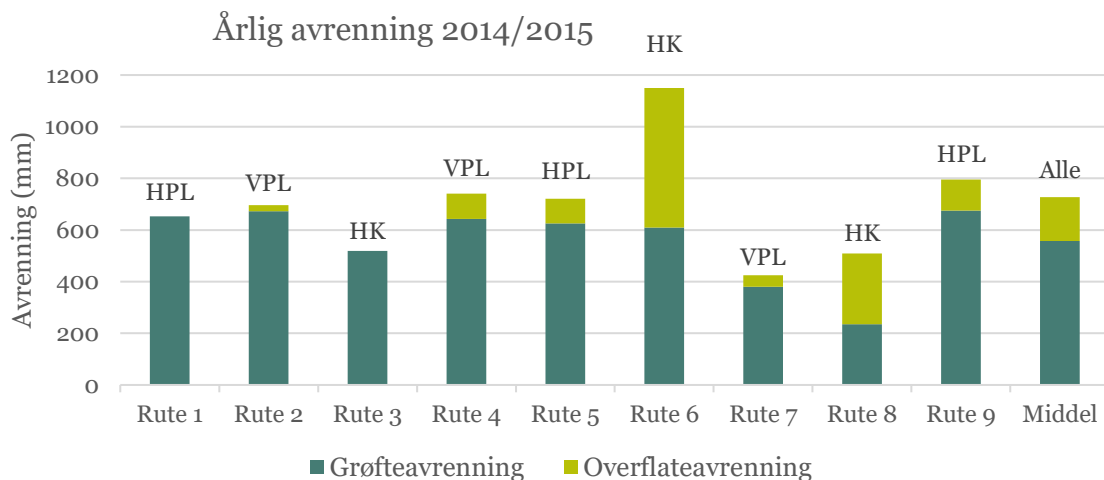
* bare grøfteavrenning

Figur 5.1 til 5.7 viser årlig avrenning fordelt på overflate- og grøfteavrenning på de ni rutene. Figur 5.7 viser årlig overflate- og grøfteavrenning for det siste forsøksåret (2020-2021).

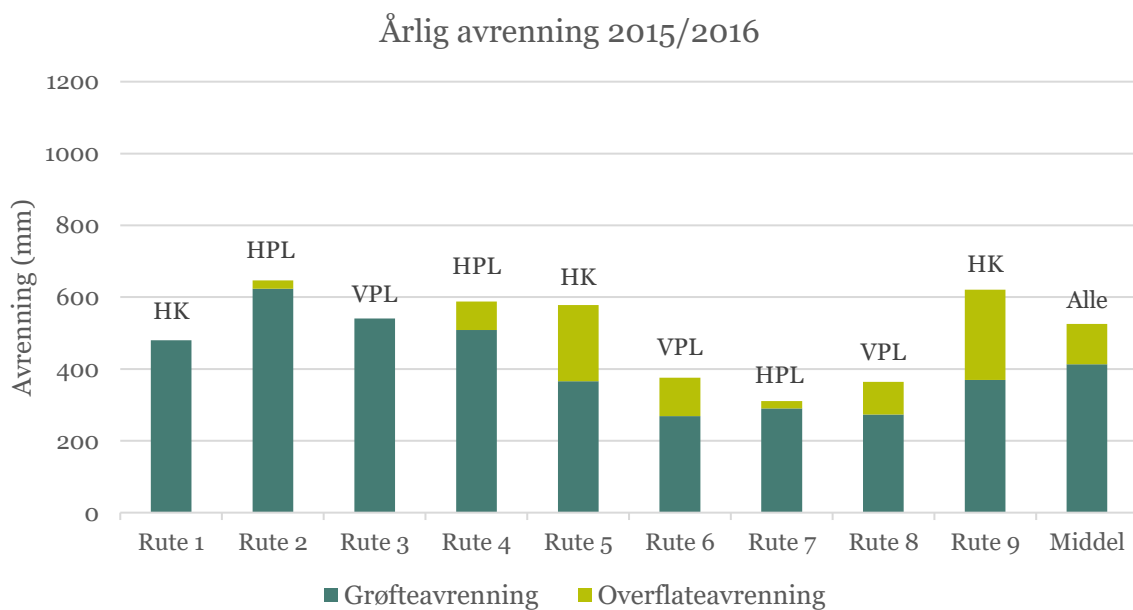
Det har vært store variasjoner i avrenning mellom rutene de seks første årene. Dette er også tilfellet for 2020-2021. Den totale avrenningen er ganske lik mellom de to første årene for de enkelte rutene. Minst avrenning ble målt fra rute 7 og 8 begge årene. Foruten om rute 6 er avrenningen ellers ganske lik. Forsøksperioden 2016-2017 hadde generelt lav avrenning fra alle rutene sammenlignet med de første to årene. Den fjerde forsøksperioden viste lignende mengde total avrenning som den andre forsøksperioden (2015-2016). Mest avrenning, samt overflateavrenning ble målt fra rute 9, mens rute 2-5 hadde mest grøfteavrenning. Tilsvarende som de to første årene, ble det målt lavest avrenning fra rutene 7 og 8. Forsøksperioden 2018-2019 hadde den nest laveste totale avrenningen med tilsvarende forhold mellom nedbør og avrenning som den tredje forsøksperioden (2016-2017). Lavest avrenning var fra rute 6 og 8, men som tidligere år var og det også lav avrenning fra rute 7. Total avrenning var høyest fra rute 5 (455 mm), men rute 3 og 4 var på tilsvarende nivå (454 mm og 419 mm). Den minste totale avrenningen ble målt på rute 8 (174 mm). I 2019-2020 var det lavest grøfteavrenning fra rute 3 (230 mm) og rute 7 (235 mm). Høyest grøfteavrenning ble registrert fra rute 4 (647 mm) og rute 1 (525 mm). I 2020-2021 ble høyest overflate- og grøfteavrenning målt fra rute 3. Dette er i kontrast til året før. Som tidligere år, ble det målt lav avrenning fra rute 7 og 8. Tilsvarende som forsøksåra 2017-2018 og 2018-2019 ble det også målt lav avrenning fra rute 6.

I gjennomsnitt for behandlinger var den totale avrenningen størst fra ruter med høstpløying med høstkorn (664 mm) og fra ruter med høstpløying (581 mm). I gjennomsnitt for ruter med vårpløying med vårkorn var avrenningen 555 mm. Den gjennomsnittlige grøfteavrenningen fra ruter som overvintret i stubb var likevel noe høyere enn ruter med høstpløying. Lavest overflateavrenning ble

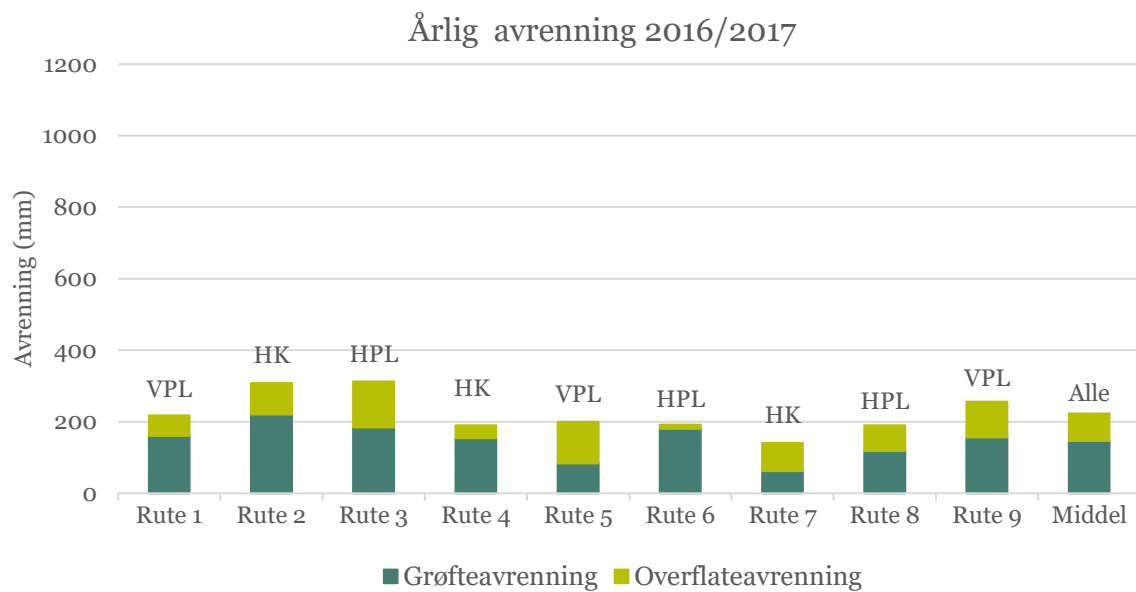
målt fra ruter som overvintret i stubb – 51 mm sammenlignet med 109 mm og 130 mm for henholdsvis høstkorn og høstpløying. Behandlingseffektene kan i noe grad maskeres av de individuelle rutenes hydrologiske egenskaper.



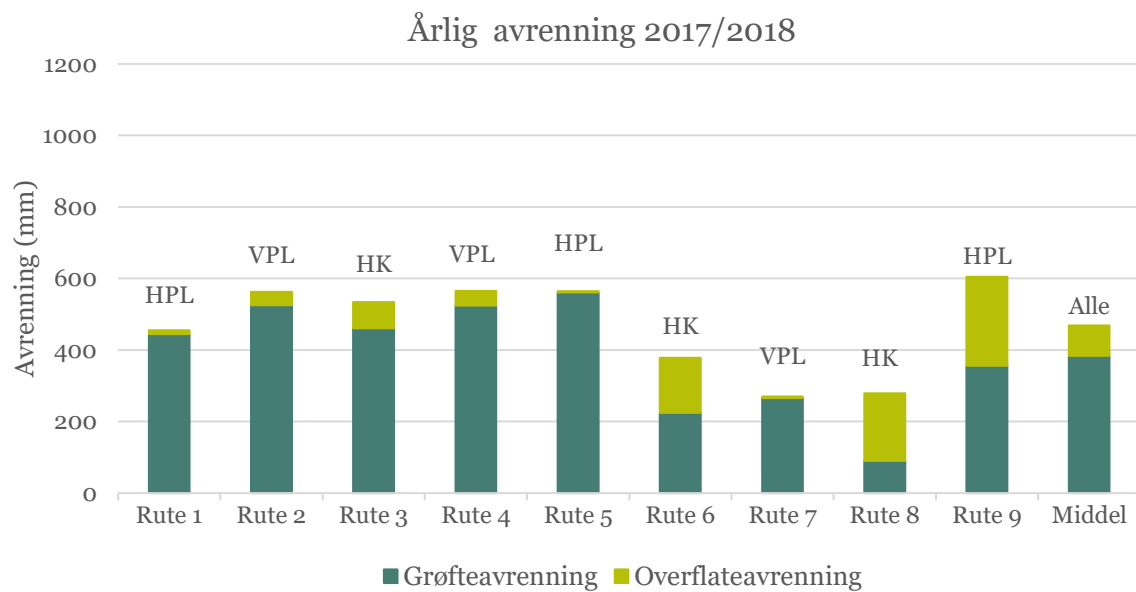
Figur 5.1. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2015. Overflateavrenning på rute 1 og 3 er utelatt pga. målefeil. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.



Figur 5.2. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2015 til 1.9.2016. NB! Overflateavrenning på rute 1 og 3 er utelatt pga. målefeil. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

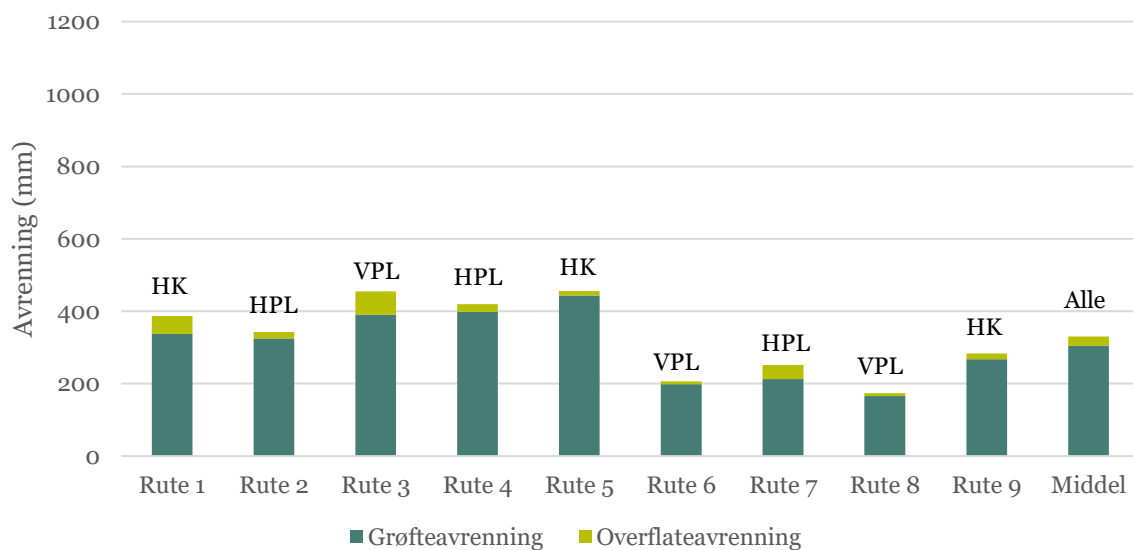


Figur 5.3. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2016 til 1.9.2017. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.



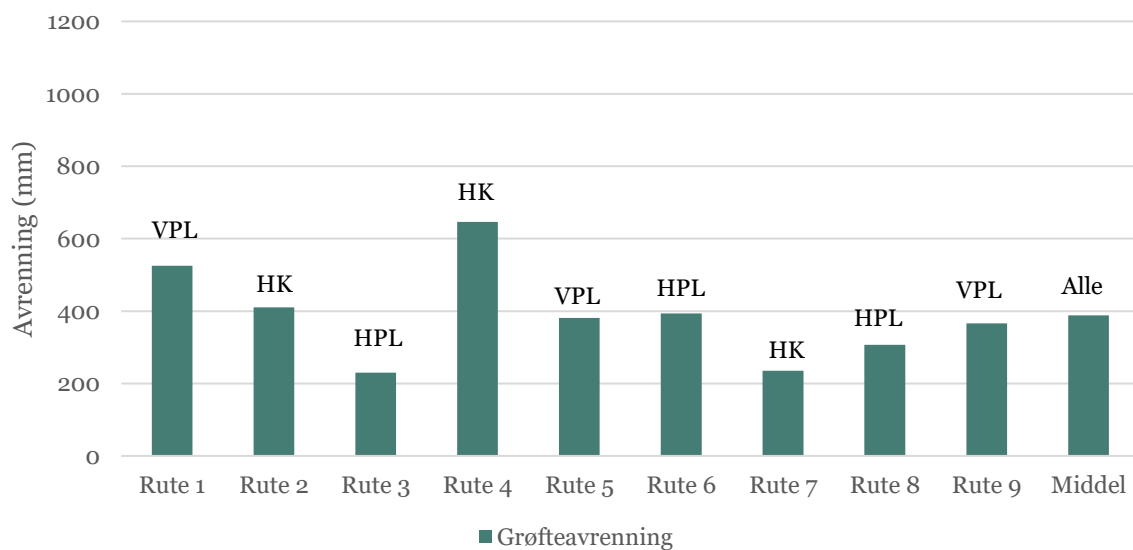
Figur 5.4. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2017 til 1.9.2018. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

Årlig avrenning 2018/2019

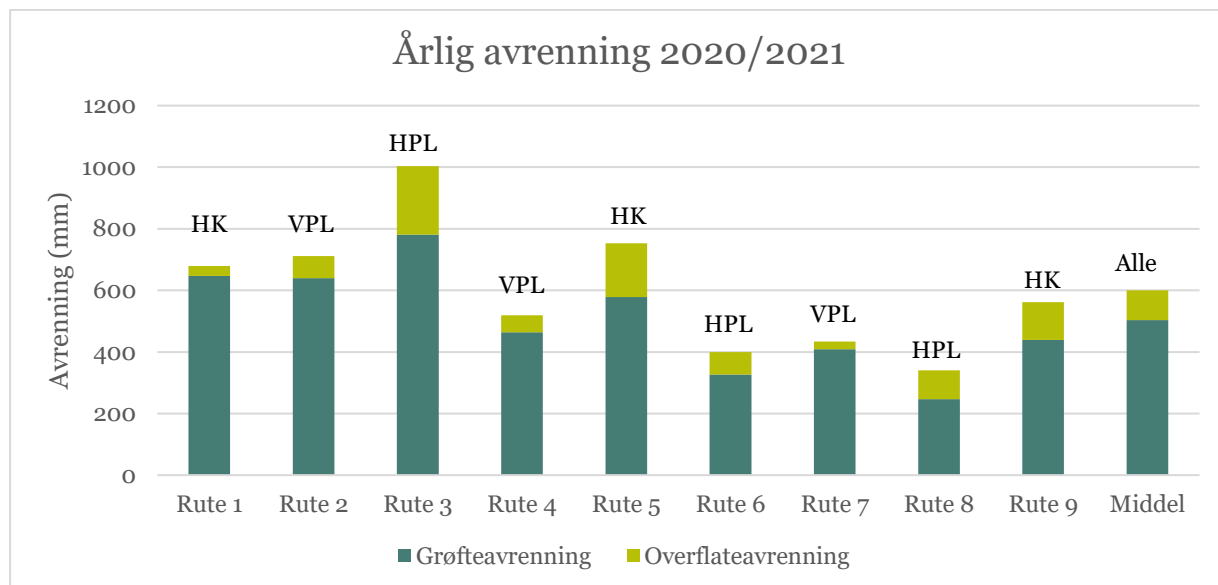


Figur 5.5. Overflate- og grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2018 til 1.9.2019. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

Årlig avrenning 2019/2020



Figur 5.6. Grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2019 til 1.9.2020. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.



Figur 5.7. Grøfteavrenning (mm) fra rute 1-9 i forsøksperioden 1.9.2020 til 1.9.2021. HK = høstkorn med høstpløying, HPL = høstpløying, og VPL = vårpløying.

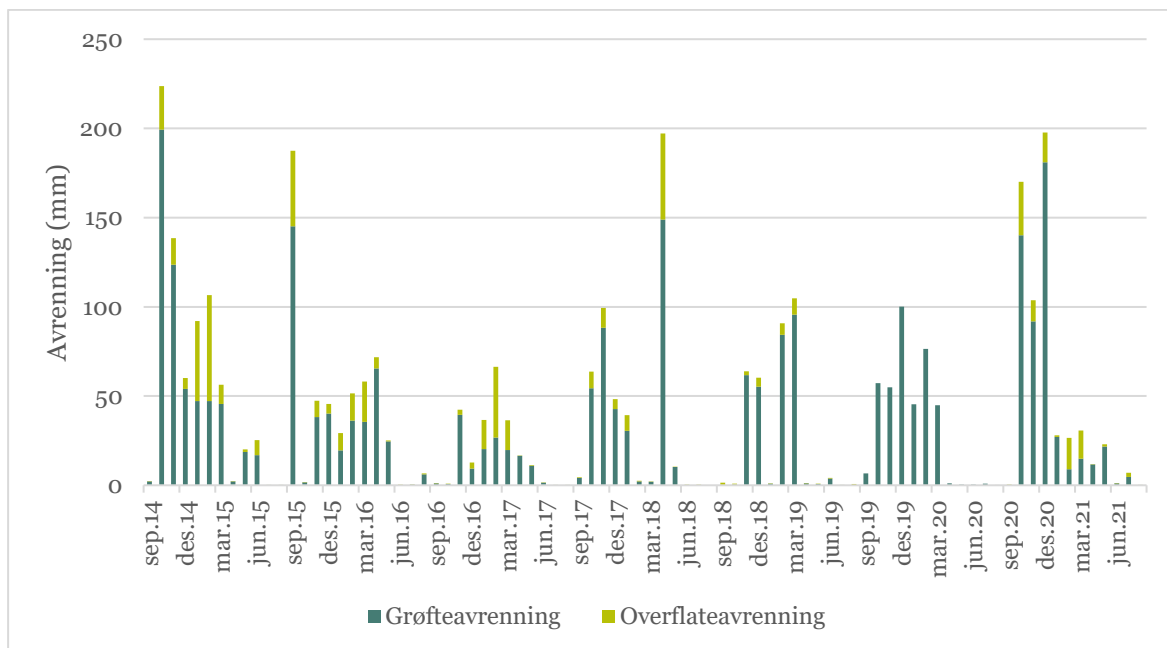
5.2 Variasjoner i avrenning gjennom året

Figur 5.8 viser overflate- og grøfteavrenning per måned i alle forsøksårene bortsett fra forsøksåret 2019-2020 som bare viser grøfteavrenning. Figur 5.9 viser gjennomsnittlig nedbør, overflate- og grøfteavrenning (mm) fra alle rutene i forsøksperioden 1.9.2020 til 1.9.2021 per dag.

Mest overflatevann er typisk målt i månedene januar til mars, men det er også målt en del overflatevann i månedene september (2015-2016), oktober (2014-2015 og 2020-2021) og november (2014-2015). Det har også vært år med lite overflateavrenning, som i 2018-2019. Grøfteavrenningen er særlig dominerende om høsten og tidlig vinter (september til desember).

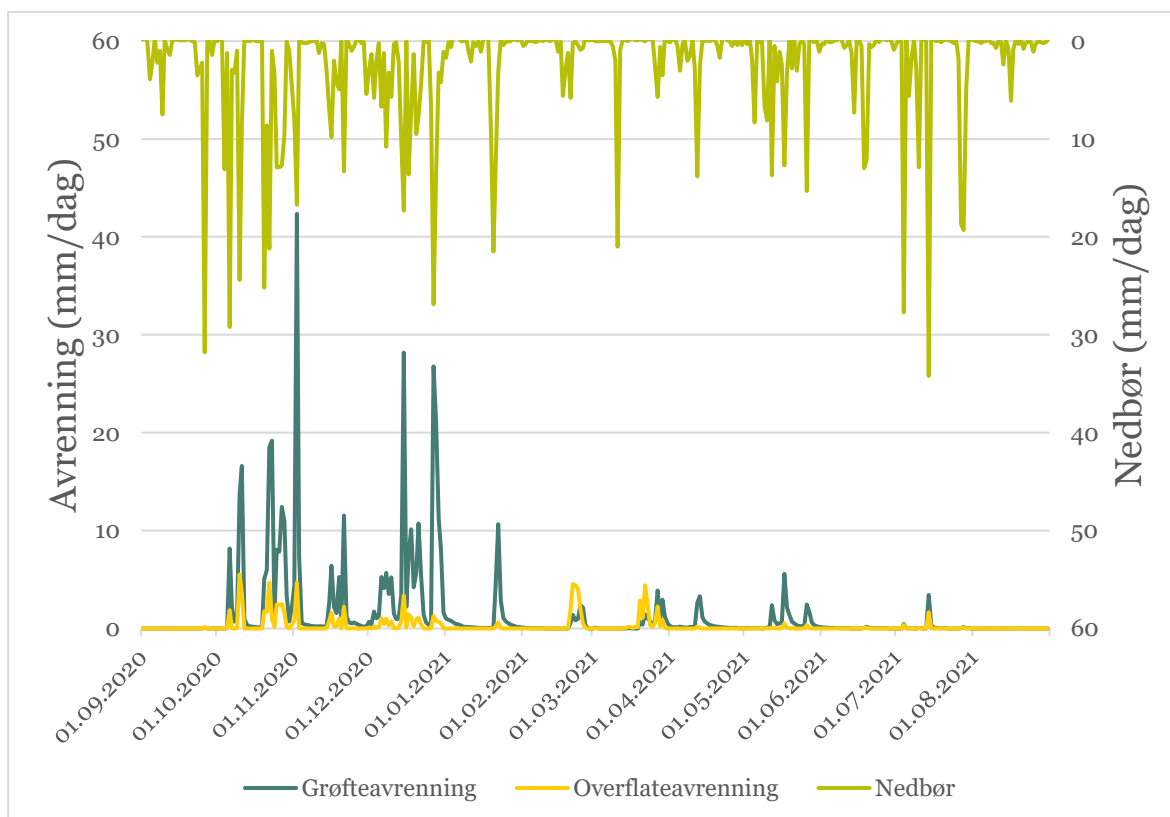
I 2020-2021 ble det målt mest overflateavrenning i oktober (30 mm). Denne måneden kom det også mye nedbør (196 mm). Det ble også registrert en del overflateavrenning i forbindelse med snøsmelting i februar og mars. Den totale avrenningen var størst i desember måned (198 mm) da også nedbøren var høy (169 mm) og været mildt (1,5 °C). Dette var også måneden med mest grøfteavrenning (181 mm).

Månedene april, juni og august var tørre, mens det var mer nedbør i mai og juli enn i normalperioden. Dette reflekteres også i den gjennomsnittlige avrenningen for månedene. Til tross for mye nedbør i juli (127 mm) ble det bare målt 7 mm avrenning. En forklaring kan være lite nedbør i måneden før sammen med høye temperaturer som kan ha ført til et lavt vanninnhold i jorda. Da nedbøren kom ble det da generert lite avrenning som følge av at jorda tok opp mesteparten av regnet. Den lave jordfuktigheten i juni og juli sees i figur 5.10. Lav grunnvannstand i månedene illustrerer samme fenomen (Figur 5.11)



Figur 5.8. Gjennomsnittlige månedlig overflate- og grøfteavrenning (mm) i forsøksperioden 1.9.2014 til 1.9.2021. Overflateavrenning er ikke inkludert i forsøksperioden 1.9.2019 til 1.9.2020.

Mesteparten av avrenningen ble generert fra oktober 2020 til januar 2021. Avrenningen var lav i september 2020, samt i april, juni og juli (1-12 mm).

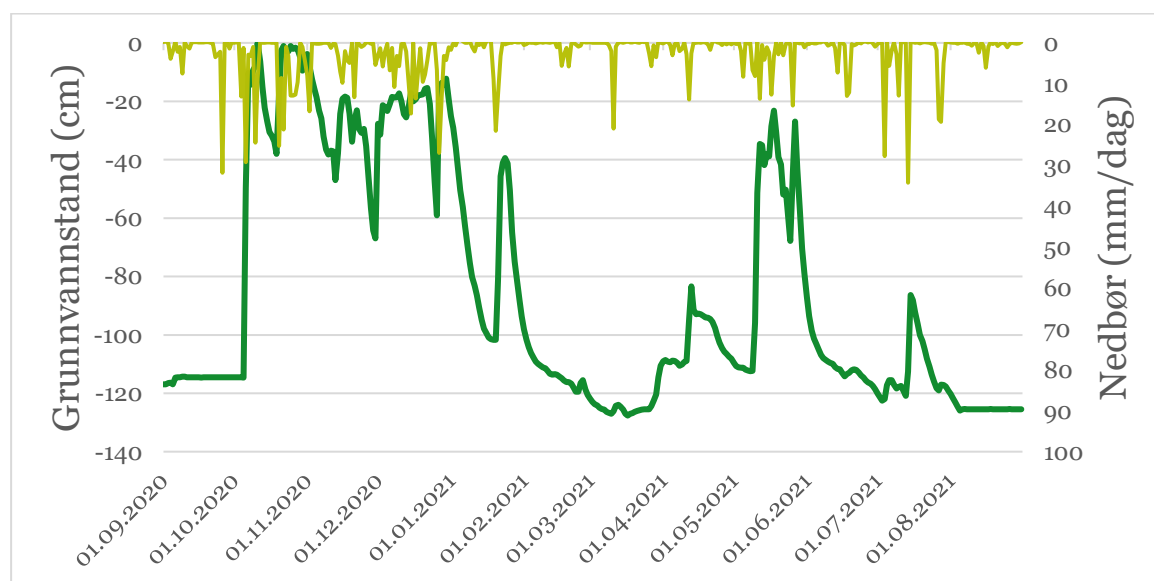


Figur 5.9. Gjennomsnittlig nedbør, overflate- og grøfteavrenning (mm) fra alle rutene i forsøksperioden 1.9.2020 til 1.9.2021.

Figur 5.9 viser at det var frost i jorda vinteren 2020-2021 i perioden fra januar til april. Sommeren hadde relativt høye jordtemperaturer og vekslende grad av jordfuktighet (juni-august). Figur 5.10 viser grunnvannstand målt i det siste forsøksåret. Grunnvannstanden var på sitt laveste (ca. 1,2 m) fra september til oktober 2020, samt på sensommeren og høsten 2021. Grunnvannstanden var høyest i oktober 2020 og i desember 2020 i forbindelse med mye nedbør (tabell 4.1). Fra 5. oktober 2020 til 10. oktober 2020 steg grunnvannstand fra 112 cm til 6 cm. Det kom henholdsvis 29,2 mm og 24,4 mm nedbør den 6. og 10. oktober 2020.



Figur 5.10 Jordtemperatur og vanninnhold målet i jordprofil 1, i forsøksperioden 2020-2021.



Figur 5.11. Grunnvannstand og nedbør i forsøksperioden 1.9.2020 til 1.9.2021.

6 Partikler og næringsstoffer

6.1 Konsentrasjoner

I perioden fra 1. september 2020 til 1. september 2021 var det store problemer med måling av overflateavrenningen, både når det gjelder konsentrasjoner og vannføring (se avsnitt 2.4). Overflateavrenning er derfor ikke rapportert.

6.1.1 Suspendert stoff

Konsentrasjonen av suspendert stoff i blandprøver fra overflateavrenning varierte fra 1 mg/L fra en vårpløyd rute i mars til 5100 mg/L fra en høstpløyde ruter i august (tabell 6.1). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i en prøve fra august (23. juni-11. august), mens det var meget lave konsentrasjoner i en prøve tatt ut 21. mars (dekker perioden 19. januar – 21. mars). Rutene med høstkorn har lave konsentrasjoner på grunn av et beskyttende plantedekke. Det var god utvikling av høstkornet på høsten og på våren når høstkornet frøs ut utviklet det seg et kraftig plantedekke med ugras. Vårkornet ble sådd sent og dekket dårlig under en nedbørepisode i juli, det ga høye konsentrasjon av suspendert stoff i vannprøvene som ble tatt ut 11. august fra rutene med vårkorn, både vårpløyde og høstpløyde ruter.

Tabell 6.1. Konsentrasjoner av suspendert stoff i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle rutforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2020 til 1. september 2021.

Prøveuttak	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg suspendert stoff/L overflateavrenning									
12-okt-20	130	160	110	170	190	30	200	130	170
25-okt-20	120	170	170	190	150	34	370	470	370
23-nov-20	230	210	91	170	210	65	310	340	180
24-des-20	76	63	110	260	85	37	130	14	140
19-jan-21	140	68	-	95	39	100	140	310	47
21-mar-21	40	25	5.9	1	7.3	14	18	4.6	33
08-apr-21	120	280	100	10	36	100	310	210	88
20-mai-21	270	270	420	520	200	160	110	1300	620
23-jun-21	400	260	280	92	210	220	190	260	680
11-aug-21	5100	3900	3100	2100	2500	1200	580	760	580
Gjennomsnitt 2020/2021	663	541	487	361	363	196	236	380	291

Tabell 6.2. Konsentrasjoner av suspendert stoff i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2020 til 1. september 2021.

Prøveuttak	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg suspendert stoff/L grøfteavrenning									
12-okt-20	49	60	42	51	73	50	56	79	56
25-okt-20	64	100	82	44	93	33	40	61	44
23-nov-20	110	120	84	74	150	48	30	88	63
24-des-20	12	17	26	12	120	69	32	21	20
19-jan-21	26	49	64	36	51	16	54	15	29
21-mar-21	19	39	24	3,9	47	100	18	11	14
08-apr-21	44	72	47	38	81	45	42	55	53
20-mai-21	25	75	29	15	36	58	56	28	28
23-jun-21	70	56	66	18	41	110	81	59	72
11-aug-21	560	810	86	440	530	420	670	550	310
Gjennomsnitt 2020/2021	98	140	55	73	122	95	108	97	69

Konsentrasjonen av suspendert stoff i grøfteavrenning var 3-4 ganger lavere sammenlignet med overflateavrenning. De høyeste konsentrasjonene ble målt i prøvene som ble tatt ut 11. august og høyeste konsentrasjon var 810 mg SS/L i en prøve fra rute 6 med høstpløyd vårkorn (tabell 6.2).

6.1.2 Fosfor

6.1.2.1 Totalfosfor

Konsentrasjonen av total fosfor i blandprøver fra overflateavrenning varierte fra 0,12 mg/L fra en høstkorn rute i mars til 4,5 mg/L fra en høstpløyd rute i august (tabell 6.3). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene, som for suspendert stoff målt i august (23. juni-11. august) og dessuten var det høye konsentrasjoner i blandprøver fra perioden 20. mai-23. juni.

Tabell 6.3. Konsentrasjoner av totalfosfor i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2020 til 1. september 2021.

Prøveuttak	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg totalfosfor/L overflateavrenning									
12-okt-20	0.7	0.67	0.58	0.96	0.72	0.91	1.2	0.55	0.52
25-okt-20	0.74	1.1	1	1	0.53	0.47	1.6	1.3	0.94
23-nov-20	0.81	1.1	0.79	0.85	0.68	0.58	1.2	0.98	0.82
24-des-20	0.54	0.72	0.7	1.1	0.46	0.54	0.89	0.47	0.9
19-jan-21	0.52	0.47	0.71	0.5	0.23	0.4	0.58	0.57	0.33
21-mar-21	0.28	0.25	0.22	0.28	0.26	0.3	0.19	0.12	0.18
08-apr-21	0.35	0.58	0.42	0.24	0.27	0.61	1.1	0.58	0.44
20-mai-21	0.27	0.77	0.95	0.96	0.68	0.68	1	1.2	0.89
23-jun-21	1.7	1.2	1	2	0.98	0.96	2.5	1.1	1.2
11-aug-21	4.5	2.7	3.7	2.8	2.1	2.1	2.6	1.1	1.2
Gjennomsnitt 2020/2021	1.0	1.0	1.0	1.1	0.7	0.8	1.3	0.8	0.7

Tabell 6.4. Konsentrasjoner av totalfosfor i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2020 til 1. september 2021.

Prøveuttak	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg totalfosfor/L grøfteavrenning									
12-okt-20	0.46	0.49	0.38	0.46	0.44	0.43	0.57	0.61	0.42
25-okt-20	0.68	0.87	0.98	0.53	0.58	0.46	0.67	0.65	0.62
23-nov-20	0.6	0.76	0.84	0.45	0.51	0.44	0.47	0.48	0.6
24-des-20	0.47	0.63	0.74	0.37	0.53	0.63	0.57	0.5	0.49
19-jan-21	0.32	0.43	0.48	0.31	0.29	0.39	0.38	0.32	0.34
21-mar-21	0.24	0.26	0.28	0.19	0.26	0.34	0.31	0.18	0.18
08-apr-21	0.38	0.44	0.43	0.35	0.37	0.44	0.38	0.38	0.37
20-mai-21	0.18	0.3	0.19	0.16	0.22	0.28	0.29	0.2	0.14
23-jun-21	0.28	0.32	0.38	0.19	0.27	0.67	0.37	0.24	0.21
11-aug-21	1.1	1.4	0.44	0.68	1.1	1.1	0.98	1	0.67
Gjennomsnitt 2019/2020	0.47	0.59	0.51	0.37	0.46	0.52	0.50	0.46	0.40

Konsentrasjonen av total fosfor i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 0,14 mg/L fra en høstkorn rute i mai til 1,4 mg/L fra en høstpløyd rute i august (tabell 6.4). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene, som for suspendert stoff målt i august (23. juni-11. august). Det var forholdsvis liten forskjell i konsentrasjoner mellom de øvrige blandprøvetidspunktene.

6.1.2.2 Løst fosfat

Konsentrasjonen av løst fosfat i blandprøver fra overflateavrenning varierte fra 0,035 mg/L til 2,1 mg/L fra to høstpløyde ruter henholdsvis i oktober og august (tabell 6.5). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i blandprøve fra vår og sommer 2021 (20. mai – 11. august). Høstkorntrutene representerer både høyeste (rute 1) og laveste (rute 9) gjennomsnittskonsentrasjoner av løst fosfat. Det tilsvarer rutene med høyeste og laveste fosforstatus i jorda (Bechmann m.fl. 2017).

Konsentrasjonen av løst fosfat i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 0,054 mg/L fra en høstpløyd rute i mai til 0,42 mg/L fra en høstpløyd rute november (tabell 6.6).

Tabell 6.5. Konsentrasjoner av løst fosfat i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2020 til 1. september 2021.

Prøveuttak	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 1	Rute 5	Rute 9
	mg løst fosfat/L overflateavrenning								
12-okt-20	0.093	0.06	0.062	0.11	0.079	0.74	0.54	0.044	0.035
25-okt-20	0.27	0.31	0.25	0.53	0.25	0.26	0.5	0.2	0.17
23-nov-20	0.26	0.2	0.31	0.45	0.25	0.32	0.35	0.18	0.2
24-des-20	0.2	0.23	0.25	0.35	0.17	0.26	0.35	0.15	0.19
19-jan-21	0.24	0.12	0.29	0.29	0.15	0.19	0.3	0.11	0.13
21-mar-21	0.19	0.15	0.15	0.24	0.21	0.23	0.14	0.087	0.058
08-apr-21	0.1	0.11	0.1	0.12	0.12	0.27	0.25	0.061	0.092
20-mai-21	0.26	0.43	0.27	0.54	0.19	0.32	0.87	0.35	0.22
23-jun-21	0.76	0.53	0.5	1.6	0.42	0.31	1.9	0.51	0.25
11-aug-21	0.33	0.31	0.39	0.75	0.36	0.59	2.1	0.51	0.39
Gjennomsnitt 2020/2021	0.27	0.25	0.26	0.50	0.22	0.35	0.73	0.22	0.17

Tabell 6.6. Konsentrasjoner av løst fosfat i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2020 til 1. september 2021.

Prøveuttak	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 1	Rute 5	Rute 9
	mg løst fosfat/L grøfteavrenning								
12-okt-20	0.26	0.24	0.19	0.27	0.25	0.24	0.33	0.28	0.12
25-okt-20	0.27	0.33	0.35	0.23	0.22	0.2	0.31	0.23	0.21
23-nov-20	0.26	0.24	0.42	0.21	0.2	0.22	0.21	0.21	0.22
24-des-20	0.2	0.25	0.32	0.17	0.15	0.2	0.26	0.18	0.15
19-jan-21	0.13	0.16	0.25	0.15	0.16	0.17	0.25	0.13	0.15
21-mar-21	0.12	0.12	0.13	0.13	0.12	0.14	0.18	0.1	0.072
08-apr-21	0.14	0.12	0.15	0.11	0.09	0.14	0.15	0.11	0.077
20-mai-21	0.079	0.12	0.1	0.087	0.092	0.12	0.16	0.085	0.054
23-jun-21	0.093	0.15	0.14	0.13	0.11	0.17	0.16	0.1	0.079
11-aug-21	0.16	0.18	0.24	0.13	0.18	0.3	0.15	0.19	0.14
Gjennomsnitt 2019/2020	0.17	0.19	0.23	0.16	0.16	0.19	0.22	0.16	0.13

6.1.3 Nitrogen

Konsentrasjonen av total nitrogen i blandprøver fra overflateavrenning varierte fra 0,7 mg/L i avrenning fra en vårpløyd rute i mars til 43 mg/L i avrenning fra to blandprøver fra en vårpløyd og en høst Korn-rute i juni (20. mai-23. juni) (tabell 6.7). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i den blandprøven som dekker perioden fra 20. mai til 23. juni.

Tabell 6.7. Konsentrasjoner av totalnitrogen i overflateavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2020 til 1. september 2021.

Prøveuttak	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg totalnitrogen/L overflateavrenning									
12-okt-20	3.4	4.1	4.1	4.4	4	5.7	4.3	2.4	3.7
25-okt-20	2.9	3.3	2.7	2.2	1.9	2.3	2.6	2.1	3.1
23-nov-20	2.4	2.7	2.2	1.9	1.7	2.2	2	1.7	2.3
24-des-20	2	2.4	2.6	2.1	1.3	1.7	2	1.3	2.7
19-jan-21	2	1.8	3.1	1.1	0.71	1.1	1.5	1.6	2.2
21-mar-21	1.6	1.3	1.4	1.1	0.7	0.77	1.3	1.1	2.5
08-apr-21	2.8	4.3	3.6	1.5	1	1.7	4.9	4.2	5.3
20-mai-21	5.6	7.5	7	5.9	8.3	11	11	7.5	12
23-jun-21	16	12	9.7	43	14	10	43	10	14
11-aug-21	9.2	5.3	11	7.2	5	7.8	11	3.8	3.4
Gjennomsnitt 2020/2021	4.8	4.5	4.7	7.0	3.9	4.4	8.4	3.6	5.1

Tabell 6.8. Konsentrasjoner av totalnitrogen i grøfteavrenning fra 9 ruter i Kjelle ruteforsøk i sjetten forsøksår for perioden 1. september 2020 til 1. september 2021.

Prøveuttak	Høstpløyd/vårkorn			Vårpløyd/vårkorn			Høstpløyd/høstkorn		
	Rute 3	Rute 6	Rute 8	Rute 2	Rute 4	Rute 7	Rute 1	Rute 5	Rute 9
mg totalnitrogen/L grøfteavrenning									
12-okt-20	6.4	8.2	14	7.3	6.8	8	6.2	5.8	6.3
25-okt-20	4	5.2	7.8	4.8	4.3	4.4	3.8	3.4	3.2
23-nov-20	2.9	3.1	3.8	4	3.9	3.7	2.7	2.8	2.5
24-des-20	2.9	3.2	3.8	3.8	3.7	4.1	3.3	3	3
19-jan-21	2.7	2.2	2.6	3.5	3.4	2.4	2.6	2.6	2.6
21-mar-21	3	3.3	3.4	3.5	3.6	5.2	2.8	3.6	3.2
08-apr-21	4.2	4.9	4.9	4.5	4.5	4.4	3.3	5	5.8
20-mai-21	8.4	9.6	6.7	9.8	10	13	18	17	15
23-jun-21	8.7	7.9	6.1	9.4	9.9	11	19	20	17
11-aug-21	6.5	8.9	11	6.8	6.1	6.2	5.8	5.8	6.5
Gjennomsnitt 2019/2020	5.0	5.7	6.4	5.7	5.6	6.2	6.8	6.9	6.5

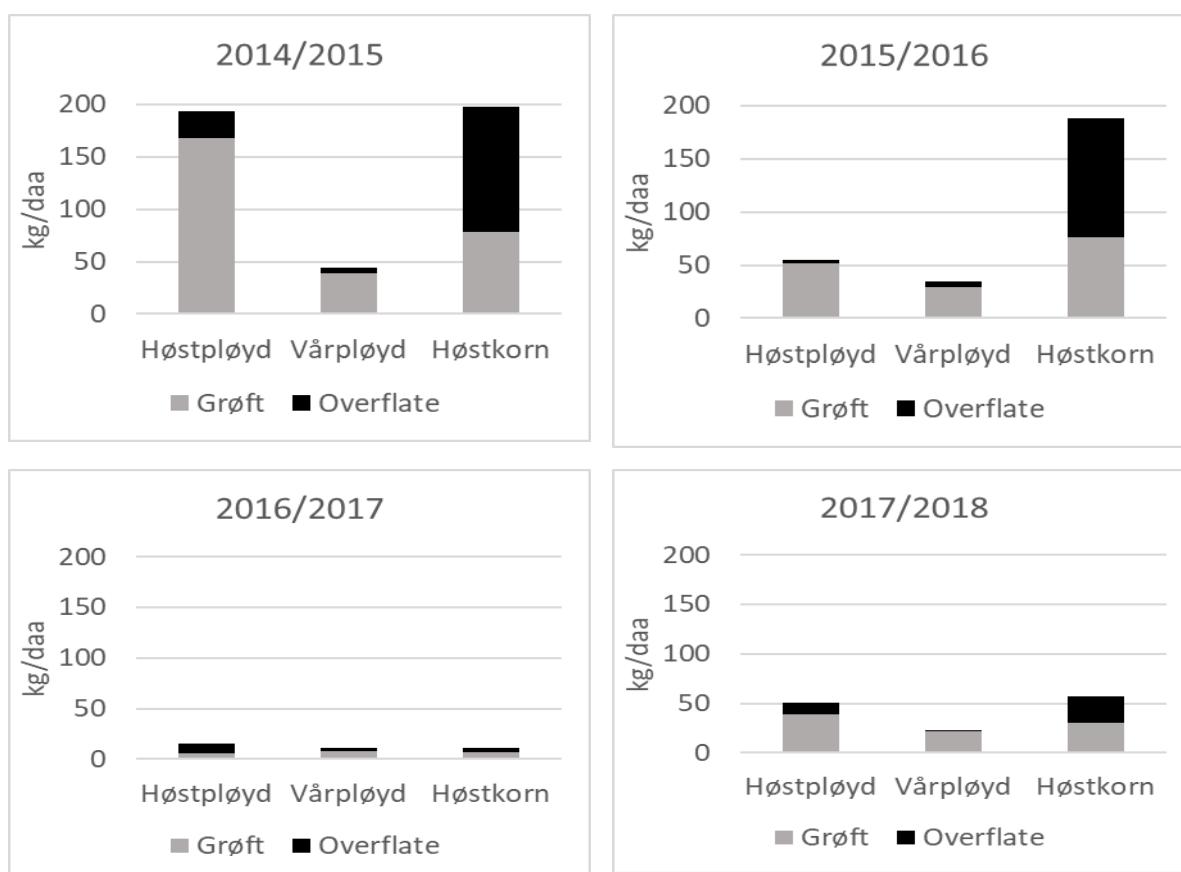
Konsentrasjonen av total nitrogen i blandprøver fra grøfteavrenning varierte fra 2,2 mg/L i avrenning fra en høstpløyd rute i januar til 20 mg/L i avrenning fra en høstkornrute i juni (20. mai-23. juni) (tabell 6.8). Generelt ble de høyeste konsentrasjonene målt i de to blandprøvene som dekker perioden fra 8. april til 23. juni og særlig fra høstkornrutene.

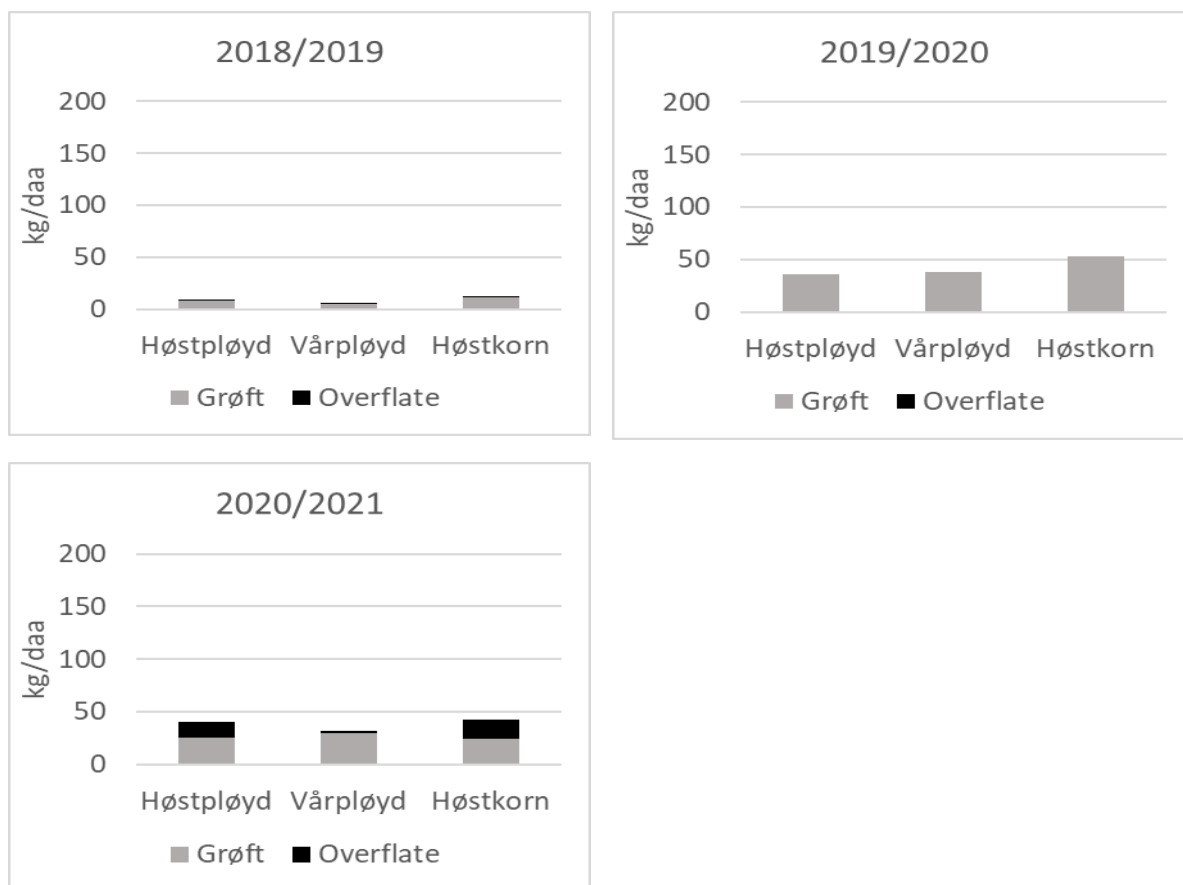
6.2 Jord- og næringsstofftap

Tap av partikler og næringsstoffer er beregnet som summen av vannføring (L/blandprøveperiode) multiplisert med konsentrasjonen (mg/L) i hver blandprøveperiode. Det er her rapportert tap av jord og næringsstoffer for perioden fra høsting til såing, standardisert til å være fra 1. september til 1. mai påfølgende år samt for hver blandprøveperiode gjennom hele året 2020/2021 (1. september til 1. september).

6.2.1 Jordtap

Jordtapene i 2020-2021 (1. september-1. juni) var i gjennomsnitt 38 kg/daa, med 42 kg/daa fra høstkornrutene, 41 kg/daa fra høstpløyde ruter og 32 kg/daa fra vårpløyde ruter (figur 6.1). Det er på omtrent samme nivå som i 2017/2018. I gjennomsnitt kom 68 % gjennom drengrøftene. Den største andel av jordtapene gjennom drengrøftene (92 %) skjedde fra vårpløyde ruter.

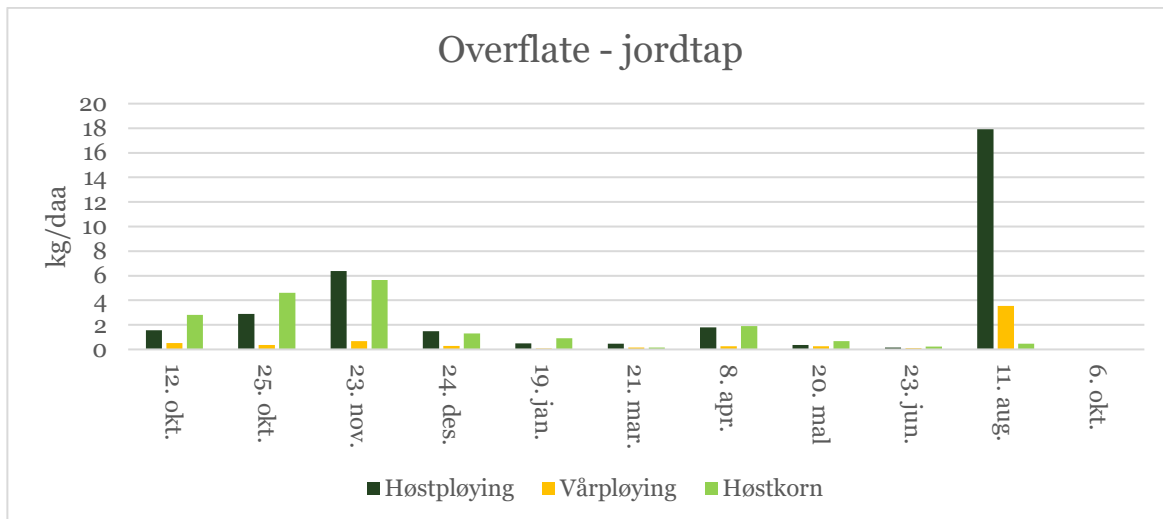




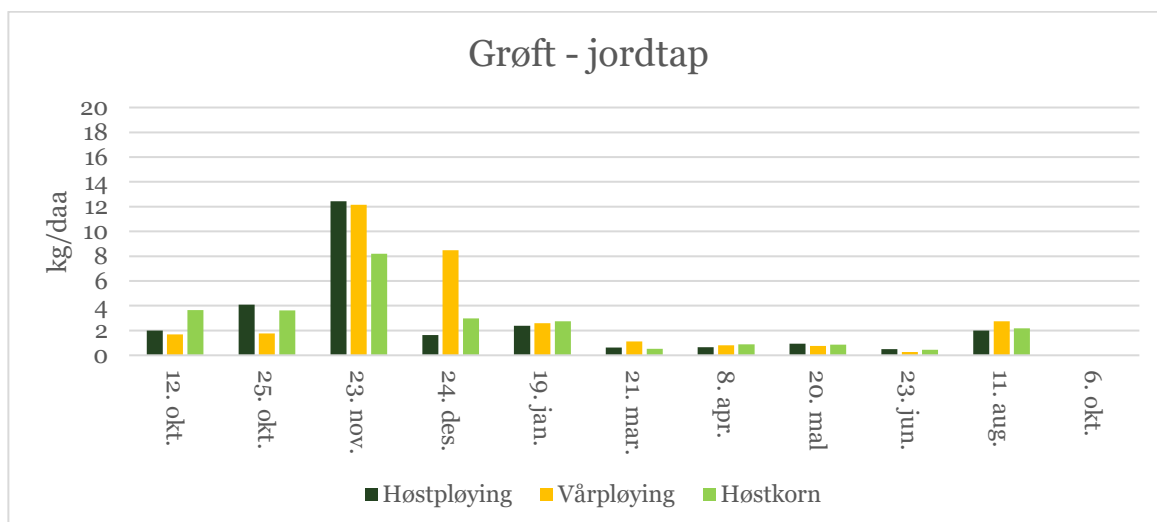
Figur 6.1 Gjennomsnittlig tap av jord (kg/daa) gjennom grøfte- og overflateavrenning fra hvert forsøksledd i syv forsøksår. Overflatevann mangler i 2019/2020. Gjelder for perioden 1. september 2020 til 1. juni 2021.

De største jordtapene med overflateavrenning skjedde i blandprøveperioder på høsten, oktober og november, fra høstpløyde ruter med og uten høstkorn (figur 6.2). I en blandprøveperiode fra 23. juni til 11. august var det store jordtap med overflatevann fra høstpløyde ruter og ruter med vårpløying. Det er de rutene som har vårkorn. Vårkornet ble sådd veldig sent og dekket dårlig under en nedbørepisode i juli. Det kan forklare de høye konsentrasjoner på sommeren fra ruter med vårkorn, særlig rutene med havre hadde dårlig vekst og store jordtap.

Jordtap gjennom drengrøftene skjer også mest om høsten og vinteren til og med januar. Det er også tap gjennom drensgrøftene etter i nedbørepisoden i juli.



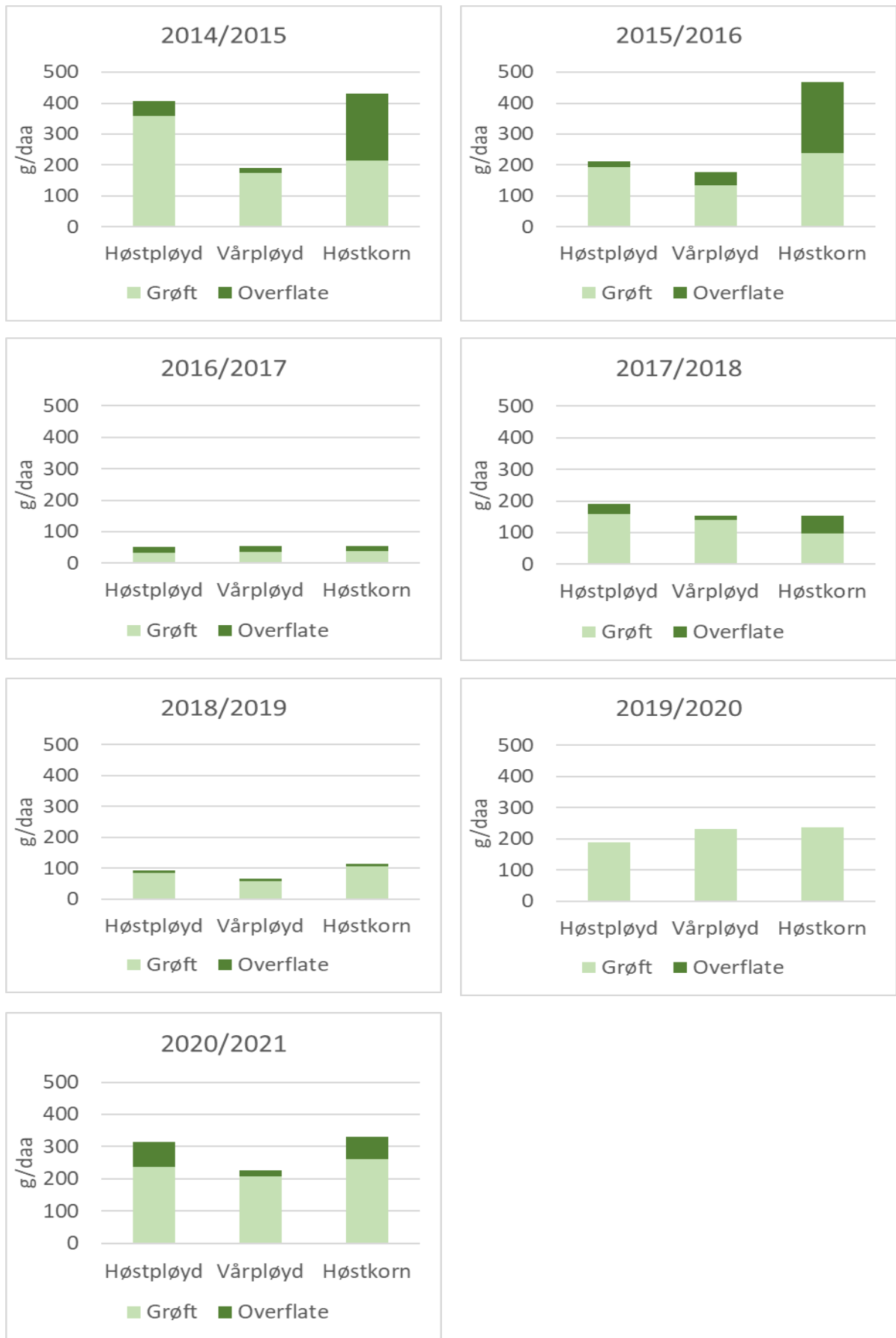
Figur 6.2 Tap av jord (kg/daa) med overflateavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd.



Figur 6.3 Tap av jord (kg/daa) med grøfteavrenning i blandprøveperiodene i gjennomsnitt for hvert forsøksledd.

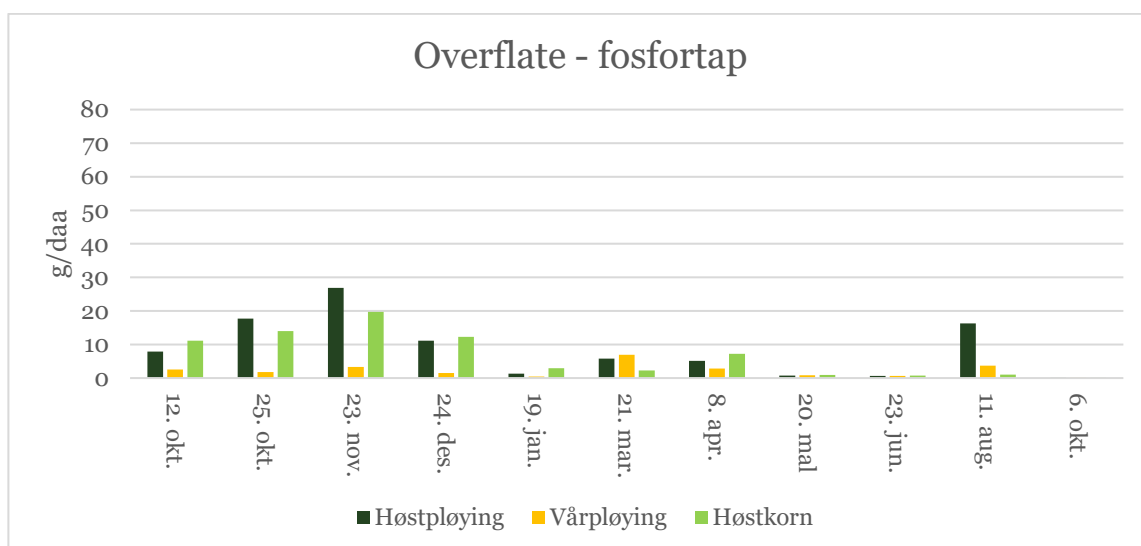
6.2.2 Fosfortap

Fosfortapene var i gjennomsnitt for alle ruter 291 g/daa i perioden 1. september 2020 til 1. juni 2021 (figur 6.4). For høstkornrutene var de tilsvarende 331 g/daa, for høstpløydde ruter 315 g/daa og for vårpløydde ruter 227 g/daa (figur 6.4). Tap av totalfosfor gjennom drengrøftene utgjorde i gjennomsnitt for alle ruter 82 %.

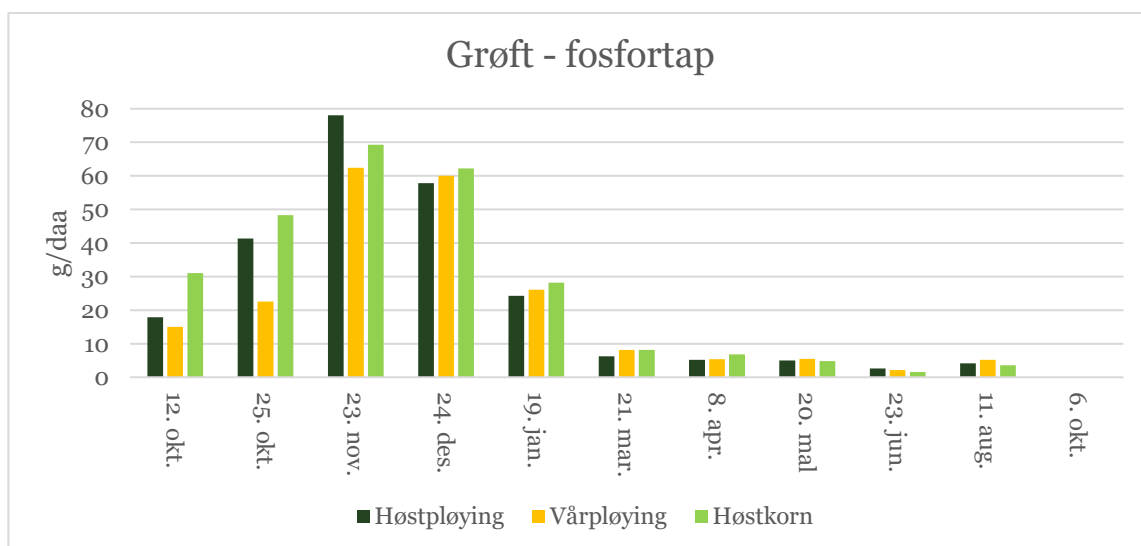


Figur 6.4 Gjennomsnitt av årlige totalfosfortap (TP-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, syv forsøksår. Overflatevann mangler 2019/2020. Tallene gjelder for perioden 1. september 2020 til 1. juni 2021.

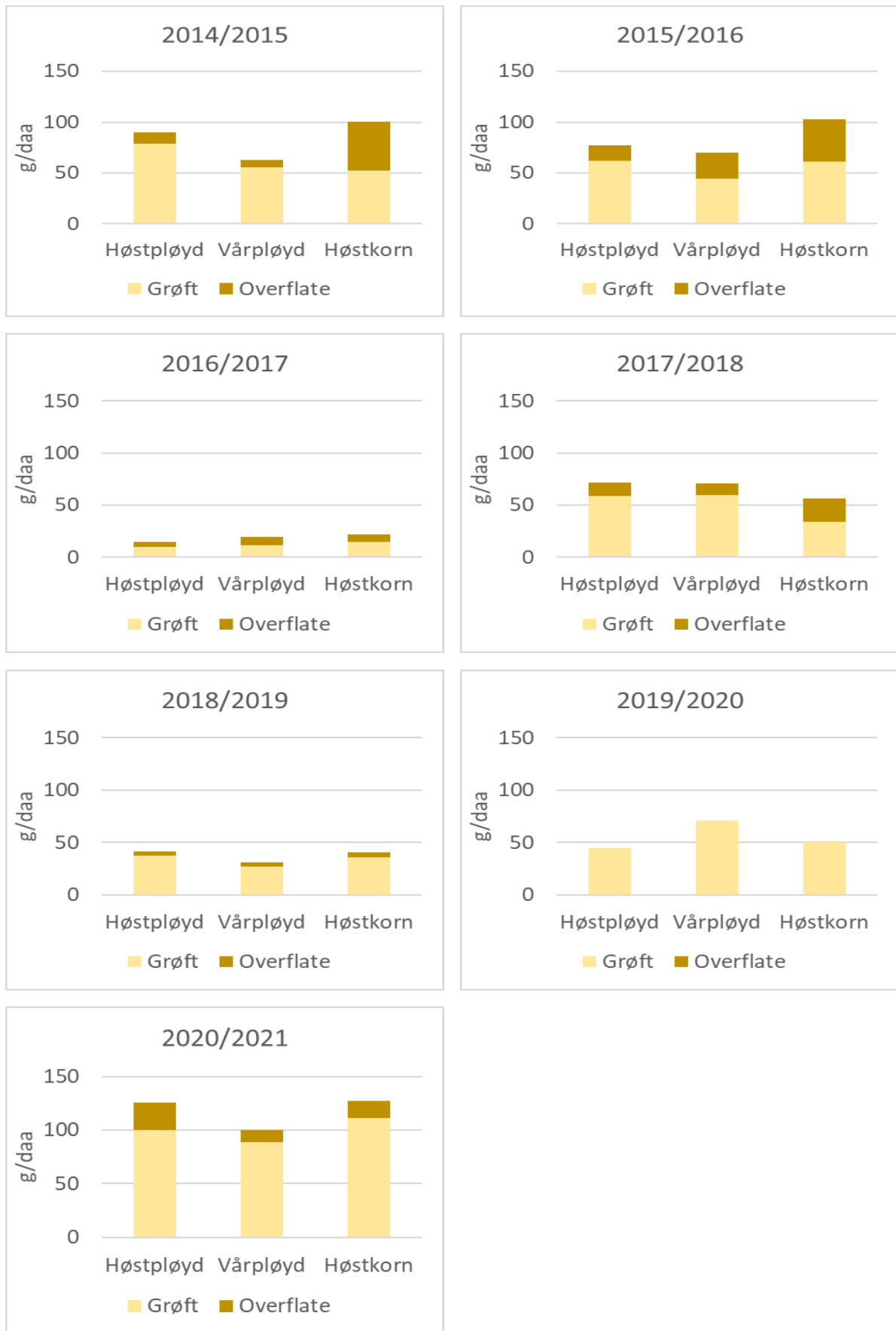
Tapene av løst fosfat var i gjennomsnitt for alle ruter 118 g/daa i perioden 1. september 2020 til 1. juni 2021 (figur 6.4). For høstkornrutene var de tilsvarende 127 g/daa, for høstpløyde ruter 126 g/daa og for vårpløyde ruter 100 g/daa (figur 6.4). Tap av løst fosfat gjennom drengroftene utgjorde i gjennomsnitt for alle ruter 85 %. Tap av løst fosfat utgjorde 40 % av totalfosfortapet. For kornområder er andelen av løst fosfat i forhold til totalfosfor tidligere estimert til 17 % i jordbruksdominerte nedbørfelt (Brod m.fl., 2017). Den høyere andel løst fosfat i Kjelle ruteforsøk kan skyldes høyt fosforinnhold i jorda (P-AL: 11-35, Kværnø m.fl. 2017).



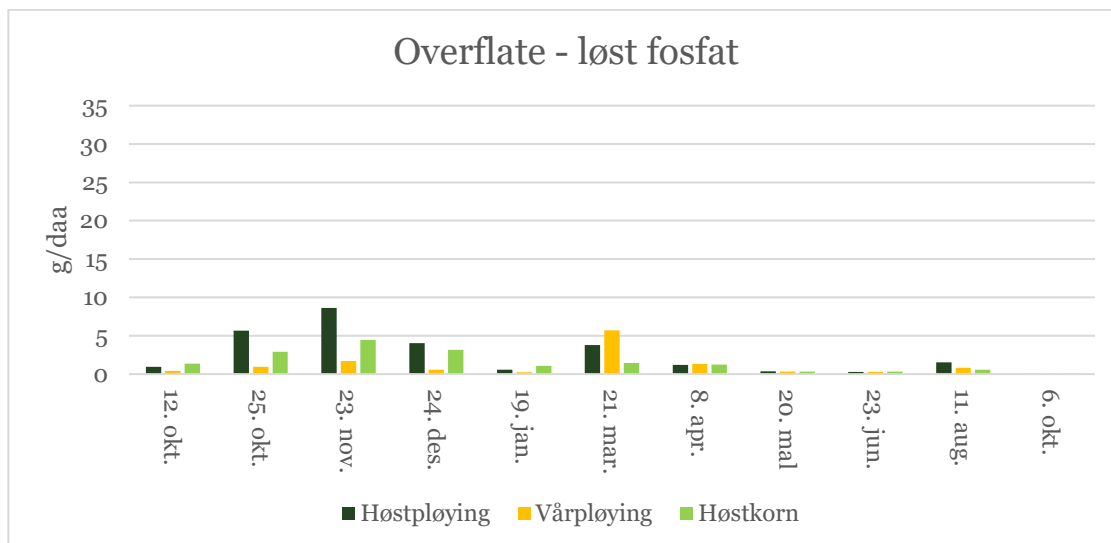
Figur 6.5 Gjennomsnittlig fosfortap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløyning, vårpløyning og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.



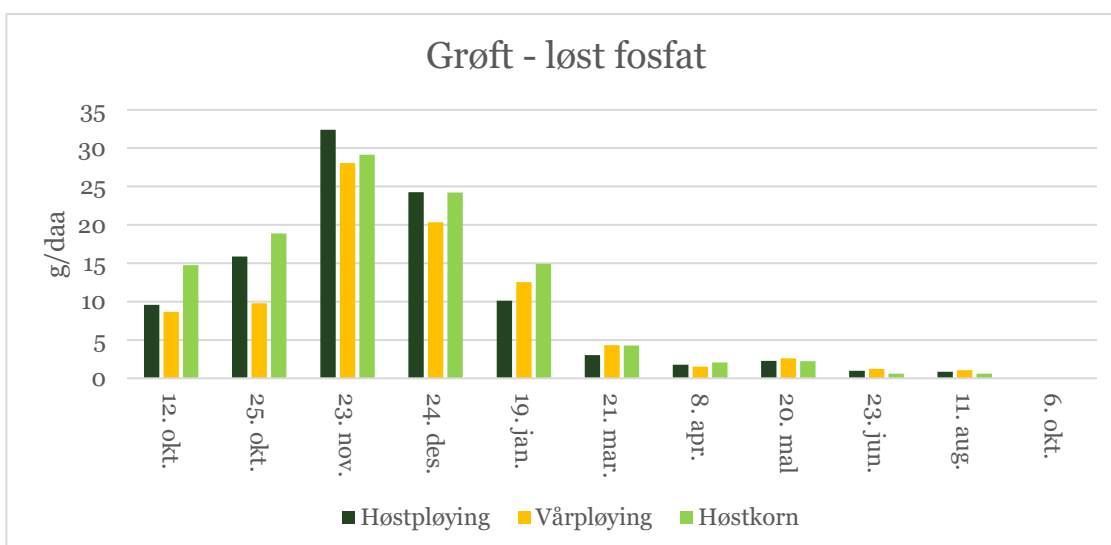
Figur 6.6 Gjennomsnittlig fosfortap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløyning, vårpløyning og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.



Figur 6.7 Gjennomsnitt av årlige tap av løst fosfat (DRP-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, syv forsøksår. Overflatevann mangler 2019/2020. Gjelder for perioden 1. september 2020 til 1. juni 2021.



Figur 6.8 Gjennomsnittlig tap av løst fosfat i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

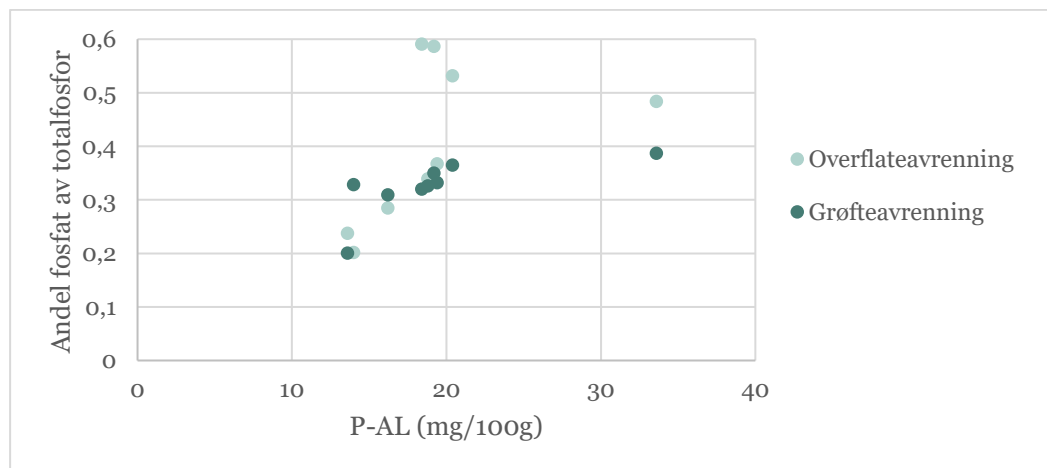


Figur 6.9 Gjennomsnittlig tap av løst fosfat i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

Ruter med høstpløying med og uten høstkorn hadde de største fosfortapene med overflateavrenning på høsten og vinteren til og med blandprøven tatt ut 24. desember (figur 6.5). I tillegg er det store tap med overflateavrenning fra høstpløydde ruter på sommeren på grunn av sen såing av havre. Alle ruter uavhengig av behandling hadde de største fosfortapene gjennom drensgrøftene på høsten og vinteren, tilsvarende som for suspendert stoff (figur 6.6).

Tap av løst fosfat gjennom overflateavrenning skjedde mest på høsten, oktober-desember. I tillegg var det en episode med tap av løst fosfat i mars (figur 6.8). Tap av løst fosfat gjennom drensgrøftene skjedde på høsten og vinteren til og med 19. januar 2021.

De høye fosfortallene i jorda på Kjelle ruteforsøk kan bidra til å forklare andelen fosfat av totalfosfor i overflate- og grøfteavrenning (figur 6.11).

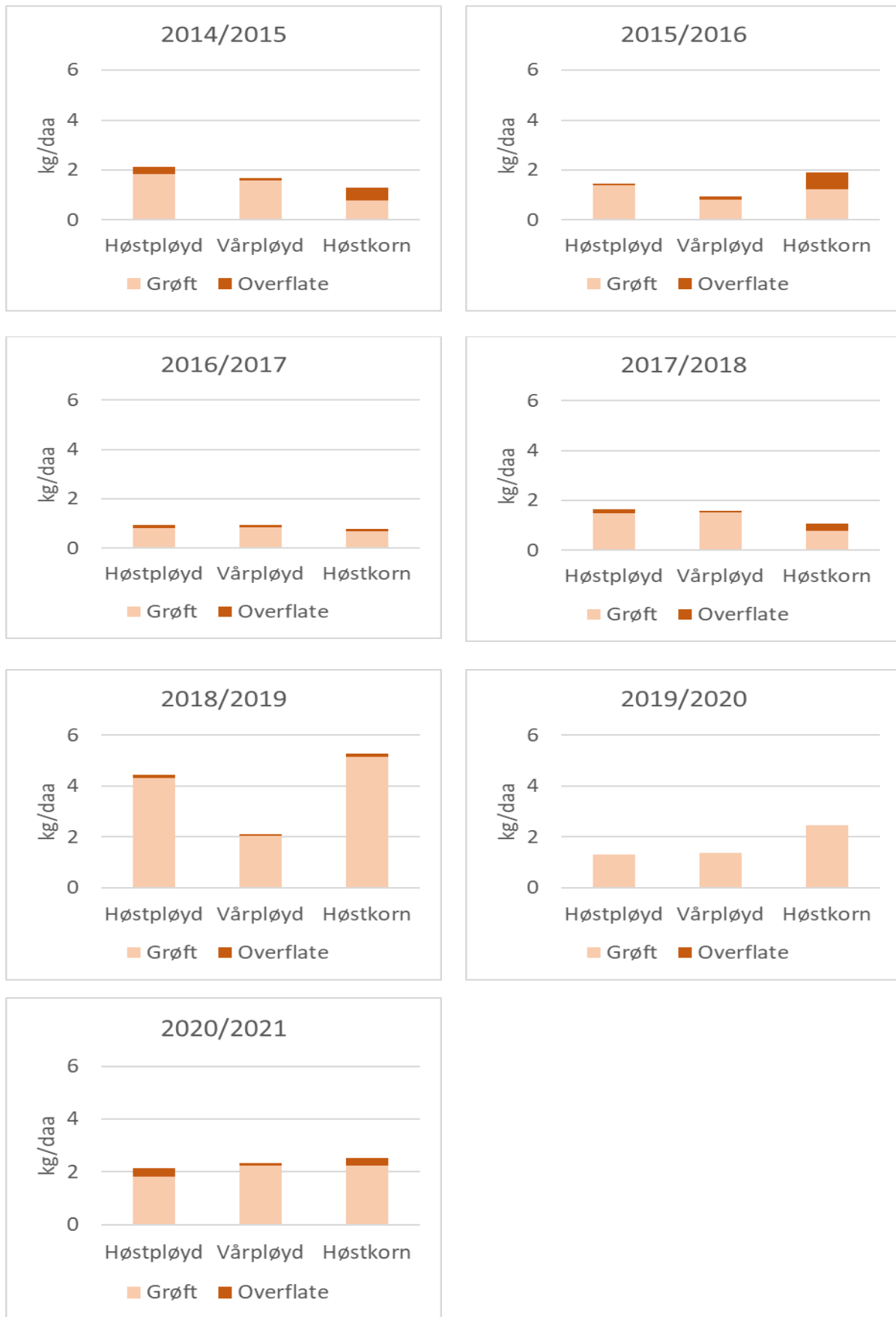


Figur 6.10. Andel fosfat av totalfosfor i overflate- og grøfteavrenning fra hver av de ni ruter relatert til jordas fosforstatus basert på resultater fra syv års overvåking.

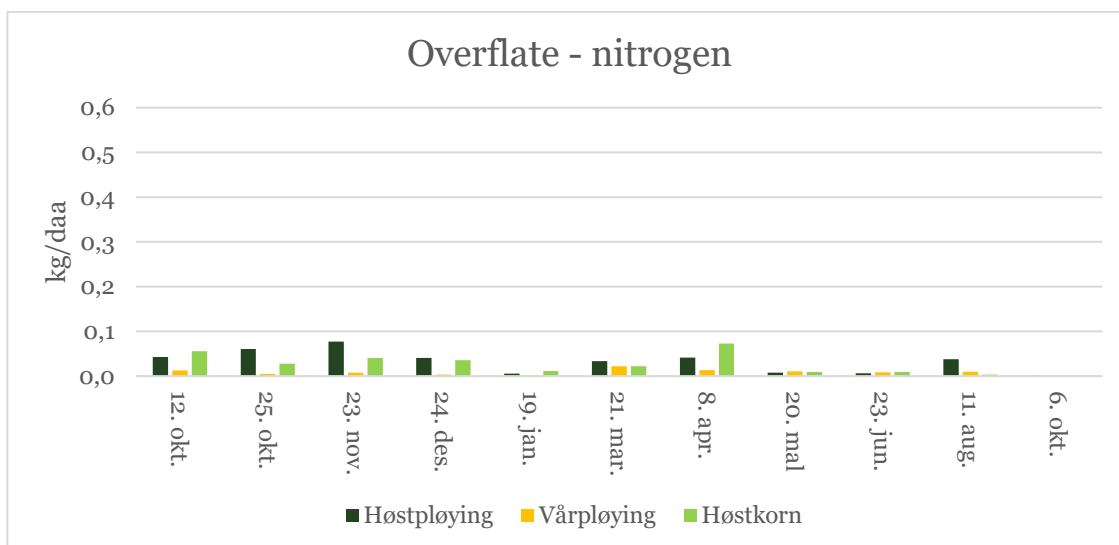
6.2.3 Nitrogentap

Nitrogentapene var i gjennomsnitt for alle ruter 2,3 kg/daa i perioden 1. september 2020 til 1. juni 2021 (figur 6.11). For høstkornrutene var de tilsvarende 2,5 kg/daa, for høstpløyde ruter 2,1 kg/daa og for vårpløyde ruter 2,3 kg/daa (figur 6.4). Tap av nitrogen gjennom drengrøftene utgjorde i gjennomsnitt for alle ruter 90 %.

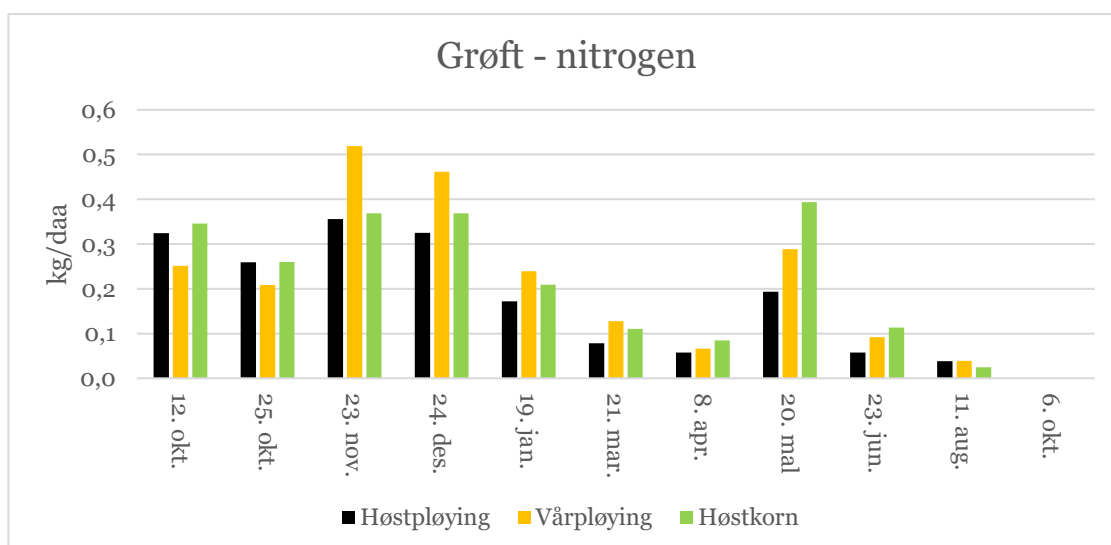
Ruter med høstpløyning med og uten høstkorn hadde de største nitrogentapene med overflateavrenning på høsten og vinteren til og med blandprøven tatt ut 24. desember (figur 6.12). I tillegg var det tap med overflateavrenning fra høstpløyde ruter på våren og på sommeren på grunn av sen såing av havre. Nitrogentap med overflateavrenning var imidlertid meget små. Nitrogentapene gjennom drengrøftene var mer jevnt fordelt over året enn fosfortapene. De var størst på høsten og vinteren og i mai måned 2021 (figur 6.13).



Figur 6.11 Gjennomsnitt av årlige tap av totalnitrogen (TN-tap) fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn, syv forsøksår. *overflatevann mangler 2019/2020. Gjelder for perioden 1. september 2020 til 1. juni 2021.



Figur 6.12 Gjennomsnittlig nitrogentap i overflateavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.



Figur 6.13 Gjennomsnittlig nitrogentap i grøfteavrenning fra forsøksledd med høstpløying, vårpløying og høstkorn fordelt per blandprøveperiode.

6.3 Effekt av jordarbeiding og høstkorn på jord- og næringsstofftap 2014-2021

En analyse av statistiske forskjeller mellom behandlinger (høstpløying uten høstkorn, vårpløydde og høstpløying med høstkorn) viser at det ikke kan vises noen sikker forskjell på totalt tap av jordtap (suspendert stoff) (tabell 6.9). Det gjennomsnittlige jordtapet fra vårkornruter over hele forsøksperioden er på ca. 30 kg/daa, mens det for de høstpløydde ruter er ca. 60 kg/daa og for ruter med høstkorn er 72 kg/daa. På grunn av de store årlige variasjonene er det likevel ikke signifikante forskjeller.

Fosfortapene er signifikant lavere fra vårpløydde ruter (143 g/daa) enn fra høstkornruter (234 g/daa), men viser ingen signifikant forskjell i forhold til høstpløydde ruter (209 g/daa).

Gjennomsnittlig tap av løst fosfat viser, som jordtapet, ingen signifikante forskjeller mellom behandlinger. Det var i gjennomsnitt 58 g/daa fra vårpløyde ruter og ca. 70 g/daa fra høstpløyde ruter med og uten høstkorn.

Gjennomsnittlig tap av nitrogen viser heller ingen signifikant forskjell mellom behandlinger. Nitrogentapet er i gjennomsnitt ca. 1,6 kg/daa fra vårpløyde ruter, og rundt 2,1 kg/daa fra høstpløyde ruter med og uten høstkorn.

Tabell 6.9. Gjennomsnittlig årlig avrenning (mm) og tap jord (kg/daa), totalfosfor (g/daa), løst fosfat (g/daa) og totalnitrogen (g/daa) for ruter (n=3) med høstpløyning (Hpl.), vårpløyning (Vpl.) og høstkorn (Hk.).

År	Jordarbeiding	Avrenning (mm)	Suspendert stoff (kg/daa)	Totalfosfor (g/daa)	Løst fosfat (g/daa)	Totalnitrogen (g/daa)
2014-2015	Hpl	694a	184a	392a	86a	2043a
	Vpl	598a	58,5a	190a	62,8a	1684a
	Hk	705a	158a	358a	84,2a	1129a
2015-2016	Hpl	509a	54,7ab	213ab	76,9a	1464ab
	Vpl	422a	33a	163a	61,5a	894a
	Hk	548a	1512b	391b	89,0a	1687b
2016-2017	Hpl	216a	15,2a	51,5a	14,7a	933a
	Vpl	217a	11,5a	54,9a	20,0a	952a
	Hk	212a	10,7a	56,0a	21,7a	783a
2017-2018	Hpl	540a	50,9ab	191a	71,7a	1650a
	Vpl	465a	30,1a	154a	70,7a	1597a
	Hk	397a	57,3b	153a	56,2a	1076a
2018-2019	Hpl	330a	9,5a	93,5a	41,3a	4453ab
	Vpl	274a	6,4a	66,7a	31,0a	2114a
	Hk	373a	12,4a	115a	40,9a	5262b
2019-2020	Hpl	-	-	-	-	-
	Vpl	-	-	-	-	-
	Hk	-	-	-	-	-
2020-2021	Hpl	571a	40,5a	315a	126a	2132a
	Vpl	546a	32,3a	227a	100a	2322a
	Hk	659a	12,4a	115a	40,9a	5262a
2014-2021	Hpl	477a	59,2a	209ab	69,4a	2112a
	Vpl	420a	28,6a	143a	57,7a	1594a
	Hk	482a	71,9a	234b	69,9a	2078a

*Mørk grønn farge – signifikant på 0,05 %-nivå; Lys grønn farge – signifikant på 0,1 %-nivå. Bokstaver i kolonnene viser til signifikante forskjeller (LSD).

Tabell 6.10. Gjennomsnittlig årlig avrenning (mm) og tap jord (kg/daa), totalfosfor (g/daa), løst fosfat (g/daa) og totalnitrogen (g/daa) gjennom overflate- (o) og grøfteavrenning (g) for ruter (n=3) med høstpløying (Hpl.), vårpløying (Vpl.) og høstkorn (Hk.).

År	Jordarbeid g	Avrenning (mm)		Suspendert stoff (kg/daa)		Totalfosfor (g/daa)		Løst fosfat (g/daa)		Totalnitrogen (g/daa)	
		O	G	O	G	O	G	O	G	O	G
2014-2015	Hpl	61a	633a	29,5a	168a	48,2a	359a	10,9a	78,8a	295a	1846a
	Vpl	49a	549a	6,3a	52,2a	16,6a	174a	7,2a	55,6a	93,2a	1591ab
	Hk	268a	438a	121b	77,8a	215b	215a	31,7b	52,4a	532b	774b
2015-2016	Hpl	40a	469a	3,1a	51,6a	20,7a	192a	14,6a	62,3a	60,1a	1404a
	Vpl	65a	357a	12,7a	28,7a	43,6a	134a	25,8a	44,4a	127a	809a
	Hk	154a	394a	113b	75,8a	230b	237a	41,4a	61,4a	683b	1232a
2016-2017	Hpl	57a	159a	9,0a	6,2a	18,0a	33,5a	4,9a	9,8a	108a	825a
	Vpl	86a	132a	3,2b	8,3a	18,6a	36,3a	8,6a	11,4a	101a	851a
	Hk	67a	145a	3,6b	7,1a	17,5a	38,5a	7,1a	14,6a	94,1a	689a
2017-2018	Hpl	87a	453a	11,5a b	39,4a	31,9a	159a	13,0a	58,8a	171a	1479a
	Vpl	27a	438a	0,7a	29,4a	13,6a	140a	11,1a	59,6a	60,7a	1536a
	Hk	138a	258a	27,4b	30,0a	55,0a	98a	22,3a	33,9a	280a	797a
2018-2019	Hpl	25a	305a	1,4a	8,1a	7,8a	86a	3,6a	37,7a	146a	4307ab
	Vpl	26a	248a	1,0a	5,4a	7,6a	59a	4,4a	26,6a	72,8a	2041a
	Hk	25a	348a	1,2a	11,2a	9,8a	105a	5,2a	35,8a	121a	5141b
2019-2020	Hpl	-	310a	-	36,0a	-	188a	-	44,6a	-	1288a
	Vpl	-	422a	-	37,7a	-	231a	-	71,0a	-	1366a
	Hk	-	429a	-	52,8a	-	236a	-	50,3a	-	2451a
2020-2021	Hpl	125a	446a	15,4a	25,2a	77,1a	238a	25,4a	100a	313a	2013a
	Vpl	49a	497a	2,7a	29,6a	20,6a	207a	11,4a	88,9a	82,6a	2240a
	Hk	109a	551a	18,2a	23,9a	70,8a	260a	16,2a	111a	281a	2249a
2014-2021	Hpl	66ab	396a	10,1a	47,7a	33,1a	179a	12,1a b	56,0a	176a	1852a
	Vpl	50a	377a	3,2a	27,3a	18,7a	140a	10,5a	51,0a	87,3a	1490a
	Hk	127b	366a	38,6b	39,8a	84,4b	170a	20,6b	51,4a	297b	1905a

*Mørk grønn farge – signifikant på 0,05 %-nivå; Lys grønn farge – signifikant på 0,1 %-nivå. Bokstaver i kolonnene viser til signifikante forskjeller (LSD).

Resultatene for overflate- og grøfteavrenning fra de syv forsøksårene (2014-2021) viste følgende signifikante forskjeller mellom høstpløying, vårpløying og høstkorn (tabell 6.10):

- Avrenning av overflatevann var større for høstkornruter enn for vårpløyde ruter.
- Jordtap i overflateavrenning fra høstkorn var større enn fra høstpløyde og vårpløyde ruter.
- Fosfortap i overflateavrenning fra høstkorn var større enn fra høstpløyde og vårpløyde ruter.
- Tap av løst fosfat i overflateavrenning var større fra ruter med høstkorn enn fra vårpløyde ruter.
- Nitrogentapet i overflateavrenning var større fra høstkornruter enn fra høstpløyde og vårpløyde ruter.
- Det var ikke forskjell i grøfteavrenning mellom høstpløyde, vårpløyde og høstkorn-ruter. Ingen forskjell på jord-, fosfor- og nitrogentap gjennom grøftene heller.

I 2020/2021 (1. september til 1. september) var tapene av fosfor høye sammenlignet med tidligere år, mens tap av jord og nitrogen var forholdsvis lave. Jordtapet var i 2020/2021 48 kg/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er litt under gjennomsnittet for tidligere år på 61 kg/daa. Tapet av totalfosfor var i 2020/2021 303 g/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er over gjennomsnittet for tidligere år på 198 g/daa. Tapet av løst fosfat var i 2020/2021 120 g/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er betydelig mer enn gjennomsnittet for tidligere år på 53 g/daa. En stor del av økningen i totalfosfortapet skyldes økte tap av løst fosfat. Tapet av totalnitrogen var i 2020/2021 2,0 kg/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er litt under gjennomsnittet for tidligere år på 2,4 kg/daa.

7 Plantevernmidler

Det er gjennomført forsøk med glyfosatsprøyting i ruteforsøket på Kjelle vgs i perioden 2014-2018 og resultater fra analyser av glyfosat og nedbrytingsproduktet AMPA i overflateavrenning og grøfteavrenning er gjengitt i tidligere rapporter (Bechmann mfl 2015, 2017, 2019; Kværnø mfl 2017). I 2019 startet et nytt forsøk for å undersøke overflate- og dremsavrenning av plantevernmidler ved gjennomføring av et mer komplett sprøyteregime i de anlagte feltene med vår- og høstkorn. Disse forsøkene gjennomføres i perioden 2019-2022 og vil gi et bedre og bredere grunnlag for anbefalinger knyttet til jordarbeiding og bruk av plantevernmidler i kornproduksjon.

I samarbeid med Norsk landbruksrådgiving ble det våren 2019 satt opp en sprøyteplan med ugras- og soppmiddel tilpasset henholdsvis høsthvete, bygg og havre (jf. pkt. 3.3). Rutene ble i 2020/2021 sprøytet etter følgende sprøyteplan:

- Høsthvete (HPHK): ugrassprøyting med Boxer og sprøyting mot soppjukdommer i korn med Delaro SC 325 etter såing høsten 2020, ugrassprøyting med Pixxaro EC våren 2021, soppsprøyting med det nye midlet Elatus Era om sommeren 2021.
- Bygg (VPVK): ugrassprøyting med Ariane S om våren og soppsprøyting med Delaro Plus Pack (Delaro SC 325 og Propulse) om sommeren 2021.
- Havre (HPVK): ugrassprøyting med Ariane S om våren og soppsprøyting med Proline om sommeren 2021.

Det er tatt ut vannprøver for analyse av overflate- og dremsavrenning fra rutene gjennom sprøyte- og avrenningsperioden, med prøveuttak i oktober (2), november og desember i 2020 og i januar, mars, april, mai, juni og august 2021. Analyse av plantevernmidler er gjennomført ved NIBIO avdeling Pesticider og naturstoffkjemi med bruk av væskrokromatografi koblet til massespektrometri (LC-MSMS). Bestemmelsesgrense (LOQ; limit of quantification) i vann er noe ulik for de undersøkte stoffene, men alle LOQ ligger mellom 0,02 og 0,05 µg/L.

Det gjøres ingen nærmere dataanalyse for å vurdere eventuelle jordarbeidingseffekter. En slik vurdering vil gjøres ved avslutning av forsøkene etter sesongen 2021/2022.

Tabell 7.1 gir en oppsummering av kjente data om plantevernmidlenes nedbrytning i jord, mobilitet i jord/binding til jordpartikler og giftighet (toksistet) i vannmiljø. De målte konsentrasjonsnivåene i avrenningen fra ruteforsøket tolkes ved sammenlikning mot disse dataene for å vurdere behov for videre oppfølging.

Tabell 7.1. Skjebne og effekter av de studerte virksomme stoff av plantevernmidler

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Skjebne og effekter i miljøet			
	Skjebne i jordmiljø*		Toksisitet i vannmiljø**	
	Nedbrytning (gj. snitt DT50 i felt, dager)	Mobilitet (binding i jord; Kf, L/kg))	Kroniske effekter; (MF, µg/L)	Akutte effekter; (AMF, µg/L)
MCPA (U)	25	0,9	1,4	15,2
Klopyralid (U)	8	0,07 (Kd)	71	540
Fluroksypyr (U)	3	1,2	123 [§]	1230
Halauksifen-metyl (U)	43	18	1,5	85,5
Halauksifen (metabolitt; U)	8 (lab)	17,5	15	1500
Prosulfokarb (U)	10	23	0,5 [§]	4,9
Protiokonazol-destio (metabolitt; S)	25	9,7	0,03 [§]	3,9
Benzovindiflupyr (S)	127	62	0,02 [§]	0,35
Biksafen (S)	254	63	0,05 [§]	6,0
Fluopyram (S)	119	4,4	2,7 [§]	98
Trifkloksystrobin (S)	2	43,5	0,2	0,5

U: ugrasmiddel. S: soppmiddel. DT50: halveringstid i jord. Kf: Freundlich sorpsjonskoeffisient. MF: antatt konsentrasjonsgrense for kroniske effekter. AMF: antatt konsentrasjonsgrense for akutte effekter. *Data er hentet fra Lewis et al 2016. pr januar 2022 ** Data er hentet fra nibio.no/jova pr. desember 2021. [§]Sikkerhetsfaktor benyttet i beregningen er større enn 10. Dvs at målte ingen-effekt konsentrasjoner (NOEC) er mer enn 10 ganger høyere enn beregnet MF.

7.1 Konsentrasjoner

Plantevernmiddel konsentrasjoner målt i overflate- og grøftevannsprøver gjennom perioden september 2020 til september 2021 er vist i henholdsvis tabell 7.2 og 7.3 under. Henvisningene til jordarbeidingspraksis i tabellene gjelder for perioden 2020/21, mens plantevernmiddelfunnene er et resultat av sprøyting både i 2019 (rapporteringsperiode 2018/19), 2020 (rapporteringsperiode 2019/20) og 2021 (rapporteringsperiode 2020/21).

For ugrasmiddel er det spesielt prosulfokarb, i Boxer som benyttes om høsten etter såing av høstkorn som opptrer i konsentrasjonsnivåer, som er nær eller over konsentrasjonsnivåer hvor man ikke kan se bort fra effekter i vannmiljø dersom eksponeringen er langvarig og konsentrasjonen holder seg på dette nivået over en lenger periode. I 2019/2020 ble det målt høye konsentrasjoner av ugrasmidlet MCPA, som inngår i Ariane S, men det ble ikke gjort tilsvarende høye målinger i 2020/2021.

Tabell 7.2. Konsentrasjoner av plantevernmidler i overflateavrenning fra Kjelle ruteforsøk for perioden 1 september 2020 til 1 september 2021. (Dette inkluderer prøver med uttaksdato fra 12.10.20 til 11.08.21.)

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Rute 3, 6, 8 Høstpløyd/vårkorn 2020/2021**			Rute 2, 4, 7 Vårpløyd/vårkorn 2020/2021			Rute 1, 5, 9 Høstpløyd/høstkorn 2020/2021		
	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons [µg/L]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons [µg/L]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons [µg/L]	Antall funn >LOQ
	MCPA (U)	0,46 ± 0,51	1,17	8	0,53 ± 0,43	1,06	8	0,52 ± 0,48	1,18
Klopyralid (U)	1,87 ± 1,39	4,61	6	3,17 ± 4,41	12,80	8	0,80 ± 0,49	1,17	4
Fluroksypyr (U)	1,15 ± 2,33	9,50	22	2,12 ± 5,00	20,93	23	3,83 ± 6,00	19,18	18
Halauksifen-metyl (U)	0,76 ± 0,14	0,92	3	0,67 ± 0,09	0,77	3	0,76 ± 0,18	0,97	3
Halauksifen (metabolitt, U)	1,91 ± 0,21	2,15	3	1,23 ± 0,81	1,76	4	0,69 ± 0,82	1,90	7
Prosulfokarb (U)	0,48 ± 0,40	0,89	5	0,37 ± 0,59	1,78	9	2,58 ± 4,27	12,65	19
Protiokonazol-destio (metabolitt, S)	0,80 ± 1,38	4,78	17	0,51 ± 0,86	3,36	23	0,65 ± 0,58	2,04	30
Benzovindiflupyr (S)	0,45 ± 0,14	0,61	3	0,14 ± 0,19	0,55	9	0,24 ± 0,24	0,80	9
Biksafen (S)	0,42 ± 0,12	0,56	3	0,13 ± 0,16	0,53	11	0,18 ± 0,27	0,79	9
Fluopyram (S)	0,11 ± 0,95	0,68	26	0,66 ± 1,45	6,32	26	0,18 ± 0,19	0,92	30
Trifloksystrobin (S)	n.d.			n.d.			n.d.		

*Gjennomsnittskonsentrasjoner beregnet kun for prøver med funn over bestemmelsesgrensen for analysemetoden (>LOQ).

U: ugrasmiddel. S: soppmiddel. SD: standardavvik. LOQ: bestemmelsesgrense for plantevernmiddelanalyse.

**Disse rutene hadde samme behandling også sesongen 2019/2020.

Tabell 7.3. Konsentrasjoner av plantevernmidler i grøfteavrenning fra Kjelle ruteforsøk for perioden 1 september 2020 til 1 september 2021. (Dette inkluderer prøver med uttaksdato fra 12.10.20 til 11.08.21.)

Virksomt stoff av plantevernmiddel	Rute 3, 6, 8 Høstpløyd/vårkorn 2020/2021**			Rute 2, 4, 7 Vårpløyd/vårkorn 2020/2021			Rute 1, 5, 9 Høstpløyd/høstkorn 2020/2021		
	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons [µg/L]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons [µg/L]	Antall funn >LOQ	Gj. snitt* (+/- SD) [µg/L]	Maks. kons [µg/L]	Antall funn >LOQ
	MCPA (U)	0,74 ± 0,43	1,07	8	0,73 ± 0,37	0,98	9	0,67 ± 0,41	0,99
Klopyralid (U)	1,05 ± 0,36	1,70	9	1,11 ± 0,29	1,64	9	1,01 ± 1,17	1,27	9
Fluroksypyr (U)	0,66 ± 0,87	2,77	18	0,74 ± 0,88	2,90	18	1,36 ± 3,02	13,63	20
Halauksifen-metyl (U)	0,69 ± 0,07	0,77	6	0,70 ± 0,02	0,72	6	0,70 ± 0,07	0,77	6
Halauksifen (metabolitt, U)	1,80 ± 0,07	1,90	6	1,63 ± 0,07	1,73	6	1,68 ± 0,08	1,77	6
Prosulfokarb (U)	0,59 ± 0,37	0,96	8	0,89 ± 0,19	1,12	6	0,54 ± 0,54	1,36	13
Protiokonazol-destio (metabolitt, S)	0,55 ± 0,61	1,93	17	0,48 ± 0,52	1,70	20	0,45 ± 0,53	1,91	28
Benzovindiflupyr (S)	0,36 ± 0,07	0,46	6	0,37 ± 0,10	0,48	6	0,31 ± 0,18	0,54	8
Biksafen (S)	0,33 ± 0,07	0,44	6	0,35 ± 0,09	0,45	6	0,27 ± 0,20	0,52	9
Fluopyram (S)	0,20 ± 0,26	0,75	25	0,22 ± 0,27	0,77	27	0,29 ± 0,27	0,98	30
Trifloksystrobin (S)	n.d.			n.d.			n.d.		

*Gjennomsnittskonsentrasjoner beregnet kun for prøver med funn over bestemmelsesgrensen for analysemetoden (>LOQ).

U: ugrasmiddel. S: soppmiddel. SD: standardavvik. LOQ: bestemmelsesgrense for plantevernmiddelanalyse.

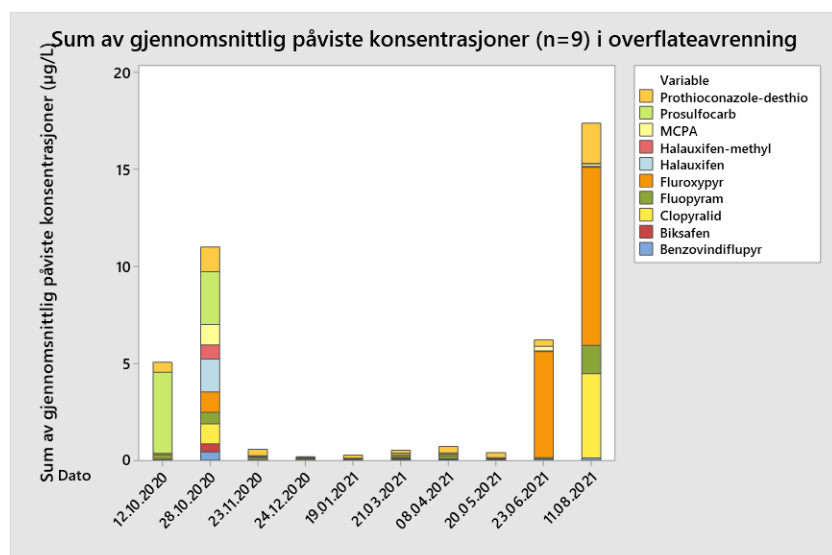
**Disse rutene hadde samme behandling også sesongen 2019/2020.

Analyse etter rester av soppmiddel viser at metabolitten til protriokonazol (protriokonazol-destio), benzovindiflupyr og biksafen er de stoffene som påvises i konsentrasjonsivåer nær og over antatte grenseverdier for mulige effekter i vannmiljø. Dette er det samme bildet som resultatene fra sesongen 2019/2020, men konsentrasjonsnivåene som er påvist i 2020/2021 er generelt noe høyere. Protriokonazol inngår i alle soppmidlene som benyttes i forsøkene (tabell 3.3), enten alene eller i blanding med andre, mens biksafen og benzovindiflupyr inngår i blandingspreparater med protriokonazol.

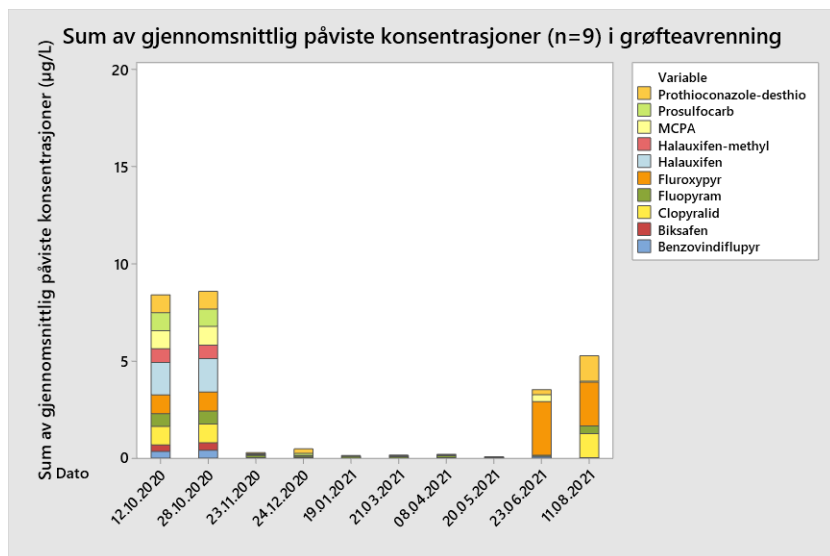
Vi måler her konsentrasjonen i kanten av en forsøksrute og det er forventet at konsentrasjonsnivået i resipienten (her: nærliggende bekk) vil være fortennnet sett i forhold til disse målingene.

De målte konsentrasjonsnivåene og antall funn av plantevernmidler er påvirket av vær- og avrenningsforholdene gjennom året samt av om det har vært forhold for avrenning, og dermed også vannprøvetaking, i perioden etter sprøyting. Figur 7.1 og 7.2 viser sum av målte konsentrasjoner av plantevernmidler i prøver fra alle 9 forsøksruter for hhv. overflateavrenning og grøftevann.

Figurene illustrerer at det totalt sett påvises høyere konsentrasjoner i overflateavrenning enn i grøfteavrenning, og at det spesielt er i perioder med sprøyting og/eller nedbør det påvises rester av plantevernmidler i bekken; her i periode med sprøyting og nedbør i oktober samt i periode med nedbør i juli/august etter sprøyting i juni.



Figur 7.1 Sum av gjennomsnittlig målte konsentrasjoner av plantevernmidler (µg/L) i overflateavrenning fra alle 9 forsøksruter pr prøvetakingsdato.



Figur 7.2 Sum av gjennomsnittlig målte konsentrasjoner av plantevernmidler ((µg/L) i grøfteavrenning fra alle 9 forsøksruter pr prøvetakingsdato.

Ugrasmidlet prosulfocarb (Boxer) er målt i spesielt høye konsentrasjoner i overflateavrenning etter sprøyting etter såing av høstkorn i oktober 2020. I samme periode påvises også de høyeste gjennomsnittlige konsentrasjonsnivåene av soppmidlene benzovindiflupyr og biksafen, samt relativt høye konsentrasjoner av metabolitten protriokonazol-destio. Alle disse midlene er sprøytet i juni 2020, dvs foregående rapporteringsperiode. Videre påvises protriokonazol-destio i høye konsentrasjoner i august 2021, etter sprøyting også i juni og juli dette året.

Ugrasmiddel sprøytet i juni 2020 (bl.a. MCPA, halauxifen-metyl, fluroksypyr) er også målt i prøvene fra oktober 2020. Det er også påvist de høyeste konsentrasjoner av ugrasmiddel benyttet i sprøyting i juni 2021 i august dette året (bl.a. klopyralid, fluroksypyr). Disse funnene er imidlertid, som nevnt, i konsentrasjonsnivåer som er lave sett i forhold til hva som antas å kunne ha en negativ effekt i miljøet.

Arbeidet med sprøyting av feltene og prøvetaking for analyser av plantevernmidler i overflate- og drensavrenning vil fortsette sesongen 2021/2022, og en vurdering av resultatene sett i forhold til jordarbeidingen på forsøksrutene vil gjennomføres først etter avslutningen av denne sesongen.

8 Konklusjoner

Rapporteringsåret 2020/2021 hadde mer nedbør (889 mm) enn gjennomsnittet for normalperioden (702 mm) og alle tidlige forsøksår (600-836 mm). Gjennomsnittstemperaturen (6,1 °C) var høyere enn i normalperioden (3,3 °C).

Målingene fra de syv forsøksårene (2014-2021) viser at grøfteavrenningen bidrar mest til tap av jord og næringsstoffer. I perioden 1. september 2020 - 1. juni 2021 kom 84 % av avrenningen gjennom drengrøftene og det bidro til at 68 % av jordtapet, 82 % av fosfortapet, 85 % av tapet av løst fosfat og 90 % av nitrogentapet skjedde via grøfteavrenning.

Jordtapet var i 2020/2021 48 kg/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er litt under gjennomsnittet for tidligere år på 61 kg/daa. Tapet av totalfosfor var i 2020/2021 303 g/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er over gjennomsnittet for tidligere år på 198 g/daa. Tapet av løst fosfat var i 2020/2021 120 g/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er betydelig mer enn gjennomsnittet for tidligere år på 53 kg/daa. En stor del av økningen i totalfosfortapet skyldes økte tap av løst fosfat. Tapet av totalnitrogen var i 2020/2021 2,0 kg/daa i gjennomsnitt for alle ruter. Det er litt under gjennomsnittet for tidligere år på 2,4 kg/daa kg/daa.

En analyse av statistiske forskjeller mellom behandlinger (høstpløying uten høstkorn, vårpløyd og høstpløying med høstkorn) basert på alle forsøksår, viser at det ikke er noen sikker forskjell på totalt tap av jordtap (suspendert stoff) i dette forsøket. Det gjennomsnittlige årlige jordtapet fra vårkornruter over hele forsøksperioden er på ca. 30 kg/daa, mens det for høstpløyd ruter er ca. 60 kg/daa og for ruter med høstkorn er 72 kg/daa. På grunn av de store årlige variasjonene er det likevel ikke signifikante forskjeller.

De årlige totalfosfortapene er derimot signifikant lavere fra vårpløyd ruter (143 g/daa) enn fra høstkornruter (234 g/daa), men viser ingen signifikant forskjell i forhold til høstpløyd ruter (209 g/daa).

Gjennomsnittlig årlig tap av løst fosfat viser, som for jordtapet, ingen signifikante forskjeller mellom behandlinger. Det var i gjennomsnitt 58 g/daa fra vårpløyd ruter og ca. 70 g/daa fra høstpløyd ruter med og uten høstkorn.

Gjennomsnittlig tap av nitrogen viser heller ingen signifikant forskjell mellom behandlinger.

Nitrogentapet er i gjennomsnitt ca. 1,6 kg/daa fra vårpløyd ruter, og rundt 2,1 kg/daa fra høstpløyd ruter med og uten høstkorn.

Basert på de syv forsøksårene er det ikke vist noen statistisk signifikant forskjell mellom behandlinger når det gjelder avrenning og tap av jord og næringsstoffer.

Analyser av plantevernmidler i overflate- og drengavrenning fra et sprøyteregime med bruk av både ugras- og soppmidler tilpasset henholdsvis høsthvete, bygg og havre startet i 2019 og gjennomføres i 2020, 2021 og 2022. De påviste konsentrasjonsnivåene for enkelte av ugras- og soppmidlene er såpass høye at det gir grunnlag for en tett videre oppfølging av målingene. Det må imidlertid påpekes at vi måler her konsentrasjonen i kanten av en forsøksrute og det er forventet av konsentrasjonsnivået i resipienten (her: nærliggende bekk) vil være fortennnet sett i forhold til disse konsentrasjonene. En vurdering av funn av plantevernmidler i overflateavrenning og grøftevann sett i forhold til jordarbeidingen på forsøksrutene vil gjennomføres for det totale datasettet som foreligger først etter sesongen 2021/2022.

Referanser

- Bechmann, M.E.; Bøe, F. Soil Tillage and Crop Growth Effects on Surface and Subsurface Runoff, Loss of Soil, Phosphorus and Nitrogen in a Cold Climate. *Land* 2021, 10, 77.
<https://doi.org/10.3390/land10010077>
- Bechmann, M., Kværnø, S.H. og Eklo, O.M., 2015. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport **2014-2015** for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO-rapport vol. 1 nr. 80, 66 s. ISBN 978-82-17-01544-4; ISSN 2464-1162.
- Bechmann, M., Starkloff, T., Kværnø, S., Eklo, O.M. og Tveiti, G. 2017. Kjelle avrenningsforsøk – årsrapport **2016-2017** for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 3(148), 47s. ISBN 978-82-17-01985-5.
- Bechmann, M., Starkloff, T., Eklo, O.M. og Tveiti, G. 2019. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport **2017-2018** for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 5(26).
- Bechmann, M., Bøe, F., Stenrød, M. 2020. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport **2018-2019** for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 6(18). 42 pp.
- Bechmann, M. Bøe, F., Stenrød, M. og Tveiti, G. 2021. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport **2019-2020** for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 7(9).
- Breewmsma, A., Reijerink, J.G.A. og Schoumans, O.F. 1995. Impact of manure on accumulation and leaching of phosphate in areas of intensive livestock farming. P. 239-249. In K. Steele (red.) *Animal waste and the land water interface*. Lewis publication-CRC Press, New York.
- Hauken, M., Kværnø, S., Bechmann, M., Tveiti, G. og Eklo, O.M. 2015. Etablering av Kjelle jordarbeidingsforsøk – Ruteforsøk med måling av overflate- og grøfteavrenning. Bioforsk rapport 10(33). 50s.
- Kværnø, S.H., Bechmann, M., 2010. Strømningsveier for vann, partikler og næringsstoffer i jord. *VANN* 45(2):177-190.
- Kværnø, S., Bechmann, M., Eklo, O.M., Tveiti, G., Bolli, R. 2017. Kjelle avrenningsforsøk. Årsrapport **2015-2016** for jordarbeidingsforsøk på lav erosjonsrisiko. NIBIO rapport 3(41) 55s.
- Skøien, S., Børresen, T. og Bechmann, M. 2012. Effects of tillage methods on soil erosion. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B. Soil and plant Science*. Vol 62, Suppl. 2 191-198.

Etterord

Vi takker Kjelle videregående skole for det gode samarbeidet og for alle bidrag til prosjektet. Dessuten takker vi referansegruppen for nyttige innspill, og takk for de økonomiske bidragene fra Landbruksdirektoratet og fra Haldenvassdraget vannområde.

Nøkkelord:	Jordarbeiding, klima, erosjon, suspendert stoff, fosfor, løst fosfat, nitrogen, plantevernmidler, ruteforsøk
Key words:	Soil tillage, climate, erosion, suspended sediments, phosphorus, phosphate, nitrogen, pesticides, runoff plots

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.