



Oppdatert faggrunnlag for redusert fosforutslipp fra husdyrproduksjonene i Rogaland

– Vurderinger til bruk i arbeidet med gjødselregelverket

Rapporten er utarbeidet av Harald Volden, NMBU, i samarbeid med:

Helga Hellesø,
Rogaland Landbrukspark/NLR Rogaland

Jørn Viste,
bonde

Målfrid Grødem Njærheim,
NLR Rogaland

Stein Lima,
Felleskjøpet Rogaland Agder

Håkon Pedersen,
NLR Rogaland

Monica Dahlmo,
Statsforvalteren i Rogaland

Norolf Husveg,
Tine Rådgiving og Medlemsservice

Sammendrag

Dette prosjektet er gjennomført på oppdrag fra Arbeidsgruppe gjødselregelverk i Rogaland. Formålet har vært å fremskaffe oppdatert kunnskap omkring fosforbalanser i jord og på gårdsnivå som grunnlag for nytt gjødselregelverk. Dette er gjort ved å studere utviklingen over tid for innholdet av fosfor i grovfôret og i jorda. Det er også gjennomført avlingsregistreringer på et utvalg gårder med melkeproduksjon, og sammenholdt funnet av grovfôravlinger med tidligere undersøkelser. Basert på forslag til ny norm for én gjødseldyrenhet (GDE), og oppdatert kunnskap om utskillelse av fosfor i gjødsel og urin hos ulike dyregrupper, er det gjort konsekvensberegninger for nye spredearealkrav. Disse er sammenlignet med dagens gjødselregelverk og forslag til nytt. Næringsregnskap på gårdsnivå gir mulighet for å vurdere effekten av ulike tiltak for å redusere fosforbelastningen. I prosjektet er det ved bruk av NLR-Kretsløpstolken beregnet næringsregnskap på syv gårder som driver storfeproduksjon i kombinasjon med enten svin eller sau. Basert på resultatene i prosjektet er det foreslått ulike tiltak som vil øke utnyttelsen og redusere bruken av fosfor i landbruket i Rogaland.

Resultater fra prosjektet og oppdaterte avlingstall fra SSB viser at uttaket av fosfor gjennom grasavlingene (3,6 kg per daa) er større enn det som er vist i tidligere undersøkelser. Det betyr at balansepunktet for fosfor er høyere enn de 2,5 og 2,1 kg fosfor per daa fra husdyrgjødsel som ligger i forslaget til nytt spredearealkrav fra henholdsvis Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet. Et høyere uttak av fosfor funnet i denne undersøkelsen skyldes både høyere grovfôravlinger og fosforinnhold i grovfôret. Prosjektet har hatt tilgang på jordanalyser fra Rogaland i perioden 2004 til 2020 for å vurdere innholdet og utviklingen over tid, av fosfor målt som P-AL. De viser et høyt innhold av P-AL i jord, og at gjennomsnittet (19 milligram per 100 gram jord) har vært uendret i perioden 2004 til 2020. Jordanalysene prosjektet har hatt tilgang til er sammenholdt med tidligere analyser i tidsserier fra 1965 til 2022. Resultatene er sammenfallende, og viser at innholdet av fosfor i jorda målt som P-AL har vært uendret i de siste 55 årene.

Oppdatert kunnskap om fosforinnhold i kraftfôret, behov hos husdyrene og fôringstrategier viser at det er mulig å redusere utskillelsen av fosfor i gjødsel og urin. Ved å sammenligne oppdatert kunnskap med dagens GDE-norm og spredearealkrav, vil en justering av fosforinnholdet i kraftfôret øke fosforuttaket og fosforutnyttelsen, noe som tilsvarer et spredearealkrav på 3 kg fosfor per daa. Basert på fôringsstrategier og produksjonsdata fra 2021 viser næringsregnskapet for de syv gårdene et gjennomsnittlig fosforoverskudd på 0,64 kg per daa. Etter at ulike tiltak er identifiserte, viser beregningene at det er mulig å komme ned på 0,21 kg fosfor per daa. De viktigste tiltakene er redusert innhold av fosfor i kraftfôret, og et bedre grovfôr som gir rom for mer korn i fôrrasjonen på bekostning av importerte proteinråvarer.

Prosjektet har identifisert 9 tiltak på gårdsnivå som gjør det mulig å øke utnyttelsen av fosfor og redusere miljøbelastningen. Rapporten viser at det er viktig med en helhetlig tilnærming, og å se sammenhengene mellom plante- og husdyrproduksjonene. Hvis ikke er det risiko for å fatte beslutninger på feil grunnlag og få suboptimale løsninger.

Våre beregninger viser at ved å øke GDE-normen fra 14 til 15 kg fosfor per år, og senke fosforkravet til 3,0 kg per daa, vil vi oppnå om lag samme behov for spredeareal som i dag, når innholdet av fosfor i kraftfôret og fôringsstrategier justeres. Samtidig viser våre data (avlingsregistrerte i 2021) at uttaket av fosfor gjennom grovfôravlingene i gjennomsnitt er 3,5 kg per daa.

Det betyr at et gjødselkrav på 3,0 kg per daa over tid vil bedre fosforbalansen. For at bonden skal kunne ta ut en positiv gevinst av ulike tiltak er det viktig med en mer differensiert og dynamisk GDE-tabell som fanger opp tiltakene næringa iverksetter for å øke fosforutnyttelsen og redusere fosforbelastningen til jorda. GDE-tabellen bør derfor ligge utenom forskriften, slik at den kan justeres i tråd med nye tiltak og kunnskap.

Forord

Arbeidsgruppe gjødselregelverk ble opprettet i Rogaland i 2018, etter oversendelsen av forslag til nytt gjødselregelverk fra Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet til de respektive departementene. Arbeidsgruppen består i dag av de fleste organisasjonene og bedriftene tilknyttet landbruket i Rogaland: Fatland, Felleskjøpet Rogaland Agder, Fjørfelaget, Forum Ku, Frivillige tiltak i landbruket, Jæren Rekneskapslag, Jær-kommunene, NIBIO Særheim, NLR Rogaland, Nortura, Rogaland Bonde- lag, Rogaland Landbrukspark, Prima Brands, Produsentforeningen i Q-meieriene og TINE.

Arbeidsgruppe gjødselregelverk opprettet en faglig prosjektgruppe i mai 2021. Prosjektgruppen fikk ansvar for å utarbeide oppdatert faggrunnlag for redusert fosforutslipp fra husdyrproduk- sjonene i Rogaland til bruk i arbeidet med gjødselregelverket.

Prosjektet har vært ledet av Helga Hellesø, Rogaland Landbrukspark/NLR Rogaland, og er gjennomført sammen med Norolf Husveg, Tine Rådgiving og Medlemsservice, Stein Lima, Felleskjøpet Rogaland Agder, Målfrid Grødem Njærheim og Håkon Pedersen, NLR Rogaland, og Jørn Viste, bonde. NMBU har vært engasjert som forskningsinstitutt, og Harald Volden har hatt ansvaret for det forskningsmessige arbeidet. Statsforvalteren i Rogaland ved Monica Dahlmo har også bidratt i arbeidet.

Rogaland fylkeskommune, Rogaland Landbruksselskap, Landbruksråd Rogaland og Forum Ku har støttet prosjektet økonomisk.

Innhold

1. Innledning	5
2. Dagens regelverk	6
2.1 Gjødseldyrenheter og krav til spredeareal	6
2.2 Forslag til endringer i regelverket	6
2.3 Konsekvenser for Rogaland	7
2.4 Konsekvenser for Rogaland på mikronivå	7
3. Fosfor i grovfôr og kraftfôr – konsekvens for spredearealet i Rogaland	9
3.1 Fosforinnhold i grovfôr og kraftfôr	9
3.1.1 Fosforinnhold i grovfôr	9
3.1.2 Fosforinnhold i kraftfôr	11
3.2 Konsekvenser for spredearealet	13
4. Avlingsregistreringer på et utvalg av gårder	18
5. Utvikling over tid av fosforinnholdet i jord i Rogaland	23
6. Utvikling i fosforinnhold og miljøkvalitet i vassdragene i Rogaland (Jæren)	28
7. Næringsstoffbalanser på gårdsnivå ved bruk av NLR-Kretsløpstolken	29
7.1 Vurdering av datakvalitet i analysen og beskrivelse av gårdene	29
7.2 Beregnet fosforbalanser på gårdsnivå	31
8. Hvordan redusere fosforbelastningen fra storfeproduksjonen i Rogaland	35
8.1 Tiltak i husdyrproduksjonen	36
8.2 Tiltak i planteproduksjonen	37
9. Konklusjon og videre oppfølging	40
Vedlegg 1 - Effekt av fosfor i kraftfôret på behovet for fosfor i grovfôret og utskillelsen i gjødsel og urin	43
Vedlegg 2 - NLR-Kretsløpstolken. Næringsstoffrekneskap for å dokumentere fosforbalansar på gårdsnivå	50

1. Innledning

Arbeidet med revisjonen av gjødselregelverket begynte alt i 2008-09. Bakgrunnen er de internasjonale forpliktelsene til vannmiljø. Disse kommer fram i Nitratdirektivet, Nordsjøavtalene og EUs rammeverk for vann. Arbeidet med å hindre avrenning til vann er et prioritert område i landbrukspolitikken, noe Stortinget har stilt seg bak.

Revisjonsarbeidet har tatt tid, da man har manglet oppdatert kunnskap på flere områder. I løpet av årene har man fått på plass et større kunnskapsgrunnlag, noe dette prosjektet også skal bidra til.

Dagens gjødselregelverk bygger på balansegjødsling for fosfor som prinsipp. Det vil si at lovlig tilført mengde fosfor tilsvarer forventet opptak av fosfor i avlingen. I arbeidet med å utarbeide eksisterende gjødselregelverk anbefalte flere fagpersoner, etter nøye vurderinger, at dette burde være et bærekraftig prinsipp når lovlig mengde spredd husdyrgjødsel per daa skulle lovfestes (pers. kommentar Geir Paulsen).

Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet ga delt innstilling til skjerpa spredearealkrav i sitt oversendelsesdokument til Landbruks- og matdepartementet (LMD) og Klima- og miljødepartementet (KLD) i mars 2018. Bakgrunnen for delt innstilling var flere rapporter, bla. NIBIO-rapport nr. 131 2016 «Utredning av forslag til forskriftskrav om tillatt spredemengde av fosfor i jordbruket» (Øgaard et al., 2016). Denne beskriver fosforbalansene på jordbruksjord ved ulike regelverkskrav. Avlingstall fra SSB, brukt som beregningsgrunnlag, viser for Rogaland en nedgang for årene 2010-2015 sammenlignet med årene før og etter. Denne endringen i avlingstall blir ikke diskutert, men brukt som utgangspunkt for å beregne et fosforoverskudd i vårt fylke. Utredningen bruker 711 kg tørrstoff per daa som grunnlag, noe som har blitt oppfattet som lavt for vårt fylke. Beregnet fosforoverskudd skal, ifølge rapporten, føre til opphoping av fosfor i jorda uttrykt som P-AL-tall (plante-tilgjengelig fosfor). For innhold av fosfor i gras benyttet Øgaard et al. (2016) et innhold på 3,0 gram per kg tørrstoff, mens andre undersøkelser har vist at innholdet i Rogaland ligger på et høyere nivå. Avlingsnivå og fosforinnhold i grovfôr påvirker fosforbalansen, og hvilke tall som benyttes er svært sentralt når framtidig gjødselregelverk skal vurderes.

Prosjektet skal bidra med oppdatert kunnskap som skal være en del av grunnlaget for beslutningen om framtidig spredearealkrav for husdyrgjødsel. Prosjektet skal belyse alternative tiltak for å ta vare på klima og miljø enn svært strenge spredearealkrav. Videre skal det også bidra til at vi greier å holde oppe matproduksjonen.

På denne bakgrunnen har prosjektet hatt følgende hovedmål:

Hovedmålet med prosjektet har vært å styrke det faglige grunnlaget ved revidering av gjødselregelverket.

Prosjektet har følgende delmål:

- Vurdere fosforinnhold i grovfôr og kraftfôr med konsekvenser for spredeareal.
- Oppdatere avlingstall for grovfôr i Rogaland.
- Undersøke hvordan fosforinnholdet i jorda har utviklet seg over tid, og sammenholde funna med forventet økning i lettløslig fosfor (P-AL) ut fra antatt fosforoverskudd ved dagens balansegjødsling og regelverk.
- Undersøke og vurdere fosforbalansen på gårdsnivå ved bruk av NLR-Kretsløpstolken, for å vurdere dette som mulighetsrom for opprettholdelse og eventuell økt matproduksjon.
- Foreslå tiltak for å redusere fosforutslipp fra husdyrproduksjonene ut fra oppdatert kunnskap.

2. Dagens regelverk

2.1 Gjødseldyrenheter og krav til spredeareal

Bruk av husdyrgjødsel omfattes av forskrift av 4. juli 2003 nr. 951 om gjødselvarer mv. av organisk opphav. Forskriften slår fast at det skal være tilstrekkelig disponibelt areal for spredning av husdyrgjødsel, minimum 4 dekar fulldyrket jord per gjødseldyrenhet. En gjødseldyrenhet (GDE) er i forskriften definert til å tilsvare utskilt mengde på 14 kg fosfor i husdyrgjødsel. I dagens regelverk skal gjødselen fra én GDE minimum fordeles på fire dekar, noe som tilsvarer 3,5 kg fosfor per daa. Bruk av fosforholdig mineralgjødsel er ikke regulert i dagens forskrift. Balansert gjødsling er viktig for å unngå akkumulering av fosfor i jorda, og hvor mye fosfor som blir fjernet via avlingen er et sentralt punkt.

2.2 Forslag til endringer i regelverket

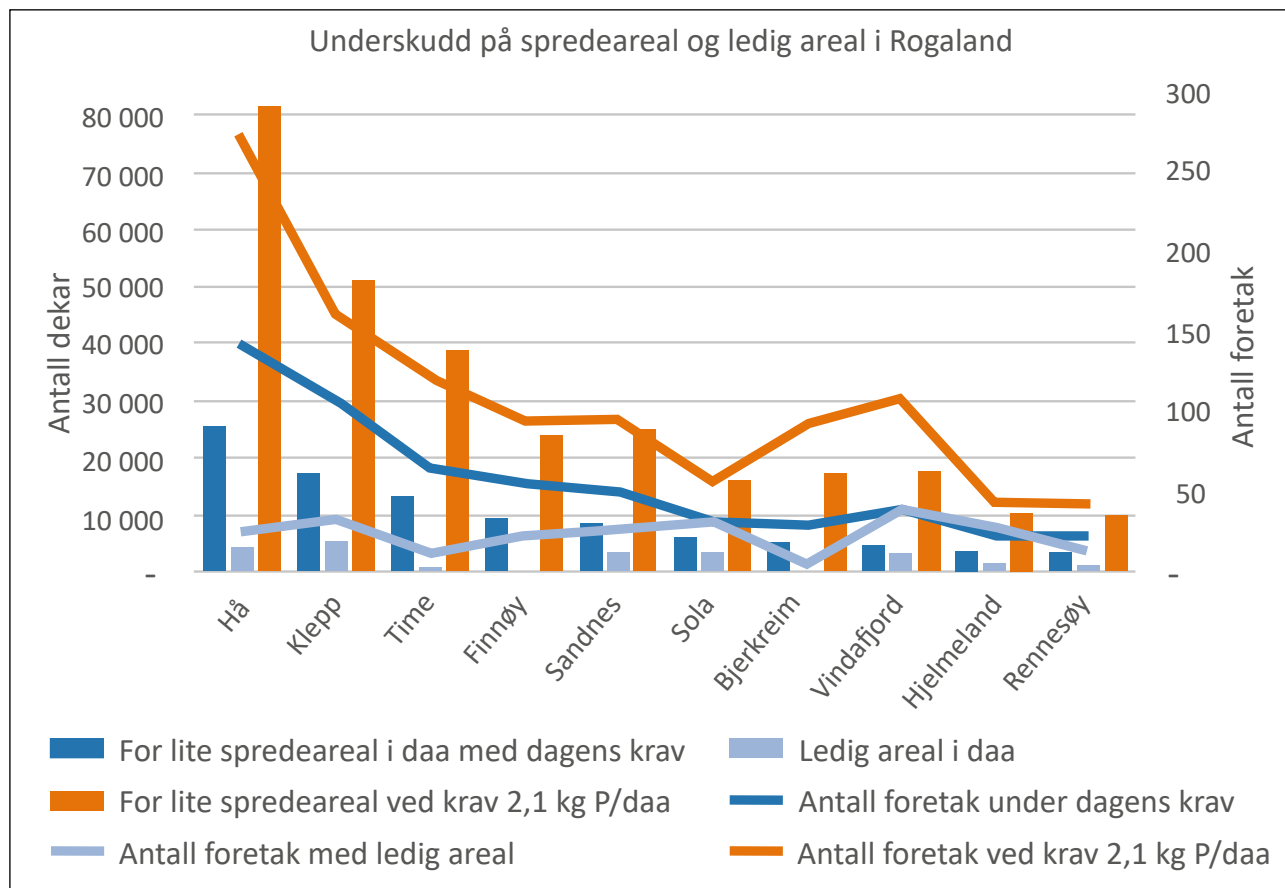
I 2018 presenterte Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet et forslag til revisjon av gjødselvarerforskriften. Forslaget er at gjødselvarerforskriften blir erstattet av to forskrifter; en gjødselvarerforskrift og en gjødselbrukforskrift. For gjødselbrukforskriften har Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet kommet med hver sine forslag til krav til spredemengde. Tabell 1 viser utdrag fra de foreslåtte endringene som har betydning for denne rapporten. I forslaget til ny gjødselbrukforskrift foreslås mengde fosfor per GDE økt fra 14 til 15 kg. Bakgrunnen for økningen er beregningene publisert av Karlengen et al. (2012) som viser at en økning i avdråtsnivået hos melkeku har ført til et høyere utslipp av fosfor i gjødsel og urin. Begge direktoratene anbefaler i sine forslag til ny forskrift krav til lavere mengde fosfor per daa, og dermed et større krav til spredeareal. Det er verdt å merke seg at begge direktoratene ønsker å se på kombinasjonen av husdyrgjødsel og handelsgjødsel ved fastsetting av grenseverdier, og Landbruksdirektoratet ønsker også å inkludere nitrogen i gjødselbrukforskriften.

Tabell 1. Utdrag av foreslåtte endringer til nytt regelverk i gjødselbrukforskriften fra Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet. Kilde: Oppsett etter Hjelt et al. (2021)

Virkeområde	Dagens forskrift	Forslag til ny forskrift	
§ 22	Bruk av gjødselvarer skal inngå i gjødslingsplan jf. Forskrift om gjødslingsplanlegging	Bruken skal følge av en gjødslingsplan	
§ 24 (1) Spredeareal	Spredning av gjødselvarer kan bare skje på godkjent spredeareal. Fulldyrket og overflatedyrket jord	Inkluderer innmarksbeitearealer så langt de mottar tilskudd til drift av jordbruksareal, jf. forskrift av produksjonstilskudd. Mot vassdrag – etterlate en ugjødslet sone på minst 2 meter. På innmarksbeite – minst 6 meter mot vassdrag. Ingen krav om spredemetode.	
§ 24 (2) Oppjustering av normtall – gjødseldyrenheter (GDE)	En GDE tilsvarer utskilt mengde fosfor på om lag 14 kg i husdyrgjødselen.	Nytt kunnskapsgrunnlag legger til grunn at fosformengden per GDE har økt fra 14 kg til 15 kg fosfor.	
		Landbruksdirektoratet	Miljødirektoratet
§ 24 Spredemengde	4 daa per GDE tilsvarer 3,5 kg fosfor per dekar	3 kg fosfor/daa på fulldyrka/overflatedyrka areal. Tilsvarer 5 daa/GDE. Innen 5-7 år. 2 kg fosfor/daa på innmarksbeiter, 7,5 daa/GDE. Innen 5-7 år. Maksverdi på 3,5 kg fosfor/daa og 35 kg nitrogen/daa ved kombinasjon med mineralgjødsel/andre kommersielt omsatte gjødselvarer. Innen 10 år en grense på 2,5 kg fosfor/daa, 6 daa/GDE og maks 3 kg fosfor/daa ved kombinasjon husdyrgjødsel og mineralgjødsel.	Går bort fra kravet til spredeareal i forhold til GDE, og skal reguleres mest mulig uavhengig av gjødselslag. Maksimalt 2,4 kg/fosfor/daa/år – innen 5 år. På sikt en maks grense på 2,1 kg fosfor/daa/år. Gis unntak når kravet ikke treffer og vil gå ut over avlingsnivå. Strengere/supplerende krav i nedbørsfelt.

2.3 Konsekvenser for Rogaland

På oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet har NIBIO vurdert konsekvensene av forslaget til innstrammingene av spredeareal i rapporten Samfunnsøkonomisk effektiv håndtering av økt gjødseloverskudd (Hjelt et al., 2021). Rogaland er det fylket som mangler mest spredeareal, og har også flest kommuner som kommer dårlig ut. Med 5 dekar per GDE vil 891 foretak i Rogaland mangle spredeareal, og over 1382 foretak vil ha for lite areal ved størst innstramming til 7,1 dekar per GDE (Hjelt et al., 2021). Endringene i spredearealkravet vil derfor føre til utfordringer for flere driftsenheter, og får konsekvenser for om lag 30 % av alle foretakene i Rogaland.



Figur 1. En framstilling av de 10 kommunene med høyest underskudd av spredeareal i Rogaland. Underskudd på spredeareal er framstilt for dagens krav og for Miljødirektoratet sitt strengeste krav. Foretak med ledig areal (uten husdyr) er også tatt med i figuren. Kilde: Samfunnsøkonomisk effektiv håndtering av økt gjødseloverskudd. NIBIO-rapport nr. 50, 2021.

Redusert dyrehold vil ha store ringvirkninger for kommunene Hå, Time og Klepp. Disse har store skatteinntekter direkte fra primærleddet, men også fra landbruksindustrien. Reduksjoner i disse inntektene kan i neste omgang føre til dårligere tjenestetilbud for innbyggerne i kommunene.

2.4 Konsekvenser for Rogaland på mikronivå

Jæren Rekneskapslag har beregnet de økonomiske konsekvensene på 10 representative heltidsbruk. De har ulike produksjoner, og ligger i kommunene Klepp, Time, Hå, Gjesdal, Sandnes og Finnøy. Beregningene er gjort ved henholdsvis 5 og 6 dekar per GDE i spredeareal (Tabell 2). Tallmaterialet som er brukt, er basert på regnskapstallene til de enkelte brukene. En skjerping av spredearealkravet med fra 4 til 6 dekar per GDE vil få store økonomiske konsekvenser for 6 av de 10 undersøkte brukene. Konsekvensene er størst for bruk med melk og kraftfôrkrevende tilleggsproduksjoner. De driver intensiv grovfôrproduksjon på et relativt lite areal. Beregningene viser at det er spesielt Jæren, med kommunene Klepp, Time og Hå, som rammes (Selmer Wathne, personlig meddelelse; Jæren Rekneskapslag, [Nyhetsbrev November nr 5 2021.pdf](#) (jaerengrl.no)).

Tabell 2. Endringer i driftsresultatet på 10 bruk i Rogaland ved skjerpet spredearealkrav.

Kilde: Jæren Rekneskapslag.

Bruk	Produksjon	5 daa per GDE	6 daa per GDE
1	Melkeku og slaktekylling	-25 %	-55 %
2	Melkeku, sau og verpehøns	-15 %	-50 %
3	Melkeku og gris-kombinert	-15%	-50 %
4	Melkeku og verpehøns	-10 %	-40 %
5	Melkeku og slaktegris	-20 %	-35 %
6	Melkeku og slaktegris	0	-30 %
7	Melkeku, slaktegris og sau	0	-5 %
8	Ammeku og verpehøns	0	0
9	Melkeku og sau	0	0
10	Melkeku, ammeku og sau	0	0

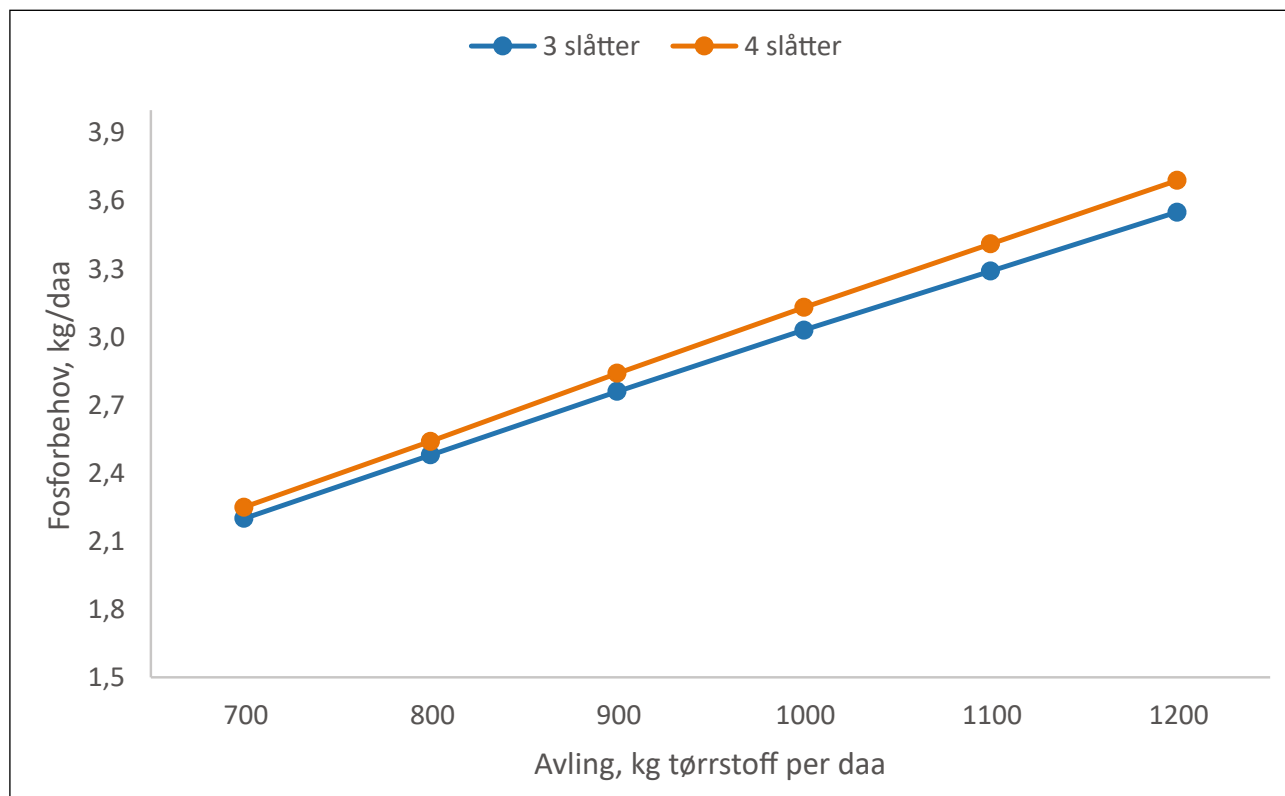
3. Fosfor i grovfôr og kraftfôr – konsekvens for spredearealet i Rogaland

3.1 Fosforinnhold i grovfôr og kraftfôr

3.1.1 Fosforinnhold i grovfôr

Grovfôret i Rogaland består i hovedsak av surfôr fra gras og gras-kløver basert eng. Fosforinnholdet er bestemt av planteart, grasart, utviklingsstadium og tilgang fra plantetilgjengelig fosfor via gjødsling eller fra lager i jorda. I gras vil fosforinnholdet normalt være i intervallet 2,5 til 5 gram per kg tørrstoff. Kløver, og da spesielt hvitkløver, har litt høyere fosforinnhold enn gras, og for begge planteartene går innholdet ned med økt utviklingsstadium (senere høsting) hovedsakelig som et resultat av en lavere bladandel i plantene. Hverken kløver eller gras har et stort luksusopptak av fosfor, noe som betyr at fosforinnholdet i plantene er bestemt av plantenes vekstintensitet og forholdet mellom blad og stengler. Ungt gras med mye bladmasse og i rask vekst har et høyere innhold av fosfor enn gras på et senere utviklingsstadium som har en høyere andel stengler. Gjødslingsstyrke med fosfor eller jordas fosforinnhold vil ha liten betydning for fosforinnholdet i gras og kløver så lenge tilførselen dekker plantenes minimumsbehov. Derimot kan gjødsling med nitrogen, indirekte påvirke fosforinnholdet ved at nitrogen påvirker forholdet mellom blad og stengler, proteininnhold og veksthastighet.

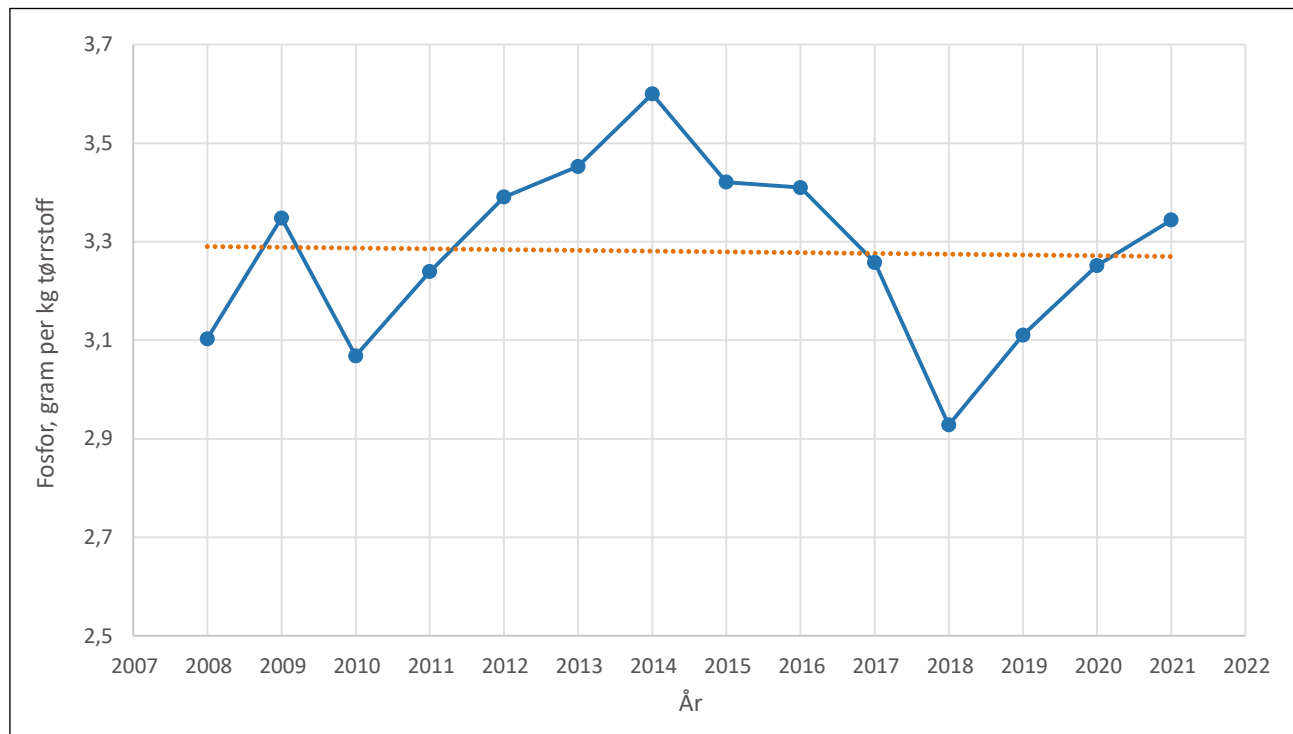
Basert på NIBIO sine normtabeller for fosfor til eng (<https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslings-handbok/gjodslingsnormer/6.eng-og-forvekster>) kan det utledes ligninger for beregning av fosforbehovet ved ulike avlinger og høstinger (Figur 2). I figuren er fosforbehovet beregnet som brutto-behov, dvs. uten korreksjon for jordstatus.



Figur 2. Bruttobehovet for fosfor til eng (kg per daa) ved varierende avling og antall slåtter.

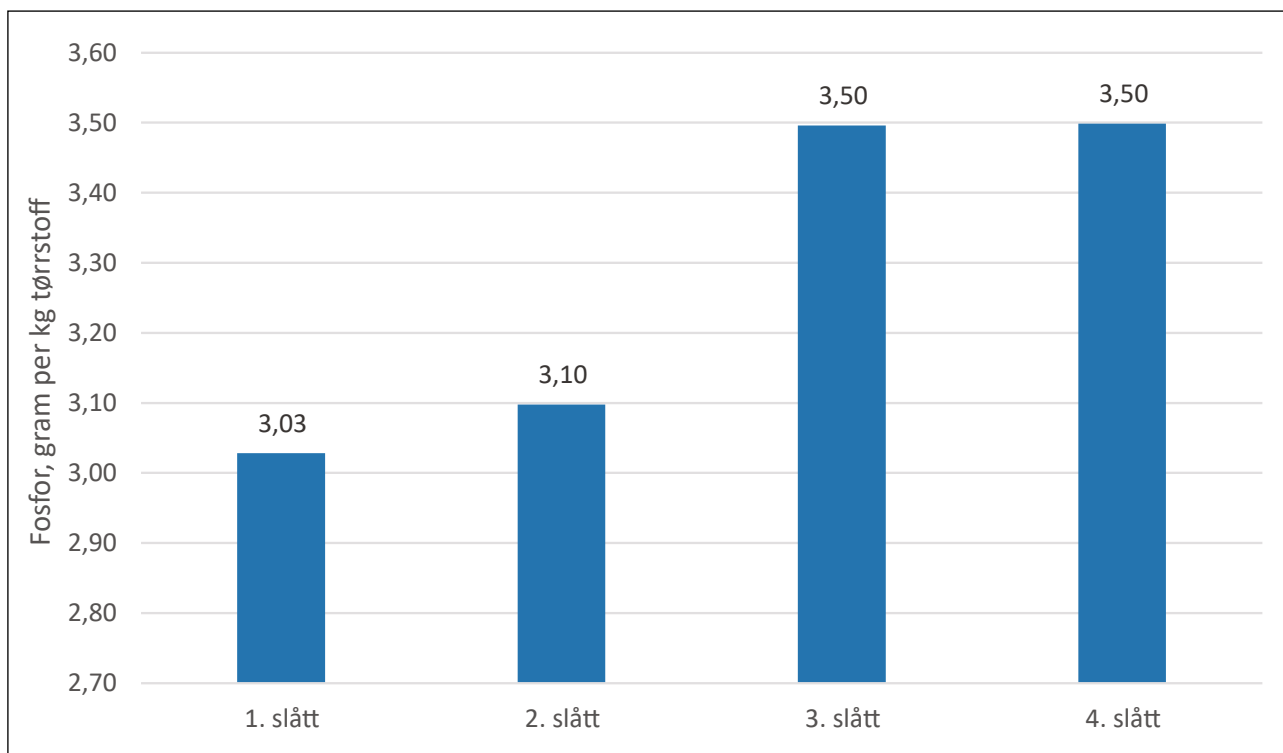
Ved en avling på 1000 kg tørrstoff per daa vil fosforbehovet eksempelvis være 3,0 og 3,2 kg per daa ved henholdsvis 3 og 4 slåtter.

For å studere utviklingen av fosfor i grovfôret over tid i Rogaland er det i prosjektet hentet ut fôranalyser fra NorFor sin fôrdatabase FAS. Datamaterialet består av 4095 grovfôranalyser av grassurfôr samlet inn over en periode på 14 år og representerer 796 unike gårder som driver med melkeproduksjon. I den statistiske analysen er gård lagt inn som en tilfeldig effekt og det er tatt hensyn til hvilken slått grovfôranalysen representerer. Det skyldes at datamaterialet er ubalansert med hensyn til antall prøver for hver slått. I datamaterialet er det 2473, 1163, 418 og 41 prøver av henholdsvis første, andre, tredje og fjerde slått. Figur 3 viser årlig gjennomsnittlig fosforinnhold i grasbasert eng i perioden 2008 til 2021.



Figur 3. Gjennomsnittlig fosforinnhold per år i grassurfôr i perioden 2008 til 2021. Stiplet linje viser trend over år.

Den statistiske analysen viser at det er signifikante forskjeller mellom år, men at det ikke er noen signifikant trend i utviklingen. Det er spesielt årene 2010, 2014 og 2018 som skiller seg ut. Gjennomsnittlig fosforinnhold på tvers av år er 3,3 gram per kg tørrstoff, og er 14 % høyere enn landsgjennomsnittet i samme periode basert på 13819 analyser fra NorFor FAS (Ingunn Schei, TINE Rådgiving, personlig meddelelse). Figur 4 viser fosforinnholdet for de ulike slåttene på tvers av år. Første og andreslått skiller seg ut med et signifikant lavere fosforinnhold enn tredje og fjerdeslått.



Figur 4. Fosforinnhold i grassurfôr i ulike slåtter i gjennomsnitt for perioden 2008 til 2021.

I studier brukt til å beregne fosforbalanser i jord er det i NIBIO Rapport nr. 131 (Øgaard et al., 2016) benyttet et fosforinnhold på 3,0 gram per kg tørrstoff. I studien av Hanserud et al. (2016) hvor det ble beregnet fosforbalanser i jord for vurdering av gjødslingspotensialet med fosfor fra husdyrgjødsel og biorest, ble det benyttet et fosforinnhold i grovfôret på 2,6 gram per kg tørrstoff. Det er vesentlig lavere enn observert i vår studie og også lavere enn det nasjonale gjennomsnittet (2,9 gram per kg tørrstoff) for perioden 2009-2021. I en studie av Antikainen et al. (2005) fra Finland, som benytter de samme grasartene som i Norge ble det benyttet et fosforinnhold i grassurfôr på 3,1 gram per kg tørrstoff ved beregning av fosforbalanser i finsk jordbruk.

Siden innholdet av fosfor er påvirket av slått nummer er det viktig å se verdiene opp mot fordelingen av avlingsmengde for hver slått. Basert på et datasett med ulike slåttestrategier (Volden, upublisert) ble det funnet at i et 3-slått system utgjorde avlingsmengden fra førsteslått i gjennomsnitt 36 % av totalavlingen og i et 4-slått system utgjorde førsteslått 30 %. Denne forskjellen bør hensyntas ved beregning av fosforbalanser.

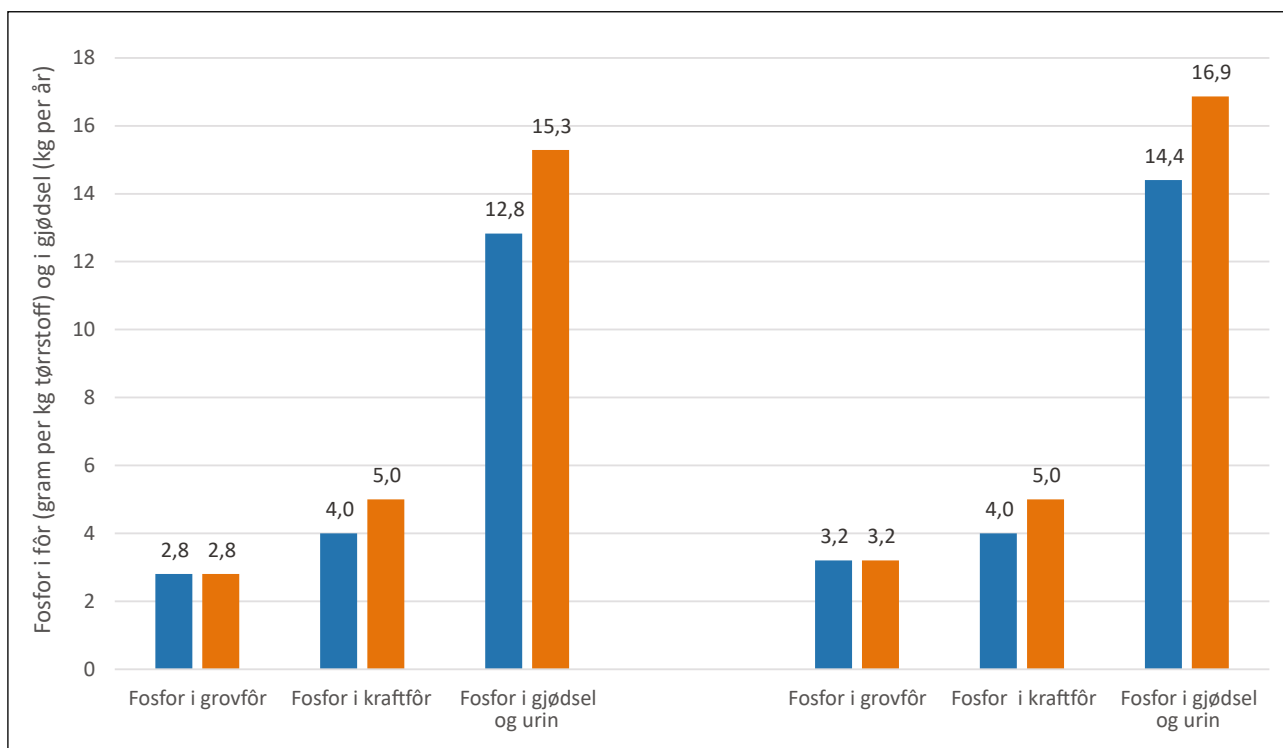
I vårt prøvemateriale ble det funnet en signifikant positiv sammenheng mellom innholdet av råprotein og fosfor ($r = 0,66$), noe som viser at gras i intensiv vekst med et høyt proteininnhold har et høyere innhold av fosfor.

En konklusjon fra denne delen av studien er at fosforinnholdet i grasbasert eng i Rogaland er høyt og høyere enn landsgjennomsnittet. Innholdet har ikke endret seg de siste 14 årene. Ved beregning av fosforbalanser er det viktig å hensynta geografiske variasjoner i fosforinnhold i grovfôret.

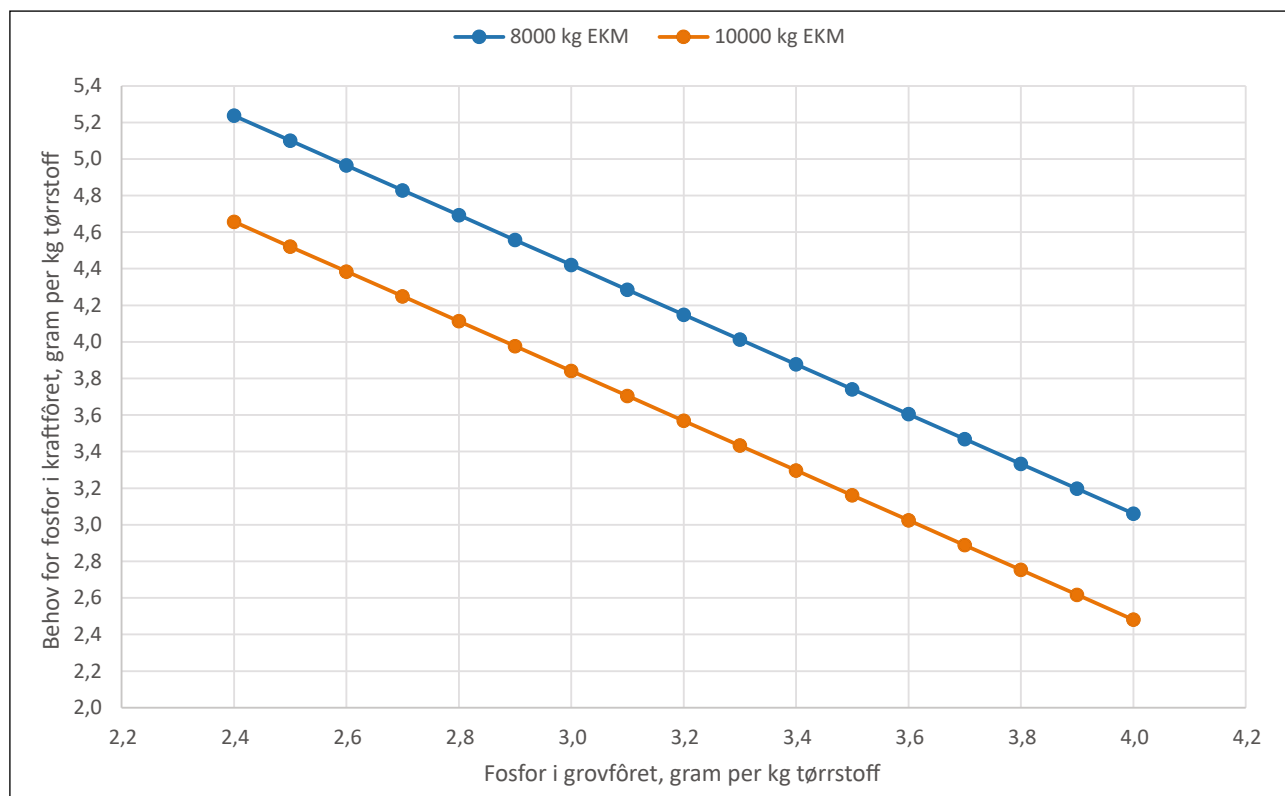
3.1.2 Fosforinnhold i kraftfôr

Fosfor i kommersielle kraftfôrblandinger stammer fra innhold i de ulike fôrråvarene inkludert rene mineralråvarer. Innhold av fosfor i råvarene varierer betydelig, og høyest innhold finner man i typiske proteinråvarer som raps og soya. En fôrråvare som betefiber har et lavt innhold (Tabell 3). Fosforinnholdet i kommersielle kraftfôrblandinger er standardisert via tilsetning av ekstra mineraler, og innholdet er 4,5 til 5,5 gram per kg tørrstoff.

Landbruksdirektoratets og Miljødirektoratets forslag til endring av mengde fosfor per GDE hos melkeku er basert på beregninger av Karlengen et al. (2012) hvor mengde fosfor utskilt i gjødsel og urin hos storfe er basert på simuleringer med fôrvurderingssystemet NorFor (Volden, 2011). NorFor er et dynamisk mekanistisk fôrvurderingssystem som beregner behovet for fosfor til ulike livsytringer (vedlikehold, melk, fosterproduksjon, tilvekst/mobilisering), samt at det beregner utskillelsen av fosfor i gjødsel og urin, og muliggjør å vurdere fôrets utnyttelse av fosfor. I simuleringene til Karlengen et al. (2012) ble det lagt til grunn et fosforinnhold i grovfôret på 2,8 gram per kg tørrstoff og 5,0 gram per kg tørrstoff i kraftfôret. På oppdrag fra Felleskjøpet Rogaland Agder er det gjennomført nye simuleringer for å vurdere hvordan innholdet av fosfor i kraftfôret og grovfôret påvirker utskillelsen av fosfor i gjødsel og urin hos melkeku. Resultatene er i sin helhet presentert i Vedlegg 1. I simuleringene er det benyttet 4,0 og 5,0 gram fosfor per kg tørrstoff i kraftfôret og 2,6, 3,0 og 3,4 gram fosfor per kg tørrstoff i grovfôret. I beregningsgrunnlaget er det benyttet to grovfôrkvaliteter med ulikt energiinnhold (0,82 og 0,92 FEm per kg tørrstoff) for å oppnå fôrrasjoner med forskjellig forhold mellom grovfôr og kraftfôr. Fôrrasjonene er optimert for å dekke dyrenes behov for energi og protein samtidig som behovet for fosfor dekkes. Behovet er basert på fôrvurderingssystemet NorFor (Volden, 2011). Figur 5 viser beregnet mengde fosfor utskilt i gjødsel og urin ved forskjellig innhold av fosfor i grovfôr og kraftfôr. Beregningene er gjennomførte ved en melkeytelse på 8500 kg som er på nivå med det nasjonale gjennomsnittet. Figuren viser at ved å redusere innholdet av fosfor i kraftfôret er det mulig å redusere utskillelsen av fosfor. En reduksjon på 20 % fosfor i kraftfôret reduserer utskillelsen med 15 %. Resultatene viser også at ved et nivå på 4 gram fosfor per kg tørrstoff er det mulig å komme under 15 kg fosfor per dyr og år, som er det nye foreslåtte nivået for 1 GDE. Hvordan behovet for fosfor i kraftfôret er påvirket av fosforinnholdet i grovfôret for å dekke fosforbehovet til melkeku er vist i Figur 6. Resultatene er vist for to ulike avdråtsnivåer. Figuren viser hvor viktig det er å kjenne innholdet av fosfor i grovfôret ved valg av kraftfôr for å få ned mengden fosfor skilt ut i gjødsel og urin. Et lavere behov for fosfor i kraftfôret med økt avdråtsnivå skyldes at behovet for kraftfôr øker med økt ytelse og vil derfor utgjøre en større del av fôrrasjonen.



Figur 5. Mengde (kg/år) fosfor utskilt i gjødsel og urin hos melkeku ved varierende innhold av fosfor i grovfôr og kraftfôr. Melkeytelsen benyttet i beregningene er 8500 kg per ku per år.



Figur 6. Krav til fosfor i kraftfôret ved forskjellig innhold av fosfor i grovfôret. Beregnet for melkeavdrætter på 8000 og 10000 kg energikorrigert melk (EKM) per år.

Tabell 3. Innhold av fosfor (gram per kg tørrstoff) i kraftfôrråvarer. Verdier fra NorFor FAS (<https://www.norfor.info/feed-table/>)

Fôrmiddel	Fosfor, g/kg tørrstoff
Bygg	4,0
Havre	3,8
Hvete	4,1
Mais	3,2
Betefiber	1,0
Hvetekli	11,6
Rørmelasse	0,8
Soyamjøl	6,4
Rapsmjøl	12,9
Maisgluten mjøl	5,5
Erter	4,6
Åkerbønner	6,1
Rapsfrø	7,6

3.2 Konsekvenser for spreddearealet

I kraftfôrindustrien pågår en kontinuerlig produktutvikling for å levere kraftfôrblandinger som gir høy fôrutnyttelse. Til enmaga dyr (svin og fjørfe) blir kraftfôrblandingen tilsatt enzymet fytase for å øke utnyttelsen av fosfor. Det gjør det mulig å redusere innholdet i fôret og samtidig dekke dyrenes fosforbehov. Samtidig skjer det en utvikling av nye fôringsstrategier og en genetisk utvikling av dyrematerialet som gir en økt fôrutnyttelse. I forslag til nye gjødselsforskrifter baseres mengder gjødsel og utskillelse av nitrogen, fosfor og kalium hos ulike dyreslag på Karlengen et al. (2012) Siden dette er et arbeid som ligger 10 år tilbake i tid er det rimelig å gjøre en vurdering av forutsetningene som er brukt. Vi har der-

for for svin og fjørfe gjort nye vurderinger for utskilling av fosfor i gjødsel og urin basert på nye opplysninger om fosfor i kommersielle kraftfôrblandinger og rapportert fôrforbruk i husdyrkontrollen InGris. For melkeku er resultatene i Vedlegg 1 lagt til grunn. Tabell 4 viser en oppsummering av resultatene for utskillelsen av fosfor for svin og fjørfe for våre beregninger sammenlignet med Karlengen et al. (2012). Nedenfor er det gitt en vurdering av tallgrunnlaget brukt i beregningene.

Tabell 4. Utskillelse av fosfor i gjødsel og urin hos svin og fjørfe. Verdiene er oppgitt som gram.

Produksjon	Karlengen et al.	Basert på oppdaterte produksjonstall
Smågris, per dyr	56,5	44,0
Purke, per årspurke	4468	4988
Slaktegris, per dyreplass per år	1487	1229
Livkylling, per dyreplass per år	36,7	33,7
Verpehøner frittgående, per dyr per år	127,6	123,2
Verpehøner miljønnredning, per dyr og år	127,6	120,3
¹ Slaktekylling, per dyreplass per år	41,2	37,9
² Slaktekylling Ross 308, per dyreplass per år	38,6	35,7
² Slaktekylling Hubbard, per dyreplass per år	47,7	45,1
Broiler breeder, per dyreplass per år	208,7	209,7

¹Beregnet etter modellen beskrevet av Karlengen et al. (2012). Uavhengig av rase ²Beregnet etter modellene beskrevet i Karlengen et al. (2012), men justert for tilvekst og fremfôringstid. Se tekst for forklaring.

Smågris. I våre beregninger er det benyttet et forforbruk på 1,7 FEn (fôrenheter netto) per kg tilvekst basert på resultater fra Ingris mot 1,85 benyttet av Karlengen et al. (2012). Innholdet av fosfor i kraftfôrblandingen er det samme som i Karlengen et al. (2012).

Purker. I beregningene er det benyttet et innhold av fosfor i purkefôr på 4,56 gram fosfor per FEn mot 4,0 i Karlengen et al. (2012). Avvente smågris per purke er 28,9 smågris mot 23,2 i Karlengen et al. (2012).

Slaktegris. I sammenligningsgrunnlaget er det for begge benyttet et fôrforbruk på 2,7 FEn per kg tilvekst. I beregningene er det brukt et gjennomsnittlig innhold av fosfor i fôr til slaktegris på 3,65 g per FEn mot 4,0 g i Karlengen et al. (2012).

Livkylling. I begge beregningene er det brukt et fôrforbruk på 5,1 kg kraftfôr per kylling. Veid gjennomsnittlig innhold av fosfor i kraftfôrblandingen til kylling er 5 gram per kg mot 5,5 gram benyttet av Karlengen et al. (2012).

Verpehøner frittgående. I vår vurdering har vi valgt å skille mellom frittgående verpehøner og verpehøner i miljønnredning. Karlengen et al. (2012) skiller ikke på produksjonsform. Det er benyttet 1,99 kg kraftfôr per kg egg og et innhold av fosfor i kraftfôret på 4,5 gram per kg. Basert på data fra Verpekontrollen har frittgående høns et fôrforbruk på 2,04 kg kraftfôr per kg egg. Veid gjennomsnittlig innhold av fosfor i kraftfôret er 4,0 gram per kg.

Verpehøner i miljønnredning. Tall fra Verpekontrollen i 2021 viser et fôrforbruk på 1.98 kg kraftfôr per kg egg. Veid gjennomsnittlig innhold av fosfor i kraftfôret er 4,0 gram per kg.

Slaktekylling. I rapporten til Karlengen et al. (2012) er det benyttet et fôrforbruk på 2,25 kg kraftfôr per kg slakt og et innhold av fosfor i kraftfôret på 5,1 gram per kg. Endring i avlsmaterialet gir en økt fôrutnyttelse og i våre beregninger er det benyttet 2,20 kg kraftfôr per kg slakt og et veid gjennomsnittlig innhold av fosfor i kraftfôret på 4,8 gram per kg. Vi har også gjort beregninger for to ulike raser. For Ross 308 er det brukt en slaktevekt på 1500 gram (fôrforbruk på 2,2 kg kraftfôr per kg slakt) mot 1600 gram

brukt av Karlengen et al. (2012). For Hubbard er slaktevekt oppgitt til 1600 gram og fôrforbruk på 2,62. For begge rasene er det brukt 6,2 innsett per år (Bogsti, 2018).

Broiler breeder. En har lagt til grunn en eggproduksjon på 12 kg for 40 uker. Fôrforbruk til eggproduksjon er satt til 44 kg pluss et tillegg på 4 kg for haner og 5,5 kg for perioden fra 18 –25 uker. Innhold av fosfor i kraftfôr brukt av Karlengen et al. (2012) er 4,5 g fosfor pr kg tørrstoff. I vår beregning er det brukt et veid gjennomsnittlig fosforinnhold i kraftfôret på 4,54 gram per kg.

I både svin og fjørfeproduksjonen er det svært god kontroll på innholdet av fosfor i fôret og fôrforbruket. Det gir sikre tall på utskillelsen av fosfor i husdyrgjødsel. Tabell 4 viser at for flere av produksjonene er det et lavere utslipp av fosfor enn det som kom frem i Karlengen rapporten. Årsaken er at innholdet av fosfor i kraftfôret til disse produksjonene er redusert frem til i dag, og at det er en noe høyere forutnyttelse. Unntaket er for purker der det i Karlengen rapporten er brukt samme innhold av fosfor i kraftfôret til purker som slaktegris. Når fytase er tilsatt i fôret er utnyttelsen av fosfor 50 % (Karlengen et al., 2012). En metastudie fra 2014 (Bougouin et al., 2014) viser en høyere effekt (55 %), noe som gir grunnlag for å redusere fosforinnholdet i fôret ytterligere.

Tabell 5 viser hvordan effekten av endret fosforinnhold i fôret og fôrutnyttelse påvirker kravet til spredeareal. Utgangspunktet for sammenligningen er dagens regelverk som er 3,5 kg fosfor per daa og at én GDE er fordelt på 4 daa. I beregningene er det tatt utgangspunkt i et gitt dyretall som representerer én besetning. Beregningene viser at redusert innhold av fosfor i kraftfôret og endret fôrutnyttelse har stor effekt på kravet til spredeareal. Eksempelvis vil arealbehovet for slaktegris reduseres med 50 % selv med en økning i GDE kravet fra 14 til 15 kg per GDE. For slaktekylling reduseres behovet med 41 % og for melkeku 16 %. For melkeku vil en reduksjon i fosforinnholdet med 10 % redusere kravet til spredeareal med 17 %. Tilsvarende tall for ungdyr og ammeku er 10 %. Hvordan behovet for spredeareal blir påvirket av henholdsvis Landbruksdirektoratets og Miljødirektoratets forslag til kg fosfor per daa er vist i henholdsvis Tabell 6 og 7. For verpehøner er oppstalling i miljøinnredning lag til grunn da oppstallingsmåte (Tabell 4) viser liten forskjell i utskillelse av fosfor.

Tabell 5. Effekten av nye normtall (15 kg fosfor per GDE), fosforinnhold i kraftfôret og fôrutnyttelse på kravet til spredeareal. Sammenlignet med dagens regelverk.

Dyrekategori	Antall dyr	¹ Dagens normtall, 3,5 kg per daa		² Nye normtall, 3,5 kg per daa		³ Nye normtall og grunnlag, 3,5 kg per daa	
		Dyr per GDE	Areal-krav, daa	Dyr per GDE	Areal-krav, daa	Dyr per GDE	Areal-krav, daa
Purker	105	3	140	2,5	168	3	140
Slaktegris	2100	20	420	30	280	53	210
⁴ Slaktekylling	280000	1750	640	2200	509	2459	455
⁵ Slaktekylling Ross 308	280000	1750	640	2200	509	2586	433
⁵ Slaktekylling Hubbard	280000	1750	640	2200	509	2055	545
⁶ Verpehøner	7500	100	300	115	261	125	246
Livkylling	80000	690	464	1000	320	1176	272
Melkeku	40	1	160	1,07	150	1,2	133
Ungdyr	40	3	53	3,2	49	3,6	48
Ammeku	35	1,5	93	1,6	87	1,8	83

¹Dagens normtall, 14 kg fosfor per GDE; ²Nye normtall, 15 kg fosfor per GDE; ³Nye normtall og grunnlag, 15 kg fosfor per GDE og endret fosforinnhold i kraftfôret og fôrutnyttelse. ⁴Beregnet uavhengig av rase. Modeller fra Karlengen et al. (2012).

⁵Beregnet for to raser med ulik veksthastighet og fremfôringstid. ⁶Gjelder for verpehøner i miljøinnredning.

Tabell 6. Effekten av Landbruksdirektoratets krav til fosfor per daa på behovet for spredeareal for ulike dyrekategorier. Nye normtall (15 kg fosfor per GDE) og med endret fosforinnhold i kraftfôret og fôrutnyttelse.

Dyrekategori	Antall dyr	3,5 kg per daa	3,0 kg per daa		2,5 kg per daa	
		Dagens regelverk, daa	¹ Nye normtall	² Oppdatert grunnlag	¹ Nye normtall, daa	² Oppdatert grunnlag
Purker	105	140	210	175	252	210
Slaktegris	2100	420	350	263	420	315
³ Slaktekylling	280000	640	636	569	764	683
⁴ Slaktekylling Ross 308	280000	640	636	541	764	650
⁴ Slaktekylling Hubbard	280000	640	636	681	764	818
⁵ Verpehøner	7500	300	326	307	391	360
Livkylling	80000	464	400	340	480	408
Melkeku	40	160	200	167	240	200
Ungdyr	40	53	67	56	80	67
Ammeku	35	93	117	97	140	117

¹Nye normtall, 15 kg fosfor per GDE; ²Oppdatert grunnlag for innhold av fosfor i kraftfôr og fôrutnyttelse. ³Beregnet uavhengig av rase. Modeller fra Karlengen et al. (2012). ⁴Beregnet for to raser med ulik veksthastighet og fremføringstid.

⁵Gjelder for verpehøner i miljøinnredning.

Tabell 7. Effekten av Miljødirektoratets krav til fosfor per daa på behovet for spredeareal for ulike dyrekategorier. Nye normtall (15 kg fosfor per GDE) og med endret fosforinnhold i kraftfôret og fôrutnyttelse.

Dyrekategori	Antall dyr	3,5 kg per daa	2,4 kg per daa		2,1 kg per daa	
		Dagens regelverk, daa	¹ Nye normtall	² Oppdatert grunnlag	¹ Nye normtall, daa	² Oppdatert grunnlag
Purker	105	140	263	219	300	250
Slaktegris	2100	420	438	328	500	375
³ Slaktekylling	280000	640	795	712	909	813
⁴ Slaktekylling Ross 308	280000	640	795	677	909	773
⁴ Slaktekylling Hubbard	280000	640	795	852	909	973
⁵ Verpehøner	7500	300	408	375	466	428
Livkylling	80000	464	500	425	571	486
Melkeku	40	160	250	208	286	238
Ungdyr	40	53	83	69	95	79
Ammeku	35	93	146	122	167	139

¹Nye normtall, 15 kg fosfor per GDE; ²Oppdatert grunnlag for innhold av fosfor i kraftfôr og fôrutnyttelse. ³Beregnet uavhengig av rase. Modeller fra Karlengen et al. (2012). ⁴Beregnet for to raser med ulik veksthastighet og fremføringstid. ⁵Gjelder for verpehøner i miljøinnredning.

En økning av GDE-normen fra 14 til 15 kg fosfor, og samtidig redusere innholdet av fosfor i kraftfôret, vil gi om lag samme krav til spredeareal som dagens regelverk dersom kravet til fosfor senkes til 3,0 kg fosfor per daa. En ytterligere reduksjon vil derimot gi en dramatisk økning i kravet til spredeareal. Unntaket er slaktegris som selv ved et krav på 2,1 kg fosfor per daa vil gi et lavere krav til spredeareal. Grunnlaget og bakgrunnen for dagens arealkrav for slaktegris er noe uklart. I dag er kravet 20 slaktegris per GDE og det er basert på et utslipp av fosfor på 0,7 kg per slaktegris ($14/0,7=20$). I Karlengen et al. (2012) er mengde utskilt fosfor per slaktegris oppgitt til 0,45 kg, noe som gir 31 slaktegris per GDE. Hva som gjør at man benytter 0,7 kg fosfor istedenfor 0,45 er uklart. Med 3,3 innsett per år gir det et utslipp på 1487 gram per slaktegris plass per år (Tabell 4). For slaktekylling har vi i tillegg til grunnlaget

fra Karlengen et al. (2012) valgt å beregne arealkravet også for to ulike raser da disse har ulik utskillelse av fosfor på grunn av forskjellig veksthastighet og fremføringstid. Siden man i dag ikke skiller mellom raser er det i Tabell 5 satt samme arealkrav for de to rasene ved dagens regelverk. En sentvoksende rase gir et høyere krav til spredeareal og eksempelvis ved et krav på 2,1 kg fosfor per daa vil Hubbard kyllingen gi et 25 % høyere krav til spredeareal enn Ross 308.

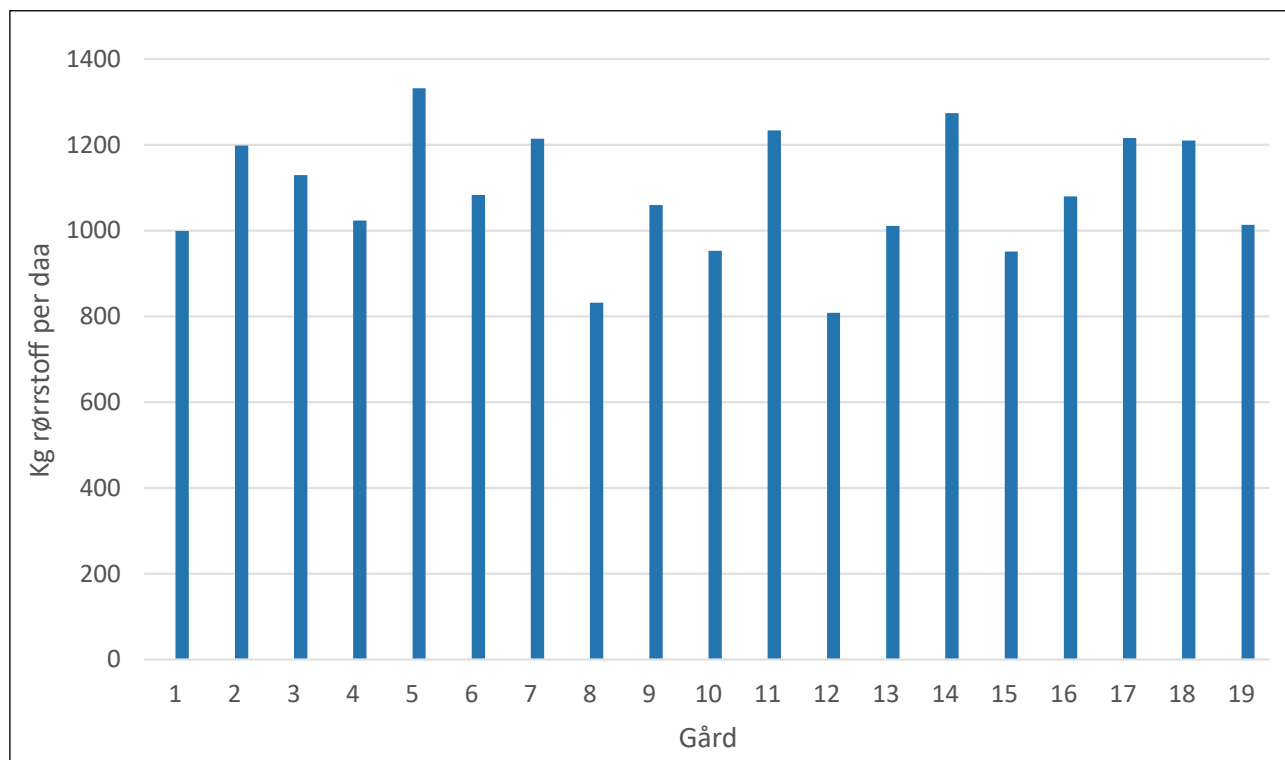
Våre beregninger viser at grunnlaget for GDE-normene bør gjennomgå en kontinuerlig revidering i takt med kunnskapsutviklingen i husdyrproduksjonen. Det er omfattende å revidere GDE-normene når disse er fastsatt i en forskrift. Et alternativ er at GDE-normene ligger utenfor forskriften og derfor kan oppdateres med jevne mellomrom uten at man trenger en forskriftsendring. Det bør fastsettes hvilken instans, for eksempel Landbruksdirektoratet, som har ansvaret for vedlikehold og ajourføring av oversikt over utskilt fosfor per dyreslag. Oversikten bør gjennomgås jevnlig. Et alternativ er å legge dette arbeidet til Teknisk beregningsutvalg for klimagassutslipp i jordbruket med et utvidet mandat til også å innbefatte miljøberegninger.

En konklusjon fra denne delen av studien er at det er mulig å redusere mengden fosfor i husdyrgjødsel ved å redusere innholdet av fosfor i kraftfôret. Et fosforkrav på 2,5 eller 2,1 kg per daa vil få dramatiske effekter på kravet til spredeareal. Dyremateriale, kunnskap om dyrenes næringsbehov og fôrteknologi oppdateres kontinuerlig og vil derfor påvirke utskillelsen av fosfor fra husdyrene. Derfor er det behov for en kontinuerlig vurdering og oppdatering av GDE-normene som grunnlag for fastsettelse av krav til spredeareal. GDE-tabellene bør derfor ligge utenfor forskriftene.

4. Avlingsregistrering på et utvalg av gårder

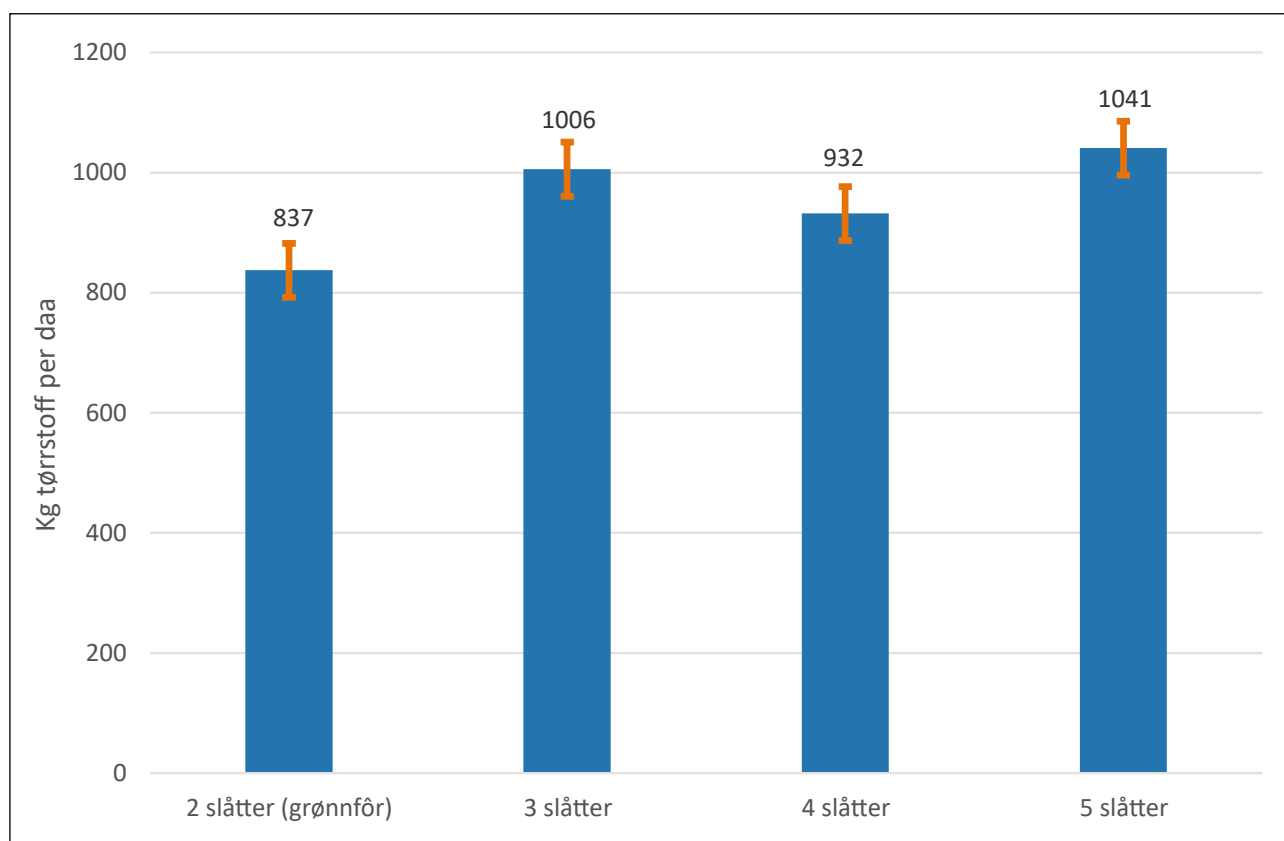
Gjødselplanlegging bygger på prinsippet om balansert gjødsling. Det innebærer at det er et samsvarende over tid mellom den mengden fosfor som blir tilført jorda som grunnlag for plantevekst, og den mengden med fosfor som bli ført bort med avlingen. Regelverket for mengde tillatt fosfor tilført via gjødsel må derfor sees i sammenheng med mengden fosfor som blir tatt bort med avlingen (Øgaard et al., 2016). Mengde fosfor tatt ut via avlingen er bestemt av to forhold, innholdet av fosfor i fôret og avlingsmengde. I prosjektet er det gjennomført avlingsregistreringer på 19 gårder med melkeproduksjon for å få et estimat på fosforavlingen på fulldyrka jord med grasproduksjon. Formålet med avlingsregistreringene er å få avlingsestimater fra praktiske dyrkingsforhold. Avlingsregistreringene er basert på høsting av grovfôret som rundballer, noe som gir grunnlag for en god avlingsregistrering. Høstestrategiene varierte mellom gårdsbruk og var enten basert på 3, 4 eller 5 slåtter med gras. På noen skifter ble det dyrket grønnfôr som dekkvekst med en grasslått etter høsting av grønnfôret. Dette benevnes som et to-slått system. Et utvalg av rundballer ble veid, og det ble tatt ut grovfôrprøve fra hver ball som ble slått sammen til en felles analyse for hver slått. Avlingsmengde er beregnet som kg tørrstoff per daa og totalt er det 122 observasjoner. Avlingen må betraktes som nettoavling da det ikke er tatt hensyn til tap av tørrstoff på jordet (eksempel drysstap) og tap under ensileringsprosessen. Tap på jordet ligger i størrelsesorden 5-35 % (<http://www.grovfoderverktyget.se/>). I den statistiske analysen er det tatt hensyn til ulikt antall skifter per gård som grunnlag for registreringene. Det er også tatt hensyn til antall slåtter for hver gård. På to av gårdene var det etterbeiting med sau på høsten og dette er også hensyntatt i den statistiske analysen. Avling er beregnet som høstet grassurfôr og som sum for alle slåtter, eventuelt korrigert for beiting (sau). Avlingsregistreringene er basert på vekstsesongen 2021.

Figur 7 viser avlingsnivået for de 19 gårdene. I gjennomsnitt var tørrstoffavlingen 1085 kg per daa, og det var signifikante forskjeller mellom gårdene. Høyeste avling ble målt til 1330 kg tørrstoff per daa og laveste til 810 kg tørrstoff per daa.



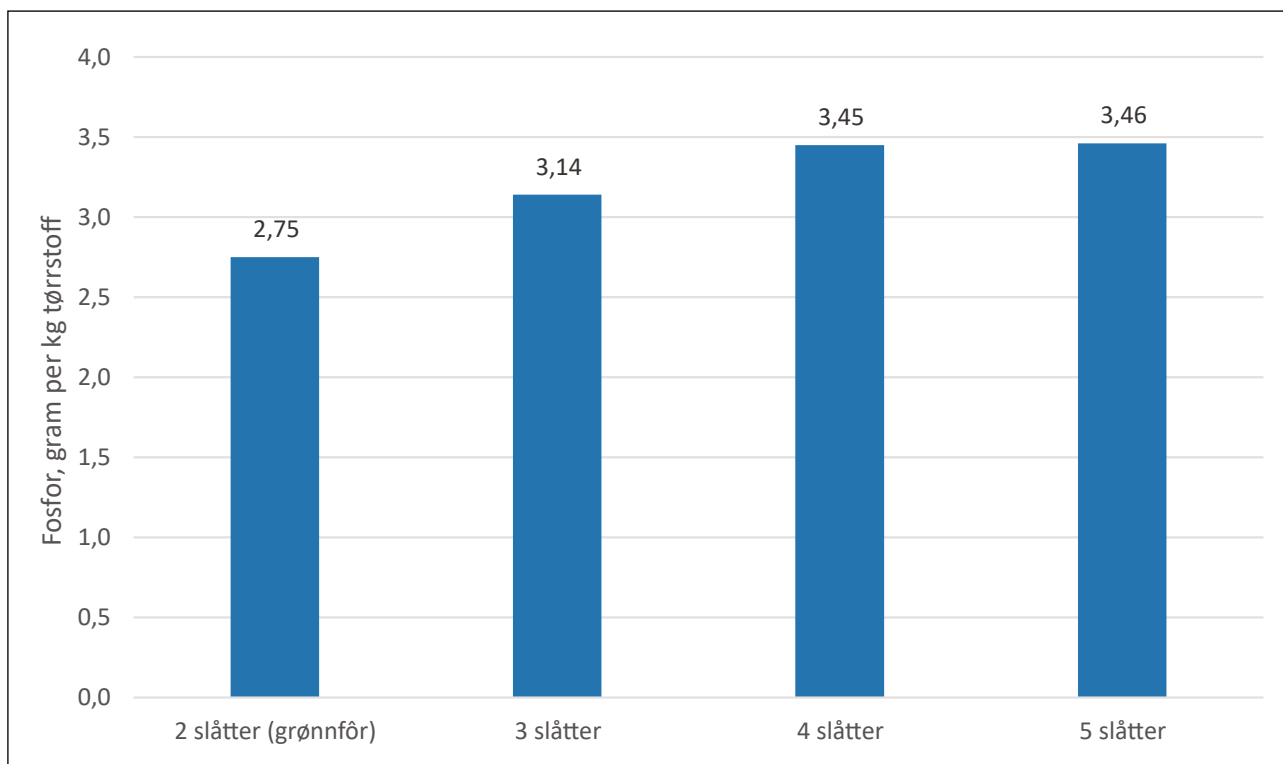
Figur 7. Målt avling som sum kg tørrstoff per daa for de 19 gårdene.

Med unntak av høstesystemet med grønnfôr i gjenleggsåret (2 slåtter) var det ikke signifikante forskjeller mellom et 3, 4 eller 5 slått system (Figur 8). Innen høstesystem varierte avlingsmengdene med ± 90 kg tørrstoff per daa.



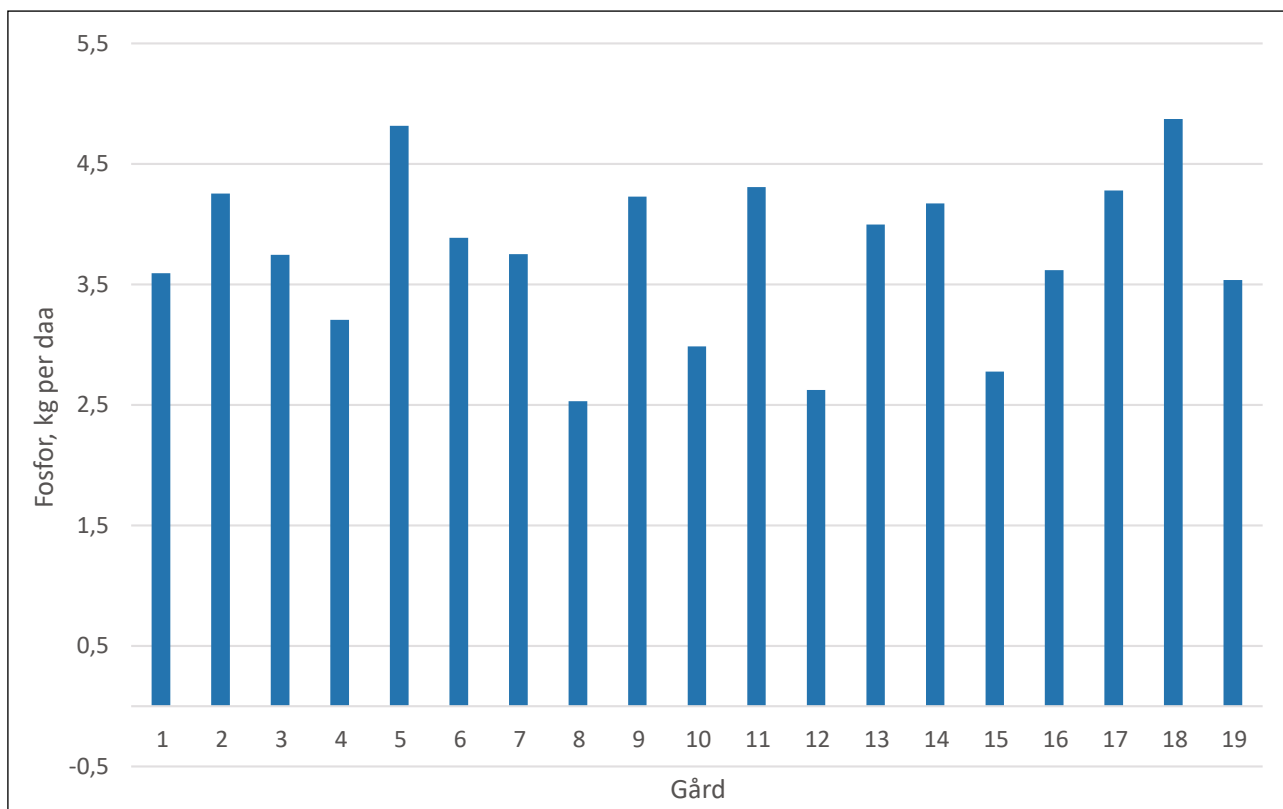
Figur 8. Avlingsmengder, kg tørrstoff per daa, for ulike høstestrategier. De oransje vertikale linjene er variasjonsbredden (standardfeil) på gjennomsnittsverdiene.

Det ble analysert for fosfor i grovfôret som grunnlag for beregning av fosforuttak med avlingen (Figur 9). Slåttesystemet med grønnfôr og én påfølgende grasslått ga et lavere fosforinnhold i surfôret, noe som skyldes at grønnfôr bestående hovedsakelig av korn som dekkvekst har et lavere fosforinnhold enn flerårig gras. Resultatene viste også en tendens til et høyere fosforinnhold i grovfôret for de som har et 4 og 5 slått system enn de som høster graset på 3 slåtter. Innholdet av fosfor var i gjennomsnitt 3,4 gram per kg tørrstoff i surfôr av eng, noe som er på samme nivå som vist i Figur 3 basert på NorFor FAS analyser.

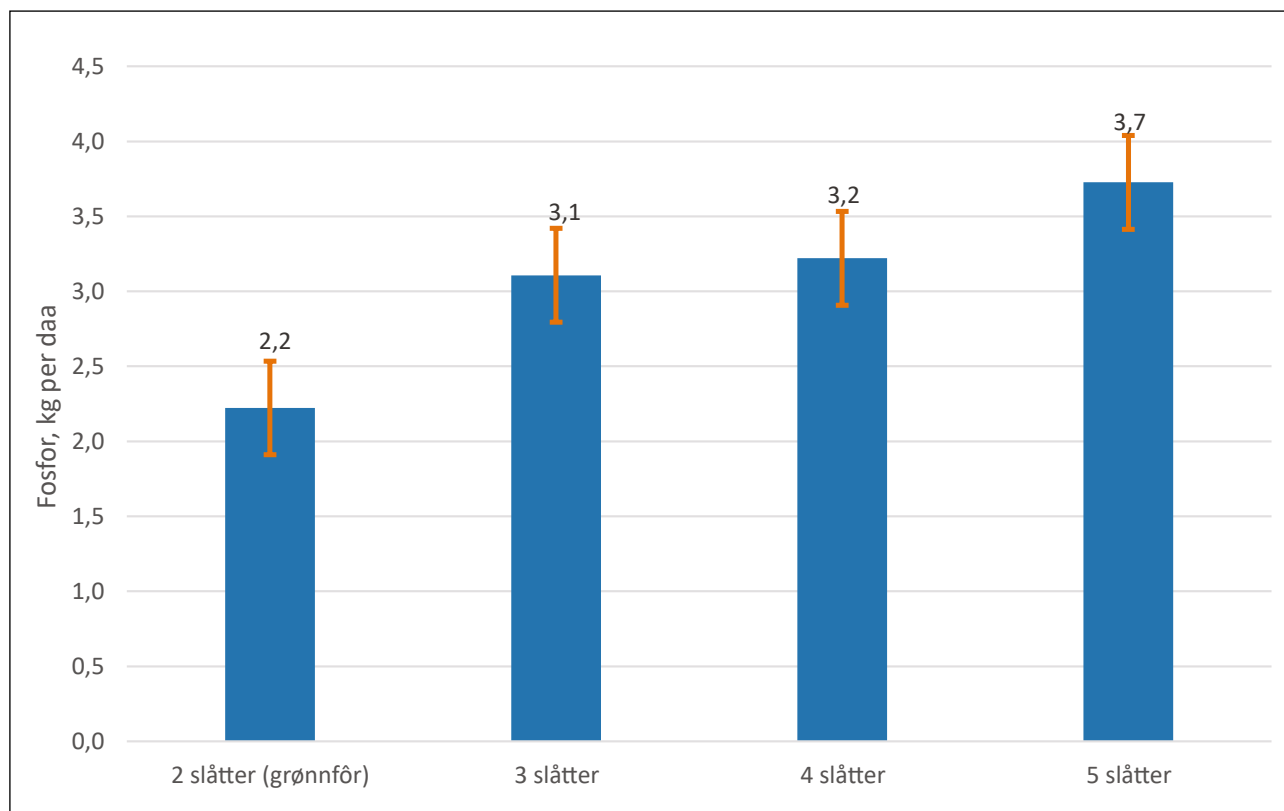


Figur 9. Innhold av fosfor i grovfôret på de 19 testgårdene fordelt på slåttessystem.

Uttaket av fosfor per daa for de 19 gårdene er vist i Figur 10. I gjennomsnitt ble det tatt ut 3,51 kg fosfor per daa, og det varierte fra 4,80 kg for gården med det høyeste uttaket til 2,50 kg for gården med det laveste uttaket. På 16 av de 19 gårdene var uttaket høyere enn 3 kg fosfor per daa. Hvordan valg av slåttestrategi påvirker uttaket av fosfor er vist i Figur 11. Et system med grønnfôr gir et lavere uttak på grunn av både lavere avling og lavere fosforinnhold i fôret. Resultatene viser et høyere numerisk uttak i et 5 slått system, men det er ikke statistisk signifikant.



Figur 10. Uttak av fosfor (kg/daa) gjennom engavlingen for 19 gårder i Rogaland



Figur 11. Uttak av fosfor (kg/daa) gjennom engavlingen for ulike høstestrategier. De oransje vertikale linjene er variasjonsbredden (standardfeil) på gjennomsnittsverdiene.

I henhold til NIBIO rapport 131 (Øgaard et al., 2016) er beregning av fosforbalanser (tilført fosfor med gjødsel minus fosfor fjernet med avling) et viktig kriterium for å vurdere ulike alternativer for restriksjoner på fosforgjødsling. Beregnet uttak av fosfor gjennom avlingen er bestemt av både fosforinnholdet i fôret og avlingsmengden. For de 19 gårdene i vår studie var variasjonen i fosforuttak 20 %, og variasjonen er større for avlingsmengde (14 %) enn for fosforinnhold (10 %). Det viser at registrering av grovfôravling er mer sensitiv for beregning av fosforuttak enn grovfôr-analysene. Ved beregning av fosforbalanser er det derfor viktig med gode avlingsestimater. I vår undersøkelse var gjennomsnittlig engavling 1085 kg tørrstoff per daa. I prosjektet grovfôr 2020 ble det i 2016 gjennomført avlingsregistreringer på 26 gårder i Rogaland. Gjennomsnittlig tørrstoffavling var 1030 kg tørrstoff per daa (Petter Klette, Tine Rådgiving, personlig meddelelse). Statistisk sentralbyrå (SSB) har fra 2022 endret sine beregningsmodeller for avlingsregistreringer, blant annet ved å ta hensyn til regionale analyser for tørrstoff i grovfôret. Nye avlingstall for Rogaland for årene 2020 og 2021 er rapportert til 1150 kg tørrstoff per daa. Ifølge SSB gir de nye avlingsmodellene en 30 % økning i estimert avlingsmengde for Rogaland. Avlingsregistreringene i vårt prosjekt, i Grovfôr 2020 og hos SSB er nettoavling. For fosfor er avlingstapet fra jordet til forbrettet lavt, og bruk av nettoavling gir liten feil ved beregning av fosforbalanse på jordet.

I NIBIO rapport 131 (Øgaard et al., 2016) er det utredet hvordan ulike strategier for fosforgjødsling påvirker fosforbalansen i eng. I beregningene for uttak av fosfor gjennom avlingen er det benyttet avlingstall fra SSB i perioden 1981 til 2001 og perioden 2010 til 2015. I beregningene er det forutsatt et innhold av fosfor i gras på 3 gram per kg tørrstoff. Tabell 8 viser avlingstall og fosforuttaket i avlingen for Rogaland basert på NIBIO rapport NR. 131 (Øgaard et al., 2016), fra vår egen undersøkelse på 19 gårdsbruk og en kombinasjon av oppdaterte avlingstall fra SSB og analyser av fosfor i grovfôr fra NorFor FAS i samme periode (Figur 3).

Tabell 8. Grasavlinger fra ulike kilder og beregnet uttak av fosfor gjennom avling

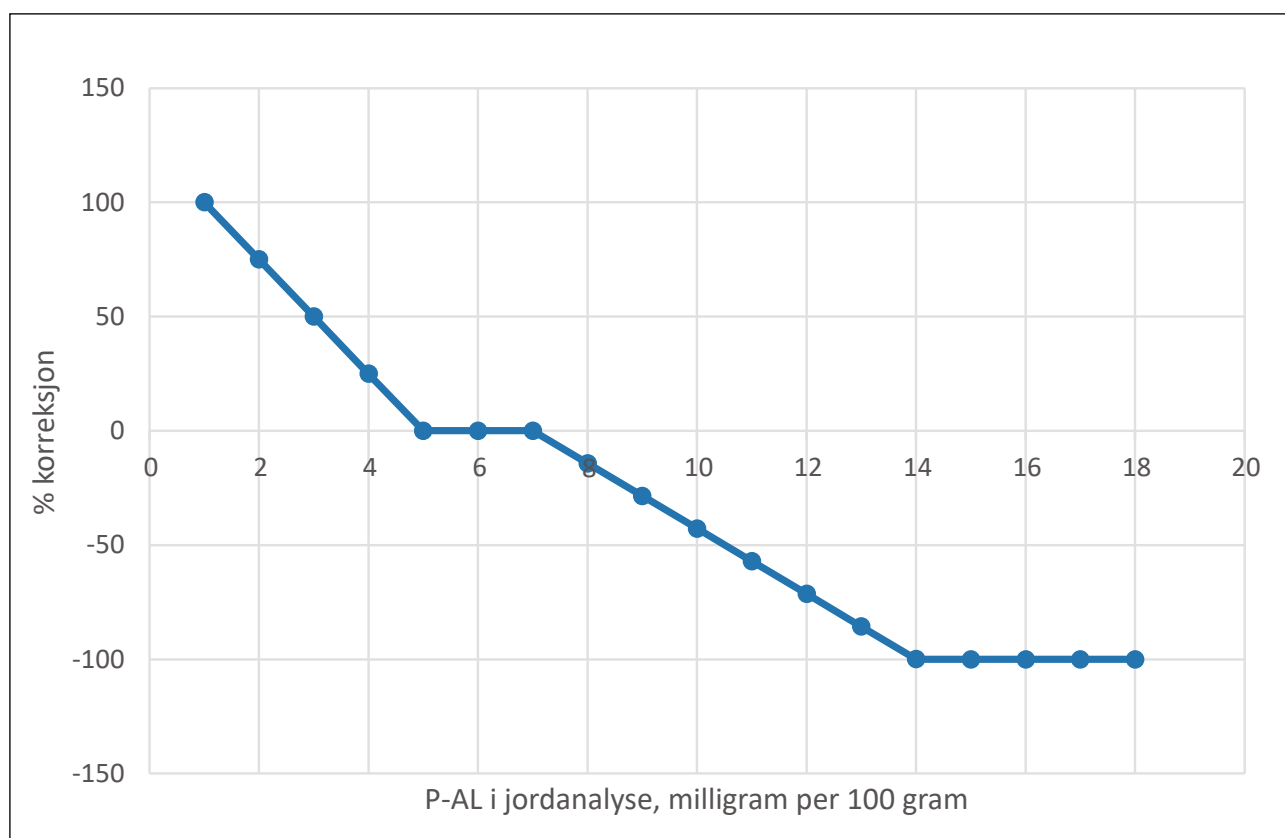
Kilde	Tidsperiode	Avling, kg tørrstoff per daa	Fosfor i gras, g/kg tørrstoff	Fosfor i avling, kg/daa
NIBIO rapport Nr. 131	1981-2001	976	3,0	2,9
NIBIO rapport Nr. 131	2010-2015	711	3,0	2,1
Egen undersøkelse	2021	1085	3,4	3,5
Statistisk sentralbyrå	2020-2021	1150	3,3	3,8

Basert på dagens forskrift for maksimal tilførsel av fosfor via husdyrgjødsel (3,5 kg per daa), og uten ekstra tilførsel av fosfor via handelsgjødsel, viser NIBIO utredningen (Øgaard et al., 2016) en fosforbalanse på henholdsvis +0,6 og +1,4 kg per daa i de to tidsperiodene, og konklusjonen er at dagens gjødslingspraksis gir et overskudd av fosfor. Basert på våre og oppdaterte avlingstall fra SSB er beregnet fosforbalanse med de samme forutsetningene som i NIBIO rapporten -0,2 og -0,3 kg fosfor per daa. Disse tallene indikerer at uttaket av fosfor gjennom avlingen er større enn det som ligger til grunn i tidligere rapporter og publikasjoner (Hansrud et al., 2015; Øgaard et al., 2016). Samtidig er det viktig å påpeke at et høyere uttak av fosfor gjennom avlingen automatisk ikke vil føre til redusert fosfortilførsel til jorda. Utnyttelsen av fosfor i ulike husdyrproduksjoner ligger i intervallet 30-50 % (McDonalds et al., 1996; Volden, 2011) og et mål om redusert fosforbelastning må derfor sees i kombinasjon med redusert innhold av fosfor i fôret og da spesielt i kraftfôr som omtalt i avsnitt 3.1.2. Uansett så er et høyt uttak av fosfor gjennom høye grovfôravlinger et viktig utgangspunkt for å bidra til et netto uttak av fosfor fra jorda.

En konklusjon fra denne delen av studien er at grasavlingene i Rogaland er høyere enn det som er lagt til grunn i tidligere rapporter for beregning av fosforbalanser i jord. Et høyere avlingsnivå observert i denne studien, og oppdaterte avlingstall fra SSB, viser at differansen mellom tilført fosfor og opptak av fosfor fra jord er om lag 0.

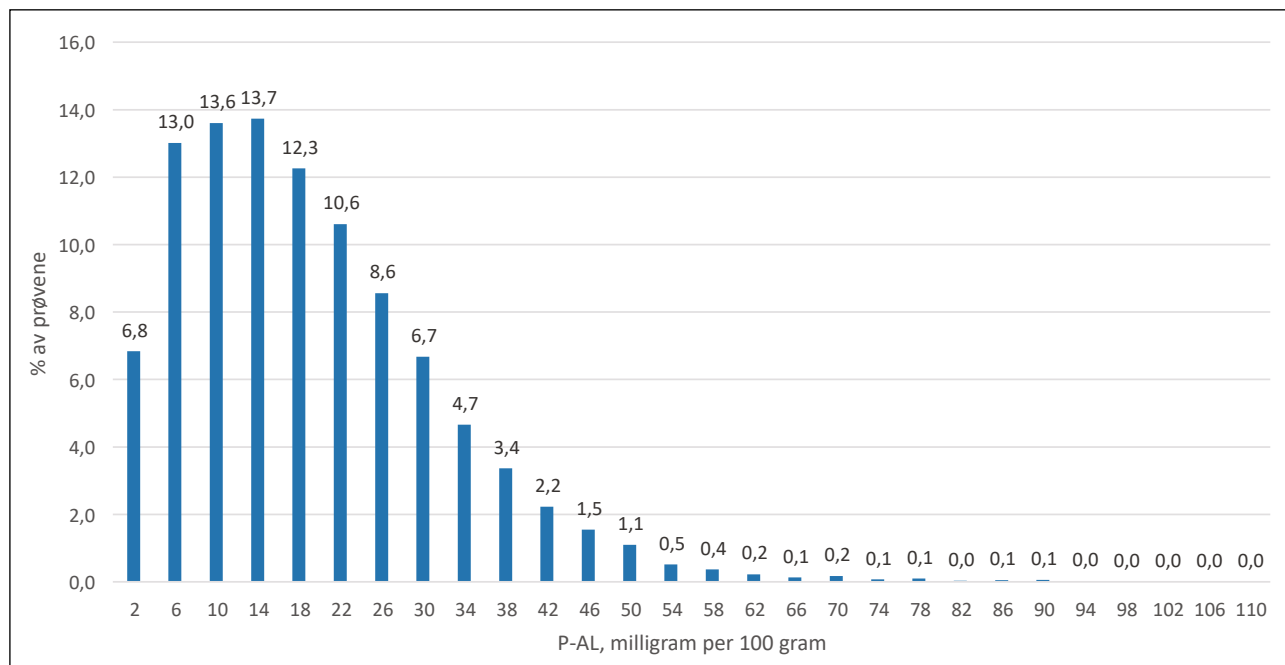
5. Utvikling over tid av fosforinnholdet i jord i Rogaland

I jord foreligger fosforet både i organisk og uorganisk form, og det er flere forhold som påvirker bindingsevnen og dermed plantetilgjengeligheten av fosfor. I jord er størstedelen av fosfor bundet til jordpartikler eller i organisk materiale. Jordas evne til å binde fosfor avhenger i stor grad av leirinnhold, organisk stoff og jern- og aluminiumoksider. I hvor stor grad fosforet er tilgjengelig for plantevekst fra disse forbindelsene er avhengig av pH i jorda, og den høyeste fosfortilgjengeligheten oppnås når pH i jorda ligger mellom 6,3-6,5. Plantetilgjengelig fosfor stammer fra den uorganiske fosforfraksjonen. I husdyrgjødsel er 70-80 % av totalt fosfor i uorganisk form. Den organiske fosforfraksjonen må omdannes til uorganisk fosfor via mineralisering for å bli tilgjengelig for plantene. Ved gjødselplanlegging regner man med at 100 % av fosfor i husdyrgjødsel vil være plantetilgjengelig i løpet av vekstsesongen (Brod et al., 2014), med mindre det skjer en overflateavrenning. Fosfor i jord analyseres ved hjelp av den såkalte P-AL metoden (fosfor løselig i en ammonium-laktatløsning) og P-AL utgjør 10-15 % av total fosfor i jord. I jord vil P-AL opptre i en likevekt mellom bundet og vannløselig fosfor og i Norge benyttes P-AL som standard metode for å vurdere fosforinnhold og fosforstatus i jord. Metoden benyttes også som grunnlag for vurdering av gjødsling med fosfor (Figur 12). Figuren viser at når P-AL er høyere enn 14 vil vi ikke oppnå balanse gjødsling. Det skyldes at det vil være mer fosfor tilgjengelig i jorda enn det som blir tatt ut med avlingen. Ved P-AL verdier større enn 14 vil fosforgjødsling tilsvarende uttak med avlingen kun vedlikeholde P-AL nivået i jorda. En nedgang i P-AL vil vi kun oppnå dersom vi tar ut mer enn det som tilføres.



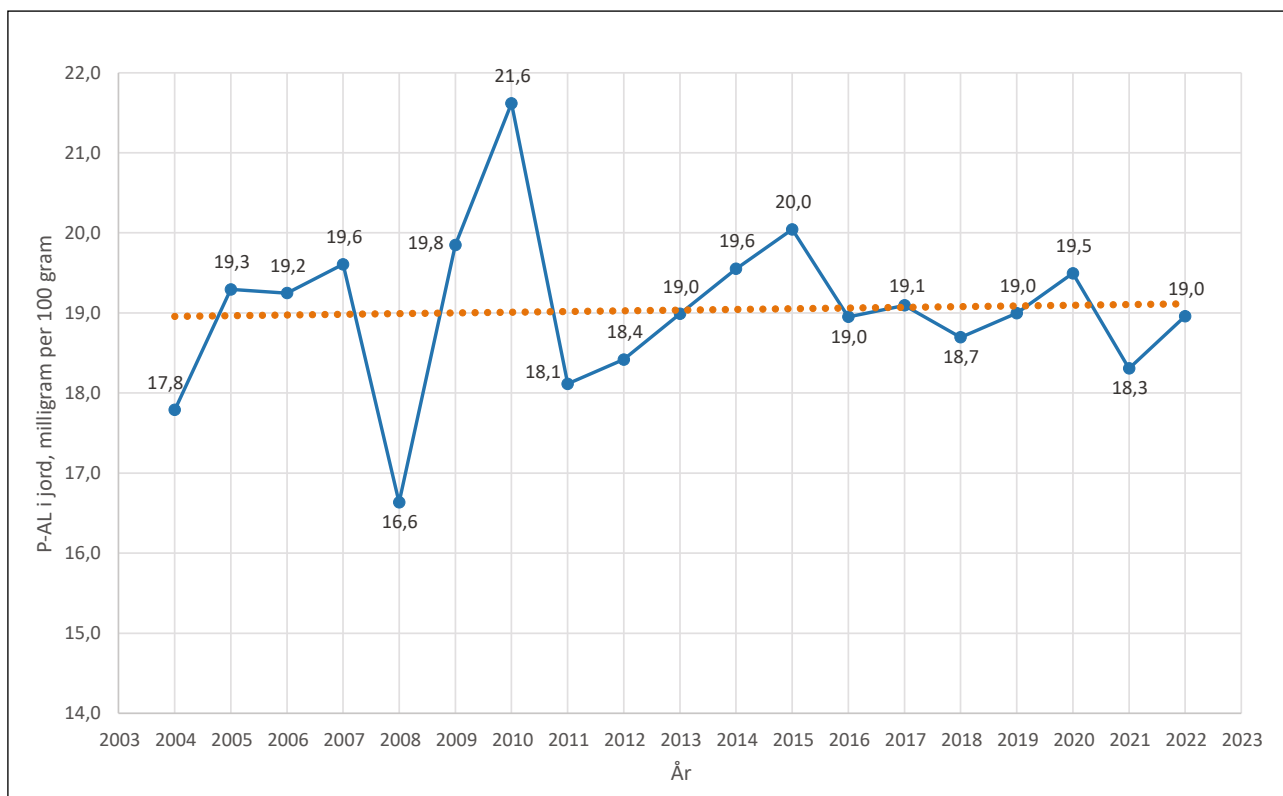
Figur 12. Modell for korrigering av gjødslingsbehov for fosfor i gras ut fra jordanalyser bestemt etter P-AL metoden. Kilde: <https://www.nibio.no/tema/jord/gjodslingshandbok/korreksjonstabeller/fosforbehov--korleksjon-etter-jordanalyser>.

I prosjektet er det innhentet data fra 9752 jordanalyser fra 434 unike kunder i perioden 2004 til 2022. Antall prøver varierer mellom år fra 273 i 2005 til 1071 i 2022. Året angir tidspunkt for analyse. Det betyr at prøven kan være tatt ut kalenderåret før. I den statistiske analysen er det tatt hensyn til at materialet er ubalansert med hensyn til antall prøver per år og at prøvene stammer fra ulike gårder. I analysen er gård/kunde brukt som tilfeldig effekt. Datamaterialet gir ingen sporing tilbake til hvilken plante- og husdyrproduksjon som drives på gården. Figur 13 viser en oversikt over datamaterialet med hensyn til innhold av fosfor. Materialet viser stor spredning i P-AL hvor 40 % av prøvene ligger i intervallet 6-14 mg per 100 gram. 95 % av prøvene har en P-AL verdi under 40 mg per 100 gram.

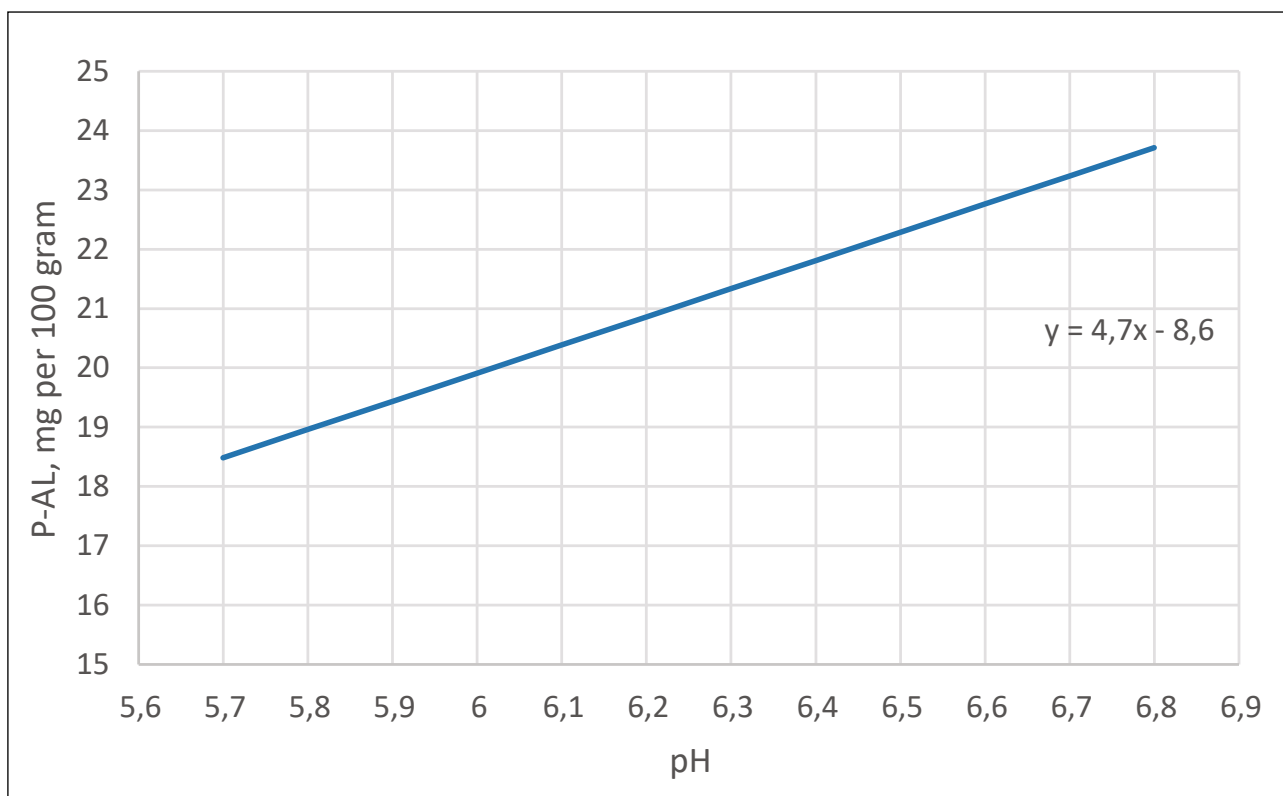


Figur 13. Fordeling av P-AL i jordprøver på tvers av år i perioden 2004-2022.

Den statistiske analysen viste forskjeller mellom år i P-AL verdier (Figur 14). Man skal være forsiktig med å tolke årsaken til dette da både gårdsbruk og geografisk beliggenhet varierer mellom år. Gjennomsnittlig P-AL verdi på tvers av år var 19 milligram per 100 gram. Ser man bort fra årene 2004, 2008 og 2010 har P-AL verdiene vært stabile rundt 19, og den statistiske analysen viser ingen signifikant trend i utvikling i perioden. P-AL viste en signifikant sammenheng mellom pH i jordprøven og analysert P-AL verdi (Figur 15). Siden P-AL metoden ikke gir et resultat for totalinnhold av fosfor i prøven, men av fosfor løselig i en ammoniumlaktat-løsning, er en nærliggende forklaring at pH i prøven har påvirket ekstraksjonsgraden og bindingstyrken for ulike jern- og aluminiumsoksider i prøven.

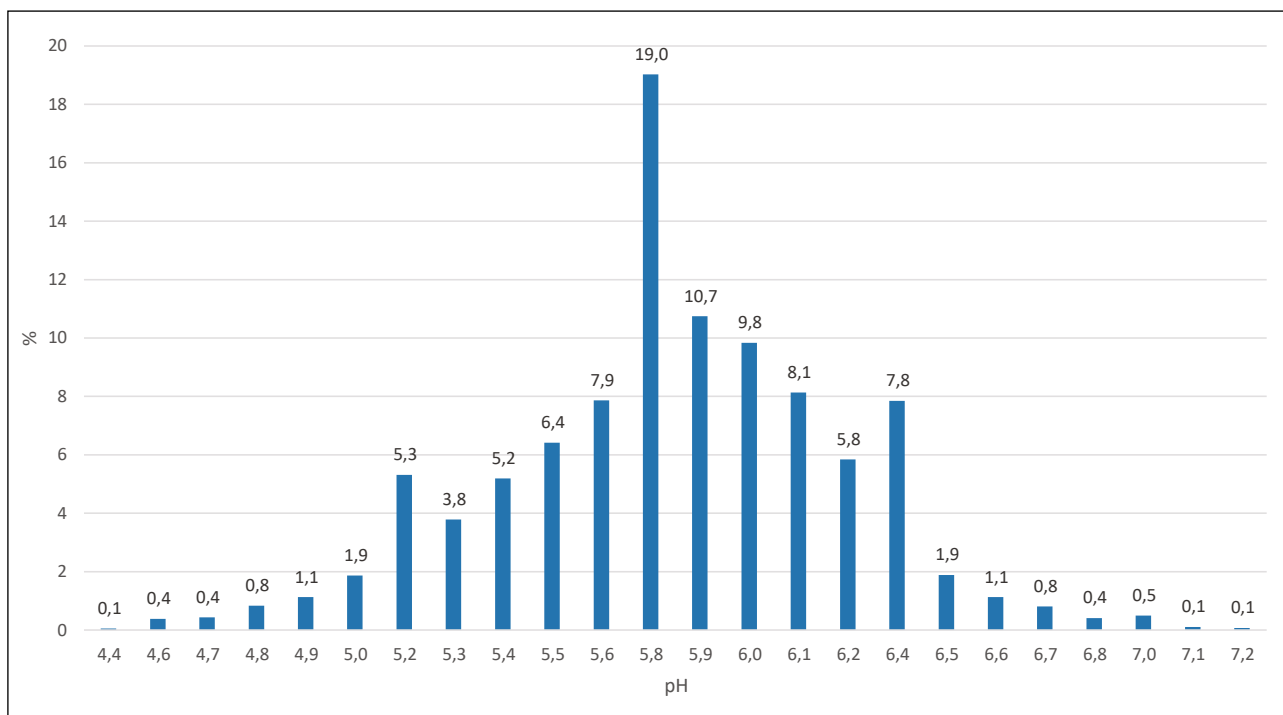


Figur 14. P-AL i jordprøver i perioden 2004 til 2022.

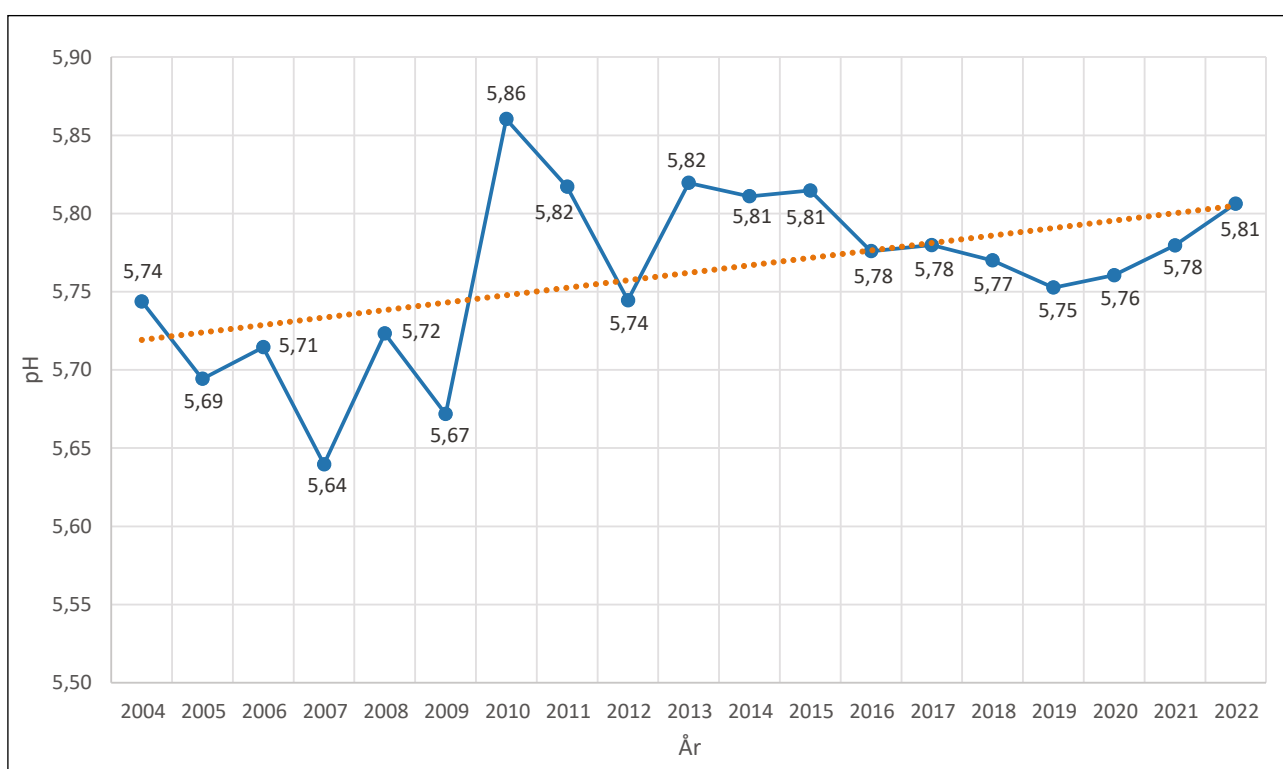


Figur 15. Sammenhengen mellom pH i jordprøven og analysert P-AL innhold (mg per 100 g).

Analysene viste at jordprøvene i gjennomsnitt over år hadde en pH på 5,8, og at denne varierte betydelig mellom prøver. Figur 16 viser en variasjon i pH i prøvematerialet og Figur 17 viser utviklingen i pH over år. Analysen viser at kun 20 % av prøvene har en pH høyere enn 6,2. Sett i lys av at pH i jorda påvirker opptaket av fosfor i graset, og hvor anbefalingene ligger mellom 6,3-6,5, er det en indikasjon på at pH i jorda bør økes sett i forhold til økt utnyttelse av tilført fosfor og høyere innhold av fosfor i graset.



Figur 16. Fordeling av pH i jordprøvene på tvers av år.



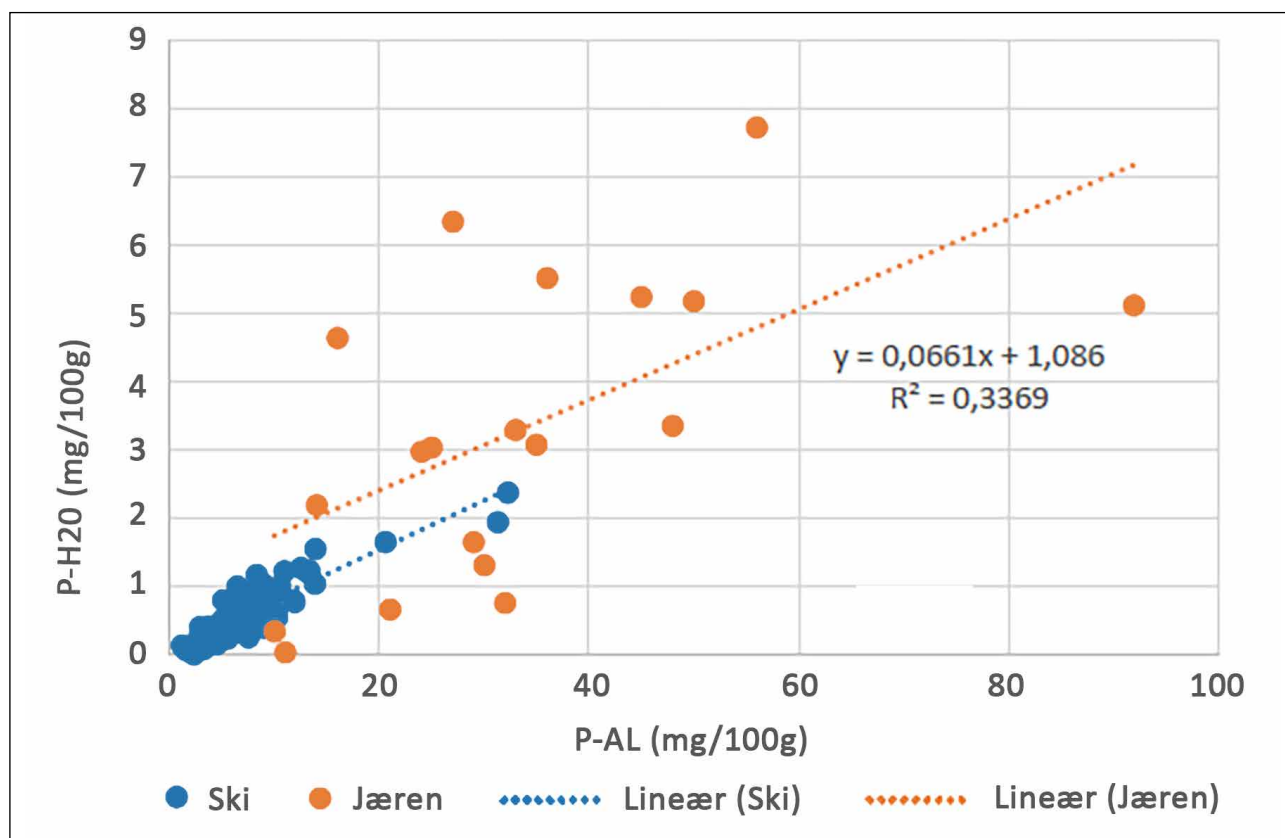
Figur 17. pH i analyserte jordprøver i perioden 2004 til 2022. Stiplet linje viser trendutviklingen.

Grafisk og numerisk viser utviklingen i pH en økende trend, men denne er ikke statistisk signifikant.

I datamaterialet forelå også analyserte verdier for kalium. Siden husdyrgjødsel er en viktig kilde for både fosfor og kalium viste analysen en svak, men positiv signifikant sammenheng mellom fosfor og kalium i jordprøvene.

Fosfor i jordanalysene fra vår undersøkelse viser ingen signifikant endring over tid i perioden 2004 til 2022. En gjennomsnittsverdi for P-AL på 19 mg per 100 gram jord er i overenstemmelse med data fra Professor Tore Krogstad ved NMBU (Krogstad, 1987; Tore Krogstad, personlig meddelelse) som

fant et gjennomsnittlig P-AL innhold på 20 mg per 100 gram i perioden 1960-2007. Heller ikke disse dataene viste noen systematisk utvikling over tid. På kornjord med bruk av handelsgjødsel er det en signifikant positiv sammenheng mellom P-AL i jord og vannløselig fosfor. I grasmark med bruk av husdyrgjødsel er denne sammenhengen mindre klar (Figur 18) og resultatene viser stor spredning (Tore Krogstad, personlig meddelelse).



Figur 18. Sammenhengen mellom P-AL og vannløselig fosfor i jord. Blå sirkler representerer leirjord og korn dyrking med bare bruk av handelsgjødsel. Orange prikker representerer grasmark og husdyrgjødsel brukt som gjødsel. Kilde Tore Krogstad, personlig meddelelse.

En litteraturanalyse av Saarela (2008) viser en positiv sammenheng mellom P-AL i jord og vannløselig fosfor. Konklusjoner fra studien er at risiko for avrenning er svært avhengig av jordtype hvor dyp myrjord har en vesentlig høyere risiko for avrenning. Studien konkluderer også med at mange av modellene som benytter P-AL som indikator for risiko for fosforavrenning overvurder risikoen for avrenning i de fleste jordtyper. I studien til Saarela (2008) ble det observert en sterk positiv sammenheng mellom P-AL i jord og opptak av fosfor i plantene. Det samme er vist av Øgaard et al. (2016) hvor P-AL i jord i intervallet 5-25 mg per 100 gram forklarer 55 % av variasjonen i fosforinnholdet i gras. Et viktig spørsmål er om det er et luksusopptak av fosfor i gras, eller om innholdet er drevet av plantenes behov for fosfor eller av andre prosesser. I vårt datamateriale over fôranalyser ble det observert en signifikant positiv sammenheng mellom innholdet av protein og fosfor i grassurfôr. Det høyere innholdet av fosfor i grovfôranalysene fra Rogaland kan derfor forklares ut fra de høyere verdiene for P-AL i jord og et høyere proteininnhold i grovfôret enn det som er landsgjennomsnittet. Uansett forklaring vil den positive sammenhengen mellom P-AL og fosforinnhold i gras bidra til økt uttak av fosfor fra jorda gjennom grasavlingene.

En konklusjon fra denne delen av studien er at det er et høyt innhold av P-AL i analyserte jordprøver. For 53 % av prøvene ligger analyseverdiene høyere enn 14 mg per 100 gram jord noe som betyr at en nedgang i P-AL i jord vil kun oppnås dersom uttaket av fosfor gjennom avlingen er større enn det som tilføres via gjødsel. Vår analyse viser at P-AL verdiene har vært tilnærmet uendret fra 1960-frem til i dag.

6. Utvikling i fosforinnhold og miljøkvalitet i vassdragene i Rogaland (Jæren)

Dette kapitlet er basert på en oppsummering fra NORCE rapport nr. 3 2022 Overvåking av innsjøer og elver i Jæren vannområde 2021 (Molværsmyr et al., 2022) Tilstand og trender. og NIVA Rapport nr. 7744-2022 om Eutrofiering av norske innsjøer (Solheim et al., 2022).

Det har vært systematisk overvåking av vannkvaliteten i vassdragene på Jæren siden oppstarten av Aksjon Jærvassdrag i 1993. Sytten innsjøer i Jæren vannområde har data om vannmiljø (Figur 19). For eutrofieringsparametrene fosfor og klorofyll a er tilstanden enten svært dårlig, dårlig eller moderat for 11 av innsjøene. Det er funnet tegn til forbedring for innhold av totalt fosfor i fire innsjøer (Edlandsvatnet, Frøylandsvatnet, Mosvatnet og Stokkelandsvatnet), mens syv innsjøer viser ingen tegn til endringer. Hålandsvatnet viser negativ trend (Solheim et al., 2022). Nittifem prosent av jordbruksarealet i Rogaland blir brukt til grovfôrproduksjon. I nedslagsfeltet til Hålandsvatnet er det stort omfang av produksjoner med åpen åker.

Overvåking av elver og dataserier siden 2004 viser redusert fosforinnhold i Skas Heigre. I Figgjo er fosfornivået relativt stabilt (på god tilstand), mens det er trend til avtakende fosforinnhold i Håelva og Frøylandsåna (Molværsmyr et al., 2022). Undersøkelser i 2021 av tilstand for begroing og bunndyr viser indikasjon på mulig forbedring i Salteåna mht begroing, mens undersøkelser av bunndyr kan indikere mulig forbedring i Håelva og Kvasseheimsåna.



Figur 19.
Kart fra Vann-nett.no
(oktober 2022)
som viser økologisk
tilstand for elver og
innsjøer i Jæren
vannområde.

Konklusjonen fra denne delen av studien er at Jærvassdragene fortsatt har store utfordringer mht. vannmiljø. Flere vassdrag i de mest husdyrintensive områdene i Rogaland viser tegn til bedring som t.d. Frøylandsvatnet og Håelva.

7. Næringsstoffbalanser på gårdsnivå ved bruk av NLR-Kretsløpstolken

For å vurdere fosforbalanser på gårdsnivå har vi benyttet dataverktøyet NLR-Kretsløpstolken som er et nederlandsk utviklet verktøy som beregner balansen mellom fosfor innkjøpt på gården og fosfor solgt ut av gården i form av melk, kjøtt, husdyrgjødsel og fôr. NLR-Kretsløpstolken er tilpasset norske forhold og data innhentes fra meieri, slakteri, kraftfôrleverandør og handelsgjødselleverandør. I tillegg benyttes data fra Kukontrollen, Ingris, skatteregnskap, fôr-, gjødsel- og jordanalyser, plantevekst og arealfordeling og fjøstype. Hensikten med programmet er å få en helhetlig vurdering av fosforbalansen på gården, samt å simulere effekten av ulike tiltak for å kunne øke utnyttelsen av fosfor på gårdsnivå. Ved siden av å vurdere fosfor kan verktøyet også benyttes til å vurdere gårdsbalanser for nitrogen og karbon. Programmet er spesielt tilpasset melkeproduksjon, men tar også hensyn til andre husdyrproduksjoner på gården.

7.1 Vurdering av datakvalitet i analysen og beskrivelse av gårdene

I alle datamodeller er kvaliteten på dataene avgjørende for resultatene. Nedenfor er det gjort en vurdering av sentrale datakilder.

1. Melkeleveransen fra meieri er omregnet fra liter til kg energikorrigert melk (EKM) for å få en riktig beregning av fôrbehovet i melkeproduksjonen.
2. Antall ungdyr er beregnet som et gjennomsnitt for datoene 1. januar og 31.12 i samme produksjonsår.
3. Jordbruksarealet fordeles mellom gras på dyrka jord, korn til modning, mais som grovfôr og grasareal med restriksjoner. Videre blir jorda delt opp i ulike fosforklasser basert på jordanalyser.
4. I programmet benyttes mengde ensilert fôr som grunnlag for oppnådd avling. Dette fordi det er ensilert fôr som er grunnlaget for grovfôranalyser for å bestemme innholdet av fosfor. Avlingsmengde for ulike fôrtyper oppgis som kg tørrstoff og kontrolleres opp mot fôrforbruket i husdyrproduksjonen. Ved beregning av avlinger blir det tatt hensyn til lagerstatus ved årets start og slutt.
5. For fosforinnhold i innkjøpt fôr benyttes tall oppgitt av fôrleverandør. Eksempel er kraftfôr og melkeerstatninger.
6. Opptak av fôr på beite beregnes ut fra antall timer per døgn og antall dager det beites. I tillegg blir det tatt hensyn til om det er både dag og nattbeiting eller bare dagbeiting. Beiteopptaket skiller mellom beiting på fulldyrka mark og på kulturbeite.
7. I verktøyet kan andre produksjoner hensyntas, og disse deles inn i kategoriene andre drøvtyggere, kraftfôrkrevende produksjoner og åkervekster. Fjørfe og svineproduksjon med leid spredeareal for husdyrgjødsel blir registrert som andre produksjoner, og husdyrgjødsel på leid spredeareal blir beregnet som næring tatt ut av gården.
8. For gjødsel skilles det mellom organisk gjødsel og handelsgjødsel. Tilført eller bortkjørt husdyrgjødsel registreres i tonn, og innholdet av fosfor er basert enten på egne analyser eller tabellverdier. For handelsgjødsel tar man utgangspunkt i oppgitt innhold av fosfor i produktet, og man korrigerer for lagerstatus ved årsskifte.
9. Avlingstallene i kombinasjon med fôranalyser blir brukt til å beregne utnyttelsen av fosfor i kretsløpet på gården. Resultatene kommer frem som et overskudd eller underskudd på gårdsnivå. I tillegg beregnes utnyttelsen av fosfor i jorda, i fôrproduksjonen og i husdyrproduksjonen.

I delstudien har vi benyttet data fra sju gårder. I analysen har det vært viktig å få med gårder som ikke bare driver med ensidig melkeproduksjon, men som også har produksjon av storfekjøtt, sau, svin eller fjørfe i tillegg. Dette for å vurdere hvordan en grovfôrbasert produksjon i kombinasjon med en kraftfôrkrevende produksjon påvirker fosforbalansen på gårdsnivå. Kombinert produksjon er også en vanlig driftsform i Rogaland.

Nedenfor følger en beskrivelse av gårdene deltatt i studien.

Gård 1. Har en kombinert melke- og svineproduksjon. Melkekyrne er av rasen holstein med oppdrett av egne kviger. Svineproduksjonen er en avlsbesetning. Har spredeareal til grisene på flere gårder i nærområdet. Planteproduksjonen består av et systematisk vekstskifte med helsæd, bygg høsta på deigmodningsstadiet, og 4 år med raigrasbasert eng med kløver. Det blir benyttet litt NPK 25-2-6 som startgjødsel til korn og ellers er det bare benyttet ren nitrogengjødsel. Enga høstes 4-5 ganger i løpet av sesongen og det tas høye avlinger med høyt energi- og proteininnhold. Surfôret har i snitt 204 gram råprotein, med 3,9 gram fosfor og 0,98 FEm per kg tørrstoff. Helsæd utgjør 19,4 % av total mengde grovfôr.

Gård 2. Driver med melk og kjøttproduksjon på en NRF/holstein-besetning. Kjører noe storfegjødsel til en nabogård og mottar grisegjødsel på leiejord som ligg lengst borte fra tunet. Handelsgjødsel som brukes er ren nitrogengjødsel. Vekstskiftet i fôrproduksjonen består i et år med korn til modning og deretter raigraseng i to år. Graset høstes 4-5 ganger igjennom sesongen. Avlingsnivået er høyt og proteininnholdet ligger på 206 gram råprotein og 3,1 gram fosfor med 0,95 FEm per kg tørrstoff. Ensilert halm utgjør 10,4 % av total mengde grovfôr og nyttes i gjeldkumiksen.

Gård 3. Driver melkeproduksjon i kombinasjon med litt sau og salg av grovfôr. Besetningen består av jersey krysninger til melkeproduksjon og angus bruksdyr krysninger til kjøttproduksjon. På beite benyttes organisk pelletert gjødsel, og egen husdyrgjødsel blir separert. Gården har mye nydyrka jord bestående av en høy andel grus, og den tørre husdyrgjødselselfraksjonen blir brukt til å forbedre næringsstatusen på denne jorda. Det blir brukt ren nitrogengjødsel i lag med storfegjødsel. På jord som blir tilført kyllinggjødsel brukes det NK 22-0-12. Det blir benyttet korn som dekkvekst for grasgjenlegg. Enga er raigrasdominert med noe kløver, svingel og timotei. Enga ligger i 3 til 5 år før den fornyes. Noe korn står til modning og blir valsa på gården. De dårligste kornåkrene blir høstet på grønnfôrstadiet og blir brukt som gjeldkufôr (utgjør ca. 8,5 % av grovfôret). På nydyrka jord blir det tatt 3 slåtter pluss høstbeiting, mens på den beste jorda tas det 4-5 slåtter per år. Innholdet av råprotein er henholdsvis 151 / 208 gram, med 2,8 / 3,5 gram fosfor og 0,92 / 0,95 FEm per kg tørrstoff.

Gård 4. Driver kombinert melk og smågrisproduksjon. Melkeproduksjonen foregår på en ren holstein-besetning med oppdrett av egne kviger. Noe storfe og svinegjødsel blir levert til andre gårder. Det blir brukt ren nitrogengjødsel på gården. Grovfôrproduksjonen består av raigrasdominert eng med kløver som ligger i 4-5 år før den fornyes. Bygg til modning og helsæd blir benyttet som dekkvekst for grasgjenlegget. Helsæd utgjør 6,6 % av total mengde grovfôr. Grovfôranalysene viser et innhold på 166 gram råprotein, med 4,0 gram fosfor og et energiinnhold på 0,93 FEm per kg tørrstoff.

Gård 5. Driver en kombinasjon av melkeproduksjon og kjøttproduksjon på okser med NRF. I tillegg har gården en liten flokk med sauer til å stelle kulturbeitene, og gården tar også imot kviger fra andre gårder til å beite på kulturbeitene. Gården tar imot husdyrgjødsel fra andre gårder i nærheten. Det benyttes ren nitrogengjødsel til eng. På beite brukes det noe pelletert organisk gjødsel der en ikke kommer til med husdyrgjødsel. Enga ligger i 4-6 år før den fornyes med korn som dekkvekst. Grovfôrproduksjonen er basert på tre ulike høstestrategier. På en teig med tung jord dyrkes det timotei og breiblada strandsvingel, der det tas to slåtter per år, og dette blir et lågenergifôr som passer til gjeldku. På eng bestående av timotei, engsvingel og raigras tas det tre slåtter, mens på raigrasbasert eng tas det 4 slåtter per år. Grovfôranalysene viser et innhold på henholdsvis 161 / 183 gram råprotein, 3,2 / 3,5 gram fosfor og 0,93 / 0,95 FEm per kg tørrstoff.

Gård 6. Driver en kombinasjon av melk- og storfekjøttproduksjon på NRF og ammeku. Gården har også noen sauer til å pleie kulturbeitene. Det blir benyttet organisk pelletert gjødsel på kulturbeitene som en ikke kjører husdyrgjødsel på. Til vårgjødsling på eng ble det i 2021 nyttet noe NPK 25-2-6. Dette var et forsøk etter mange år med bare ren nitrogengjødsel. Bonden ville gå tilbake til ren nitrogengjødsel i lag med husdyrgjødsel. Enga høstes tre ganger i løpet av sesongen og ligger gjerne i 5 år, og består hovedsakelig av timotei, engsvingel og raigras. Korngrønnfôr blir benyttet som dekkvekst for grasgjenlegget. Dette fôret utgjør 8,3 % av total mengde grovfôr. Korngrønnfôret har om lag samme kvalitet som grassurfôret, som har et innhold av råprotein på 138 gram, med 3,1 gram fosfor og 0,85 FEm per kg tørrstoff.

Gård 7. Driver med jersey ku og salg av livkviger. Gården har også en større flokk med sau. Det tas imot husdyrgjødsel fra en griseprodusent som mangler spredeareal. På beite ble det nyttet organisk pelletert gjødsel. På eng nyttet ren nitrogengjødsel i lag med husdyrgjødsel. Enga ligger i 3 til 7 år før den fornyes. Raigras har vært den dominerende grasarten, men legger nå om til en blanding av mjukblada strandsvingel, raigras og kløver. Grovfôrproduksjonen er delt i to ulike strategier. Det blir produsert et eget vinterfôr til kvigene på eng med to slåtter. Dette fôret utgjør 12-13 % av samla mengde grovfôr og har et lavere energi- og proteininnhold enn grovfôret som blir benyttet til melkekyrne. Melkekufôret blir høstet 5 ganger per år med et innhold på 215 gram råprotein, 3,4 gram fosfor og 0,97 FEm per kg tørrstoff.

7.2 Beregnet fosforbalanser på gårdsnivå

Beregnet fosforbalanser for de sju gårdene er basert på data fra 2021. Alle gårdene har melkeproduksjon og to av gårdene har en større smågrisproduksjon. Beregnet mengde tilført fosfor til gården er fra innkjøpt kraftfôr og fra innleid spredeareal. Beregning av mengde husdyrgjødsel fra smågrisproduksjonen med mye engangspurker er vanskelig og kompleks, og vil gi noe usikkerhet rundt beregna fosforbalanse. Beregningene er gjennomførte i henhold til dagens regelverk, og forutsetter god miksing av husdyrgjødsel og at fosforinnholdet i gjødsel er lik på egne jorder som på leieareal. I studien er det lagt vekt på både beregning av fosforbalanser på gårdsnivå, men også å vise hvordan man ved ulike tiltak kan redusere fosforbalansen for å få et samsvar mellom mengde fosfor inn på gården og mengde tatt ut gjennom ulike produksjoner.

Tabell 9 viser beregnet fosforbalanse, samt innkjøp og uttak av fosfor for de sju gårdene. Gjennomsnittlig fosforbalanse uttrykt som kg fosfor per daa var +0,64 kg. For gårdene med smågrisproduksjon var balansen høyest (+0,98 kg fosfor per daa), mens for kombinasjonen ku og sau var den lavest. Mengde innkjøpt fosfor via kraftfôr og grovfôr varierte betydelig mellom gårdene, og gårdene med kombinert ku og svin hadde 29,7 % høyere innkjøp av fosfor enn gjennomsnittet. Men også en av gårdene med ku og okse hadde et høyt innkjøp av fosfor. Uttak av fosfor fra salg av melk, kjøtt og dyr varierte mindre (variasjonskoeffisient = 28 %) mellom gårdene enn innkjøpt fosfor (variasjonskoeffisient = 38 %). Analysen viser derfor at det først og fremst er på innkjøpssiden det er mulig å gjøre effektive tiltak for å redusere fosforbalansen på gårdsnivå. I NLR-Kretsløpstolken beregnes grovfôropptaket ut fra dyrenes fôrbehov. På gårdene i studien er det i tillegg registrert grovfôropptak ved å registrere antall, veie og analysere rundballer. På den måten kan man i tillegg til å sjekke nivået for beregnet grovfôropptak også beregne beiteopptaket som en differanse mellom produsert grovfôr og fôrforbruk i produksjonen. En usikkerhet ved denne metoden er at avling beregnet som fôrforbruk er en nettoavling, mens for registrert avling kan det være et fôrsvinn i fjøset man ikke får tatt hensyn til. I studien ble det funnet en korrelasjon mellom de to metodene på 0,63, hvilket viser at det er en signifikant sammenheng. Registrert avlingsmengde viste på fulldyrka eng en tørrstoffavling på 1149 kg tørrstoff og et fosforuttak på 3,6 kg per daa. Tabell 10 viser beregnet grovfôravling i henhold til NLR-Kretsløpstolken. I tabellen er det også vist avling for kulturbeite.

Tabell 9. Fosforbalanse på gårdsnivå beregnet med NLR-Kretsløpstolken. Alle verdier oppgitt som kg fosfor per daa korrigert for statusendringer på alle postene. Data fra 2021.

Gård og produksjon	Innkjøpt kraftfôr	Innkjøpt gjødsel med fosfor	Spredareal til gris	Spredareal mot-tatt (+) eller levert (-)	Salg av mjølk og dyr	Salg/kjøp grovfôr og korn m. status	Fosforbalanse
Nr 1 Ku og gris	1,97	0,04	5,94	- 4,85	- 1,88	- 0,61	0,61
Nr 2 Ku og okse	2,53	0,00	0,00	- 0,30	- 1,79	0,0	0,44
Nr 3 Ku og sau	1,18	0,09	0,00	+ 0,26	- 1,05	- 0,31	0,17
Nr 4 Ku og gris	2,57	0,00	2,70	- 1,92	- 1,71	- 0,29	1,35
Nr 5 Ku og okse	1,26	0,09	0,00	+ 0,91	- 1,18	- 0,47	0,61
Nr 6 Ku, okse, sau	1,40	0,17	0,00	0,00	- 0,87	- 0,05	0,65
Nr 7 Ku og sau	1,35	0,13	0,00	+ 0,70	- 1,00	- 0,53	0,65
Gjennomsnitt, alle	1,75	0,07	1,23	- 0,74	- 1,35	-0,33	0,64
Ku og gris							0,98
Ku, okse, sau							0,57
Ku og sau							0,41

Tabell 10. Beregnet avling (kg tørrstoff per daa) og uttak av fosfor (kg per daa) på fulldyrka mark og kulturbeite.

Gård og produksjon	Fulldyrka eng		Kulturbeite		
	Kg TS per daa	Kg fosfor per daa	Kg TS per daa	Kg fosfor per daa	Fosfor fra beitedyr, kg per daa
Nr 1 Ku og gris	1453	5,1			
Nr 2 Ku og okse	1254	3,4			
Nr 3 Ku og sau	961	2,8	196	0,7	0,7
Nr 4 Ku og gris	1084	3,9	487	2,0	1,6
Nr 5 Ku og okse	1098	3,2	550	1,9	1,7
Nr 6 Ku, okse, sau	973	2,8	320	1,1	1,0
Nr 7 Ku og sau	940	2,9	240	0,8	0,7
Gjennomsnitt	1109	3,4	359	1,3	1,1

De sju gårdene som var med i studien med kretsløpstolken var også med i studien hvor det ble registrert avlingsmengde og fosforuttak. Avlingsnivå og fosforuttak ligger derfor på sammen nivå som gjennomsnittet for de 19 gårdene siden de utgjør 36 % av datamaterialet. Gjennomsnittlig avling på kulturbeite er beregnet til 359 kg tørrstoff per daa, med stor variasjon mellom gårdene. Gård 3 har mye areal til kulturbeite, og det forklarer noe av den lavere avlingen. I gjennomsnitt er fosforavlinga på kulturbeite 1,3 kg per daa, og det gir et fosforopptak hos beitedyra på 0,2 kg per daa. De fem gårdene med utmarksbeite har et større fulldyrka areal enn det som er gjennomsnittet for Rogaland. Det er derfor sannsynlig at de fem gårdene har et lavere avlingsuttak fra kulturbeite enn det som er gjennomsnittet for Rogaland. I Rogaland er om lag 50 % av jordbruksarealet kulturbeite, og er en viktig ressurs for spredareal.

En viktig del av denne studien var å se på hvilke tiltak som er viktig og mulig å gjennomføre for å redusere fosforbalansen på gårdsnivå. Dette ble gjennomgått for hver gård, og ulike tiltak ble foreslått. For alle gårdene ble det sett på muligheten for å redusere innholdet av fosfor i kraftfôret. Et annet tiltak er å produsere et bedre grovfôr med hensyn til innhold av energi og råprotein slik at en større andel av kraftfôret kan bestå av korn og betefiber, som har et lavere innhold av fosfor enn proteinfôrmidler (Tabell 3). Denne fôringsstrategien innebærer at en større andel av proteinet i fôrrasjonen kommer fra grovfôret. Et høyere energiinnhold i grovfôret og samtidig høyere protein-

innhold krever mer intensiv grasdyrking med flere slåtter. Ved siden av et høyere proteininnhold vil det gi grovfôr med et høyere innhold av fosfor, noe som er viktig for å utnytte fosforreservene i jorda. Gårdene har et høyt innhold av fosfor i grovfôret, og i fôringssituasjoner hvor det er aktuelt å gi ekstra tilskudd av mineralblandinger bør dette være blandinger uten fosfor. På fem av gårdene var det innkjøpt gjødsel med fosfor. Et aktuelt tiltak er å benytte mineralgjødsel uten fosfor på jord som har P-AL verdier som tilsier at det ikke er nødvendig med fosforgjødsling ut over det som tilføres med husdyrgjødsel. Tabell 11 viser simulerte effekter på fosforbalansen på gårdsnivå når ulike tiltak er identifiserte for å øke utnyttelsen av fosfor. I gjennomsnitt kan innkjøp av fosfor via fôr og mineralblandinger reduseres med 22 %. For de andre variablene er det kvantitativt små endringer. I gjennomsnitt bli fosforbalansen redusert med 67 %. Resultatene viser at det for alle produksjoner er mulig å redusere fosforbalansen gjennom mer optimal fôring, noe som også kommer frem i Tabell 4. I forslagene til tiltak reduseres innholdet av fosfor i samlet fôrrasjon i gjennomsnitt med 10 %, fra 3,9 til 3,5 gram per kg tørrstoff. Om det er mulig å redusere balansen ytterligere, vil først og fremst være avhengig av om det er mulig å redusere fosforinnhold i kraftfôret ytterligere. Det vil kreve god kjennskap til innholdet av fosfor i alle fôrmidler, og et ytterligere økt fokus på fôringsstrategier som gir høyere fosforutnyttelse. Et eksempel på dette er bruk av flere kraftfôrblandinger på samme gård, og hvor man tilpasser ulike kraftfôrblandinger til ulike faser i produksjonen. I tillegg kommer agronomiske tiltak som blir belyste under kapittelet om aktuelle tiltak for å redusere fosforbelastningen. For mer detaljert beskrivelse av studien med NLR-Kretsløpstolken henvises det til vedlegg 2. I vedlegget blir blant annet mengde fosfor per GDE i forhold til produksjonsintensitet diskutert.

Tabell 11. Fosforbalanse på gårdsnivå beregnet med NLR-Kretsløpstolken etter endring i fôring, gjødsling og vekstskifte. Alle verdier oppgitt som kg fosfor per daa.

Gård og produksjon	Innkjøpt kraftfôr	Innkjøpt gjødsel med fosfor	Spredareal til gris	Spredareal mottatt + eller levert -	Salg av mjølk og dyr	Salg/kjøp grovfôr og korn m.status	Fosforbalanse
Nr 1 Ku og gris	1,40	0,04	5,94	- 4,85	- 1,88	- 0,65	0,00
Nr 2 Ku og okse	2,14	0,00	0,00	- 0,30	- 1,79	0,17	0,22
Nr 3 Ku og sau	1,14	0,09	0,00	+ 0,26	- 1,05	- 0,35	0,09
Nr 4 Ku og gris	1,84	0,00	2,70	- 1,92	- 1,71	- 0,30	0,61
Nr 5 Ku og okse	0,91	0,09	0,00	+ 0,91	- 1,18	- 0,51	0,22
Nr 6 Ku, okse, sau	1,23	0,09	0,00	0,00	- 0,87	- 0,06	0,39
Nr 7 Ku og sau	1,01	0,00	0,00	+ 0,70	- 1,00	- 0,80	- 0,09
Gjennomsnitt, alle	1,38	0,04	1,23	- 0,74	- 1,35	- 0,35	0,21
Ku og gris							0,31
Ku, okse, sau							0,28
Ku og sau							0,00

Studien med NLR-Kretsløpstolken viser hvor viktig det er å ha en helhetlig tilnærming når man skal vurdere fosforbalanser. Fosforbalanser i jord gir en begrenset verdi da det er helt avgjørende å se husdyrproduksjonen i sammenheng med planteproduksjonen. Studien viser at det er fullt mulig å redusere fosforbelastningen ved å optimalisere fôringen og at dette er det viktigste tiltaket for å redusere fosforoverskuddet. Endringer i fôringen bør følges opp med jevnlig analyse over tid av grovfôr og husdyrgjødsel. I NIBIO rapporten Samfunnsøkonomisk effektiv håndtering av økt gjødseloverskudd (Hjelt et al., 2021) er det også gjennomført beregninger med NLR-Kretsløpstolken. Dataene er basert på 19 gårder fra Sunnhordland og 11 gårder fra Driftsgranskingene i jord- og skogbruk (gårder med melk- og storfekjøttproduksjon). For gårdene i Sunnhordland ble det funnet et fosforoverskudd på 1,52 kg per daa, mens det fra de fem gårdene i driftsgranskingene

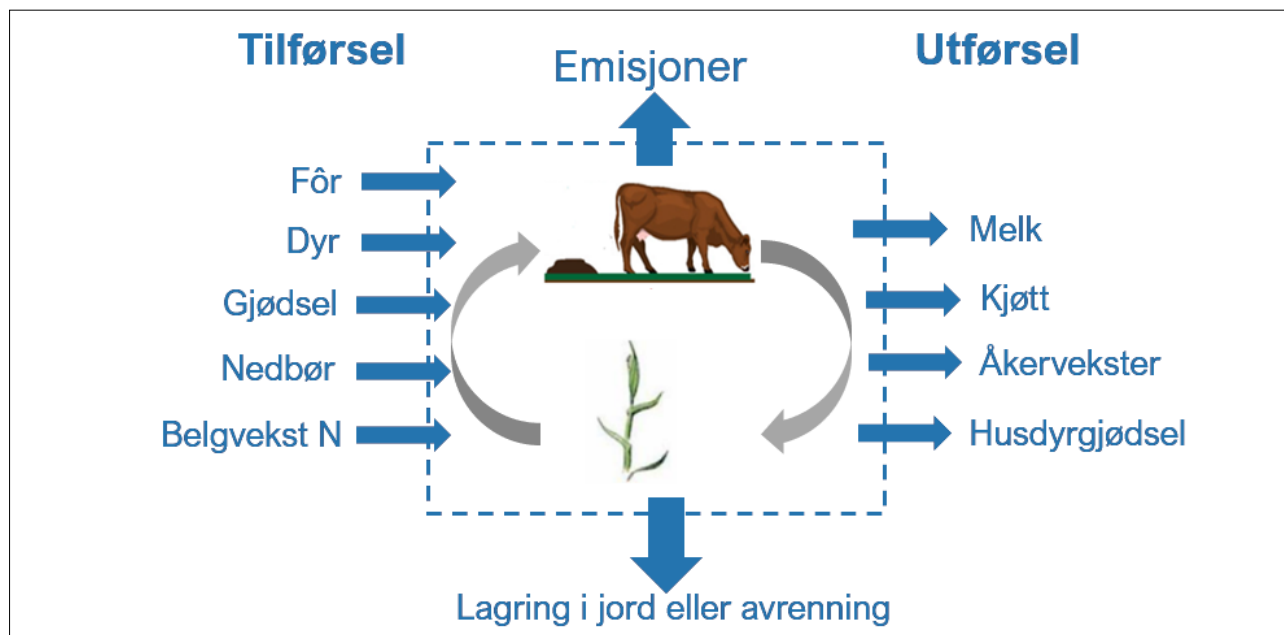
fra Jæren ble funnet et overskudd på 1,49 kg per daa. Dette er vesentlig høyere enn det som ble funnet i vår undersøkelse (1,51 vs. 0,64 kg per daa). For de fem gårdene på Jæren fra driftsgranskingene ble det tilført NPK fullgjødsel tilsvarende 1,1 kg fosfor per daa. For gårdene fra driftsgranskingene er det benyttet et fosforinnhold i kraftfôret som er høyere, og et fosforinnhold i grovfôret som er lavere, enn i vår studie.

Bruk av et næringsstoffregnskap på gårdsnivå gir en mulighet for å identifisere og optimalisere de ulike næringsstrømmene på gården, og vil gi en større robusthet for å sette inn tiltak for å redusere fosforoverskuddet enn et regelverk basert på GDE grenser. Innføring av et regelverk basert på et næringsregnskap vil imidlertid stille store krav til datakvalitet og metodikk for å følge opp og kontrollere beregningene. En sensitivitetsvurdering av resultatene fra NLR-kretsløpstolken i vår undersøkelse som dekker flere husdyrproduksjoner viser at det spesielt er fosfor gjennom innkjøpt kraftfôr som gir variasjon i fosforbalansen.

Konklusjon fra denne delen av studien viser at det er mulig å redusere bruken av fosfor uten at det går ut over samlet husdyrproduksjon. Ved å redusere innholdet av fosfor i standard kraftfôr, og mer bruk av karbohydratråvarer uten tilsatt fosfor, vil det være mulig å redusere fosfor fra kraftfôr med 0,37 kg fosfor per dekar. Det vil gi en bedre fosforbalanse på gårdsnivå.

8. Hvordan redusere fosforbelastningen fra storfeproduksjonen i Rogaland

Denne studien viser at det er viktig å dele tiltakene for å redusere tilførselen eller øke utnyttelsen av fosfor, på forhold knyttet både til husdyr- og planteproduksjonen. Samtidig er det viktig å se de ulike næringsstoffene som nitrogen (protein), fosfor og kalium i sammenheng. Kunnskap om kretsløpet for disse mineralene er viktig for forståelsen av helheten. Næringskretsløpet følger en rekke kompliserte prosesser, og vi har en tendens til å fokusere på enkeltdelene og glemme det totale bildet. Dermed mister vi en forståelse for sammenhengen mellom husdyr- og planteproduksjonen, og at det er det totale kretsløpet som må optimaliseres. Figur 20 viser en forenklet og generell skisse over næringsbalansen for en gård med husdyrproduksjon.



Figur 20. Prinsskisse for fastsetting av næringsbalanse på gårdsnivå

Gårder med husdyrproduksjon importerer store mengder næringsstoffer gjennom innkjøpt fôr. Husdyrene utnytter 10-50 % av næringsstoffene (McDonalds et al., 1996; Volden 2011), noe som innebærer at en stor andel havner i husdyrgjødselen. Risikoen er en oppkonsentrering av næringsstoffer på gårder med husdyrproduksjon og mangel på gårder som driver ensidig planteproduksjon. Internt på gården sirkulerer næringsstoffene mellom plante- og husdyrproduksjonen og kan forlate gården via melk, kjøtt, livdyr, fôr (åkervekster og grovfôr) og solgt husdyrgjødsel. Næringsstoffer kan også forlate gården som tap til miljøet, for eksempel til atmosfæren i form av ammoniakk, til grunnvannet i form nitrat, og nitrogen og fosfor som overflateavrenning. Fosfor kan også i store mengder bindes i jord. Dette øker risikoen over tid for avrenning og akkumulering i grunnvannet. Derfor er det viktig at man over tid oppnår balanse mellom tilført og uttak av næringsstoffer. En ubalanse mellom tilført og uttak av næringsstoffer på gårdsnivå karakteriseres ofte i forholdet 1,5-2,0:1 (Sheffield et al., 2008), det vil si at det tilføres 1,5 til 2,0 ganger mer av et næringsstoff enn det som forlater gården. I de gårdene som deltok i studien med NLR-Kretsløps-tolken var forholdstallet basert på 2021 data 1,42:1, mens etter at ulike tiltak var identifisert var forholdstallet 1,14:1. Gårder med et forholdstall på 1:1 har en mer bærekraftig produksjon. Ifølge Sheffield et al. (2008) vil risikoen for en økning i fosforinnholdet i jord være liten hvis forholdet mellom tilførsel og uttak er i nærheten av 1:1. Det vil også redusere risiko for avrenning til vassdrag.

8.1 Tiltak i husdyrproduksjonen

Tiltak 1. Balansere tilførselen av fosfor i fôrrasjonen til storfe.

Å redusere innholdet av fosfor i fôrrasjonen er den mest effektive måten å forbedre fosforbalansen. Redusert fosforinnhold i fôrrasjonen vil redusere innholdet av fosfor i gjødsel og urin, noe som er vist i Figur 5 og Tabell 4. Viktige tiltak er derfor: 1) kjenne innholdet av fosfor i grovfôret og biprodukter ved å ta fôranalyser, 2) kjenne til og velge kraftfôrblandinger som er tilpasset grovfôrets fosfornivå og 3) fôrplanlegging for å optimalisere fosfortilførselen tilpasset dyrenes behov.

I situasjoner hvor innholdet av fosfor i grovfôret er over 3,2 gram per kg tørrstoff skal det ikke brukes mineralblandinger som inneholder fosfor. I fôrvurderingssystemene er det vanlig å legge inn en sikkerhetsfaktor knyttet til behovet for mineraler. For makromineraler ligger sikkerhetsmarginene 10-20 % over norm, og årsaken er at man tradisjonelt ikke har analysert for mineraler i grovfôret eller kraftfôret. For kraftfôr innebærer det liten risiko da man fra fôrindustriens side har god kontroll på mineralinnholdet i de ulike kraftfôrblandingene. Størst usikkerhet er derfor knyttet til de grovfôrbaserte produksjonene. I produksjoner hvor dyrene har en kort levetid, og ikke skal brukes til livdyr, bør fosfortilførselen reduseres ned mot minimumsnivået, når man har informasjon om innholdet av fosfor i grovfôret. Det betyr at vi må ha en større differensiering i fosforinnhold i de ulike kraftfôrblandingene.

Tiltaket krever at normene for utskilt fosfor for de ulike dyreslagene blir oppdatert og systematiserte slik at de gjenspeiler driftspraksis med redusert forforinnhold i kraftfôret. Det er behov for at dagens GDE-tabell blir mer differensiert, og blir jevnlig oppdatert slik at den samsvarer med utviklingen i driftspraksis og fosforinnhold i innsatsmidler. GDE-tabellen bør ligge utenfor selve forskriften, og ansvaret for vedlikehold må fastsettes.

Tiltak 2. Differensiert fosfortilførsel avhengig av laktasjonsstadium eller tilvekstperiode.

Dyrenes fosforbehov er avhengig av dyrenes fysiologiske status. Eksempelvis vil fosforbehovet hos melkekyr være avhengig av melkeytelse og laktasjonsstadium. For slaktegris og slaktekylling vil behovet være avhengig av alder og tilvekst. For dyr som skal til slakt, kan fasefôring med kraftfôr med forskjellig fosforinnhold være en aktuell strategi.

Tiltak 3. Kontrollert bruk av biprodukter i fôrrasjonen.

Biprodukter som mask, drank, hvetekli og havreskall er fôrmidler som har et høyt fosforinnhold. De er ofte prisgunstige, og det er viktig å kjenne til fosforinnholdet i disse fôrmidlene samtidig som det er viktig å tilpasse mengden i rasjonen slik at de ikke gir et stort overskudd av fosfor.

Tiltak 4. Maksimere innholdet av grovfôr i fôrrasjonen.

For gårder som har en grovfôrbasert husdyrproduksjon vil grovfôret, og da først og fremst grasbasert grovfôr, være viktig for å ta ut mye fosfor fra jorda. Som omtalt tidligere i rapporten, ser det ut til å være en positiv sammenheng mellom P-AL nivået i jorda og innholdet av fosfor i graset. Samtidig er grasproduksjon den planteproduksjonen som tar ut størst biomasse per arealenhet. Det er også en positiv sammenheng mellom protein- og fosforinnhold i grasbasert grovfôr. Agronomiske tiltak for å sikre høye grovfôravlinger med høyt energi- og proteininnhold vil gi et høyt grovfôropptak i husdyrproduksjonen. Et høyt proteininnhold i grovfôret vil kunne redusere bruken av proteinfôrmidler som har et høyere innhold av fosfor enn korn og betefiber, og som kan utgjøre en større andel av fôrrasjonen hvis grovfôret har tilstrekkelig med protein. Denne studien viser at økt antall slåtter gir grovfôr med høyere fosforinnhold. Et aktuelt tiltak er derfor å øke til 4 eller 5 slåtter og ei mer bladgrasbasert eng (raigras, strandsvingel). Mer bruk av kløver i enga vil også gi et høyere fosforinnhold enn bruk av gras i reinbestand (Price et al., 2016).

Tiltak 5. Høyere proteininnhold i førkorn.

Enmaga dyr, som svin og fjørfe, spiser kraftfôr hvor råvaresammensettingen i hovedsak består av karbohydrat- og proteinråvarer. Dominerende karbohydratråvarer til disse dyreslagene er bygg, hvete og mais, mens dominerende proteinråvarer er soyamjøl, rapseksPELLER og maisgluten. Proteinråvarene har et høyere fosforinnhold enn karbohydratråvarene, og en interessant strategi er å øke innholdet av protein i våre kornarter, noe som er mulig både gjennom genetisk seleksjon og gjødsling. Effekten av disse to tiltakene er noe forskjellig i forhold til effekt på essensielle aminosyrer, og det må vektlegges ved vurdering av aktuelle tiltak. Ut fra et fosforperspektiv vil tiltak som stimulerer til økt proteininnhold i korn være interessant da det vil redusere bruken av typiske proteinråvarer. Eksempelvis vil 1 %-enhet økning i proteininnholdet i norsk korn tilsvare 22 tusen tonn med soya, eller ca. 15 % av soyaforbruket i den landbaserte husdyrproduksjonen.

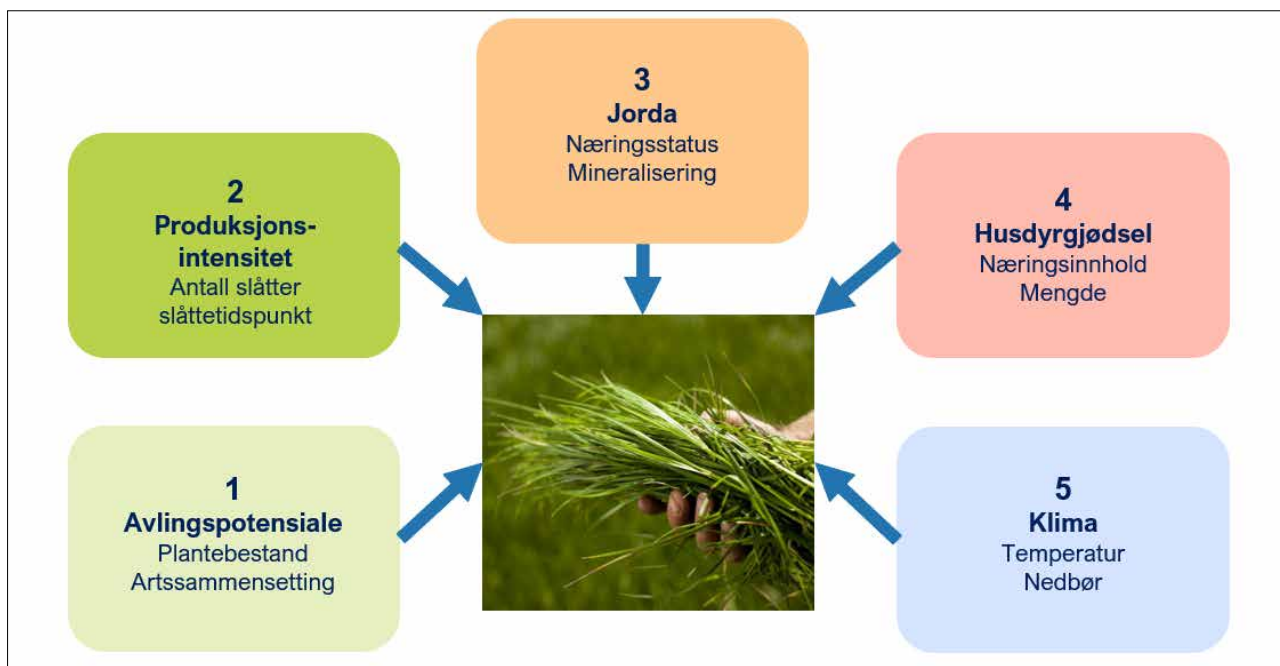
Tiltak 6. Fôring for høy fôrutnyttelse.

I alle husdyrproduksjoner er det viktig å oppnå høy fôrutnyttelse, også kalt fôreffektivitet. Det betyr at en høyest mulig andel av de tilførte næringsstoffene utnyttes av dyret, og ikke blir skilt ut i gjødsel og urin, samt som drivhusgasser. Fôrrasjonens sammensetting i forhold til dyrenes behov har stor betydning for fôreffektiviteten, noe som også er omtalt under Tiltak 1 og 2. Et annet viktig forhold er det som inngår i begrepet management eller driftsforhold. Viktige forhold her er lengde på oppdrettsperioden for livdyr, antall laktasjoner eller levetiden for mordyr. Ved et gitt produksjonsvolum (melk, konsesjonsgrenser, fjøskapasitet) vil en høy avdrått eller kort oppfôringstid gi en høyere fôrutnyttelse. Tabell 4 illustrerer dette for to ulike raser av slaktekylling som på grunn av ulik veksthastighet får ulik fôrutnyttelse. Å holde friske dyr friske er også en viktig strategi da syke dyr har en dårligere fôrutnyttelse. Fokus på et godt driftsopplegg er viktig, og må synliggjøres i verktøy som benyttes til beregning av næringsbalanser. I Norge har vi en god praksis for fôroptimering på gårdsnivå. Dette arbeidet bør styrkes ytterligere ved bruk av gode optimeringsverktøy og god rådgiving.

8.2 Tiltak i planteproduksjonen

Tiltak 7. Balansert gjødsling.

Optimal gjødsling settes i sammenheng med begrepet balansert gjødsling. Det betyr at det tilføres den mengde næringsstoffer som plantene trenger i forhold til det som tas ut gjennom avlinga, ikke bare i avlingsmengde, men også i avlingskvalitet. I utgangspunktet høres det enkelt ut, men plantenes opptak og tilgang til næringsstoffer i jorda er komplisert, og en rekke faktorer påvirker hvordan vi bør gjødsle for å oppnå en høy utnyttelse av næringsstoffene. Det gjelder både de som tilføres under gjødslingen og de som allerede ligger lagret i jorda. Figur 21 viser en oversikt over forhold som påvirker gjødslingsstyrken. Figuren kan også betraktes som et prosesskart for oppsett av en gjødselplan hvor vi tar hensyn til ulike forhold som bestemmer hvor mye husdyrgjødsel og mineralgjødsel vi skal tilføre plantene for å oppnå god vekst og en høy utnyttelse av næringsstoffene. Årlig utarbeides det gårds- og skiftespesifikke gjødselplaner. God datakvalitet som grunnlaget for planene, og at de følges, er avgjørende for at vi skal få riktig næringstilførsel og høy næringsutnyttelse. For å oppnå en høy fosforutnyttelse og unngå overgjødsling er det spesielt tre tiltak som det må fokuseres på. Primært gjødsler vi for å oppnå en ønsket avling, og derfor blir planlagt avlingsnivå selve driveren for gjødslingsstyrken. Gode avlingsestimater basert på historisk registrerte avlingsmengder er derfor viktig. Vi må bli mye flinkere til å registrere avlingen da det er helt avgjørende for å vurdere og planlegge gjødslingen. I tillegg til innhold av protein anbefales det at grovfôret analyseres for innhold av fosfor slik at det er mulig å beregne fosforbalanser på skiftenivå. Jordas næringsstatus har avgjørende betydning for gjødslingsstyrken. Regelmessig uttak av jordprøver er viktig og at disse blir hensyntatt ved oppsett av gjødselplan. Figur 13 viste at en høy andel av jordprøvene i Rogaland har et høyt innhold av P-AL og det indikerer at på fulldyrka mark kan mange droppe bruk av fosforgjødsel fra mineralgjødsel. Figur 16 viser at mange gårder har et lavt til middels pH nivå i jorda. Opptak av fosfor i graset er avhengig av pH i jorda (Price et al., 2016). Det samme er avlingsresponsen. God kalkstatus med en pH i jorda mellom 6,0 og 6,3 vil bidra til å ta ut større fosforreserver fra jorda. Flere bør etter vår mening vurdere vedlikeholdskalking for å opprettholde en stabil pH i jorda ved siden av kalking i forbindelse med engfornyning.



Figur 21. Forhold som bestemmer gjødselstyrke og næringsutnyttelse ved plantevekst

Husdyrgjødsel er en viktig del av gjødslingsstrategien da den tilfører både mineraler og organisk stoff. Kjemisk innhold i husdyrgjødsel varierer betydelig mellom gårder og gjenspeiler både lagringsmåte og fôringen av dyra. Selv ved samme tørrstoffinnhold varierer innholdet av fosfor betydelig og det er ikke uvanlig å se variasjoner på 20 %. Figur 5 og Tabell 4 viser at det ved endringer i fôringen er mulig å redusere innholdet av fosfor i husdyrgjødsel. For å få en god oversikt over fosforbalansen i forbindelse med planteproduksjonen anbefaler vi sterkt at det tas analyse av husdyrgjødsel, spesielt i en fase hvor det gjøres fôringsmessige tiltak for å redusere fosforinnholdet i gjødsel. Det er også viktig at det er tilgang til ulike typer av handelsgjødsel som er tilpasset driftsopplegg hvor husdyrgjødsel er den viktigste fosforkilden.

Tiltak 8. Redusert fôrsvinn ved høsting, lagring og fôring.

Undersøkelser har vist at man kan tape opp til 30 % av avlinga som fôrsvinn. Det er mange kilder for svinn, og det største tapet er knyttet til tapet av tørrstoff. For protein og fosfor er tapet mindre, men under ugunstige forhold kan tapet være opp mot 20 %. Disse tapene er først og fremst knyttet til svinn ved lagring av grovfôret, spesielt surfôr, og det kan være avrenning av pressaft og skjemt fôr på grunn av dårlig gjæringskvalitet. Det vil også være tap ved utfôring i fjøset. Fôrsvinn er et driftsproblem, og tiltak for å redusere fosfortapet er god håndtering av avfallsfôr og at dette resirkuleres tilbake til jorda. Dette er verdier som det er vanskelig å tallfeste, men er forhold som vurderes under tema for god drift.

Tiltak 9. Metoder og tidspunkt for spredning av husdyrgjødsel.

Ved en balansert gjødsling og riktig tildeling er det liten risiko for tap av fosfor til vassdrag via grunnvannet. Den største risikoen er tap som overflateavrenning og erosjon. Fosfor i husdyrgjødsel har en høy tilgjengelighet for plantevekst (100 %) og utnyttelsen er naturlig nok størst når husdyrgjødsel blir spredd om våren eller tidlig i vekstsesongen. Høstspredd husdyrgjødsel vil føre til lavere opptak hos plantene og en større risiko for avrenning.

Fokus på å spre gjødsel om våren eller tidlig i vekstsesongen, samt tilstrekkelig med lagerkapasitet for husdyrgjødsel, er viktige tiltak for å redusere tap og miljøbelastningen fra fosfor.

Tiltak 10. Regionale tiltak som behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg, og transport av biogjødsel ut av regionen.

I Rogaland ligger forholdene godt til rette for biogassproduksjon, og det er tre større initiativer i fylket: Vindafjord, Stavanger og Jæren. To av disse initiativene søker nå ENOVA-støtte. Initiativene arbeider for å finne bærekraftige løsninger for bioresten. Det planlegges en gjødselabrikk på Jæren som skal lage biogjødsel av bioresten. Biogjødsel skal brukes i kornområdene som har bruk for både fosfor og karbon i jorda. I prosjektet MAFIGOLD arbeider NIBIO Særheim tverrfaglig mellom landbruk og havbruk for bedre kunnskapsgrunnlag om produkter og bruksområder for bioresten. Et nyopprettet samarbeid mellom Biogass Oslofjord og Rogaland biogassnettverk skal støtte biogassinitiativene i produksjon, transport og marked for biogjødsel. Tiltakene skal bidra til bedre ressursfordeling av fosfor mellom Rogaland og Østlandet, mer optimal bruk av en begrenset ressurs, og redusert fosforlekkasje til vassdragene i Rogaland. Tiltaket er ikke debattert ytterligere her.

9. Konklusjon og videre oppfølging

Målet med dette prosjektet har vært å oppdatere det faglige kunnskapsgrunnlaget for nytt gjødselregelverk. Rapporten viser at det er viktig å se sammenhengene mellom plante- og husdyrproduksjonene. Uten helhetlig tilnærming er det risiko for suboptimale løsninger fordi beslutninger blir fattet på feil grunnlag. I forhold til tidligere publikasjoner og rapporter har vi i større grad inkludert kunnskap knyttet til husdyrproduksjonen og dennes betydning for fosforbalanser både i jord og på gårdsnivå. Resultatene viser at det er grunnlag for høyere uttak av fosfor enn 2,1 og 2,5 kg per daa som er henholdsvis Miljødirektoratets og Landbruksdirektoratets laveste anbefalte nivå ved nytt gjødselregelverk. Uttaket av fosfor gjennom avlingene er større enn i tidligere beregninger. Det skyldes en kombinasjon av høyere tørrstoffavlinger og fosforinnhold i grovfôret. Det gir en lavere positiv fosforbalanse i jord og en lavere risiko for fosforoverskudd. Tidsrekken over P-AL i jord over en periode på 55 år viser en uendret trend og indikerer at dagens fosfortilførsel er i balanse.

Rapporten viser også et oppdatert faggrunnlag for utskillelsen av fosfor fra husdyrene, og beregninger viser at det har stor betydning når man vurderer konsekvensene for nytt krav til spredeareal. Resultatene viser at ved å justere fosforinnholdet i kraftfôret er det mulig å oppnå en vesentlig reduksjon i fosforutskillelsen. Beregninger av fosforbalanse på gårdsnivå, samt beskrivelse av ulike tiltak, viser at det er mulig å redusere fosforbelastningen og oppnå et forhold mellom tilført og uttak av fosfor i nærheten av 1:1. Det viktigste tiltaket er å justere fosforinnholdet i kraftfôret. Det er et tiltak det er mulig å følge opp og kontrollere.

Våre beregninger viser at ved å øke GDE-normen fra 14 til 15 kg fosfor per år og senke fosforkravet til 3,0 kg per daa, vil vi oppnå om lag samme behov for spredeareal som i dag når innholdet av fosfor i kraftfôret reduseres og fôringsstrategier justeres. Samtidig viser våre data at uttaket av fosfor gjennom grovfôravlingene i gjennomsnitt er 3,5 kg per daa. Det betyr at et gjødselkrav på 3,0 kg per daa over tid vil bedre fosforbalansen.

For at bonden skal kunne ta ut en positiv effekt av endret fôrsammensetting og fôringsstrategier, eksempel avdråttstnivå og fremfôringstid, er det viktig med en mer differensiert GDE-tabell som ligger utenom forskriften, og som fanger opp tiltakene som den enkelte bonde iverksetter for å øke fosforutnyttelsen og redusere fosforbelastningen til jorda. Rapporten beskriver også andre praktiske tiltak som vil være mulig å følge opp uten å måtte øke kontrollbehovet og øke kostnaden for næringen. Hvis tiltakene gjennomføres, vil det gi en høyere utnyttelse av fosfor i norsk jordbruk uten vesentlig skjerping av kravet til spredeareal. Det gir mulighet for å opprettholde jordbruksproduksjon, unngå å påføre landbruket økte kostnader, samtidig som utslipp av fosfor til vassdragene reduseres.

Referanser

Antikainen, R., Lemola, R., Nousiainen, J.I., Sokka, L., Esala, M., Huhtanen, P and Rekolainen, S. 2005. Stocks and flows of nitrogen and phosphorus in the Finnish food production and consumption system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 107:287-305.

Bogsti, Emma. 2018. *Beskrivelse av ulike driftsformer av slaktekylling i Norge*. Masteroppgave 2018. Fakultet for Biovitenskap, NMBU.

Bougouin, J.A.D., Appuhamy, R.N., Kebreab, E., Dijkstra, J., Kwakkel, R.P and France, J. 2014. Effects of phytase supplementation on phosphorus in broilers and layers: A meta-analysis. *2014 Poultry Science* 93 :1–12, doi:10.3382/ps.2013-03820.

Brod, E., Øgaard, A.F., Haraldsen, T. and Krogstad, T. 2014. Waste products as alternative phosphorus fertilisers part II: Predicting P fertilization effects by chemical extraction. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 103 (2):187-199.

Hanserud, O.S., Brod, E., Øgaard, A.F., Müller, D.B. and Brattebø, H. 2015. A multi-regional soil phosphorus balance for exploring secondary fertilizer potentials – the case of Norway. *Nutr. Cycl. Agroecosyst., Open Access*, doi:10.1007/s10705-015-9721-6

Hjelt, A.L., Dombu, S.V, Pettersen, I., Bjørgan, M., Øgaard, A.F, Bechman, M og Bonesm, H. 2021. Samfunnsøkonomisk effektiv håndtering av økt gjødseloverskudd. Supplerende utredning til revisjon av gjødselregelverket. NIBIO Rapport Nr. 50

Karlengen, I. J., Svihus, B., Kjos, N. P., Harstad, O. M., Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, & Universitetet for miljø- og biovitenskap. 2012. Husdyrgjødsel; oppdatering av mengder gjødsel og utskillelse av nitrogen, fosfor og kalium. Ås: NMBU.

Krogstad, T. 1987. Utvikling og vurdering av fosfortilstand i dyrka jord i perioden 1960-85 med hovedvekt på Romerike og Jæren. *Jord og myr* 5:153-163.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G. (1996) *Animal Nutrition*. 5th Edition

Molværsmyr Å., Skautvedt E., Hereid S.W., Mjelde M., Jensen M.T.S. Overvåking av innsjøer og elver i Jæren vannområde 2021. Rapport 3-2022 NORCE Klima og miljø.

Price, P-N, Smith, K. and Williams, J. 2016. Review of evidence on the principles of crop nutrient management and nutrition for grass and forage crops. *Research Review* No. 3110149017. Agriculture & horticulture development board.

Sheffield, R., Brown, B., Chahine, M., Marti, M.d.H. and Falen, C. 2008. BUL 851. Mitigating high-phosphorus soils. University of Idaho Extension.

Solheim A.L., Haande S., Dillinger B., Perssin J., Skjelbreid B., Mjelde M., Eutrofiering av norske innsjøer. Tilstand og trender. NIVA RAPPORT L.NR. 7744-2022

Volden, H. 2011. NorFor – The Nordic feed evaluation system. EAAP publication No. 130. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.

Øgaard, A., Kristoffersen, A., & Bechmann, M. 2016. Utredning av forslag til forskriftskrav om tillatt spredemengde av fosfor i jordbruket. NIBIO Rapport Nr 131.

Vedlegg 1

Effekt av fosfor i kraftfôret på behovet for fosfor i grovfôret og utskillelsen i gjødsel og urin.

Vedlegg 2

NLR-Kretsløpstolken. Næringsstoffrekneskap for å dokumentere fosforbalansar på gardsnivå.



Disse har utarbeidet rapporten:



Felleskjøpet

Rogaland Agder — siden 1899

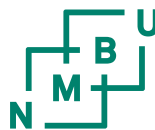


**Rogaland
Landbrukspark**



**Norsk
Landbruksrådgiving**

Rogaland



Noregs miljø- og
biovitskaplege
universitet

Disse har støttet prosjektet økonomisk:



**LANDBRUKSRÅD
ROGALAND**



**Rogaland
fylkeskommune**

Effekt av fosfor i kraftfôret på behovet for fosfor i grovfôret og utskillelsen i gjødsel og urin

Rapport utarbeidet 25.07.21 av Harald Volden, NMBU

1. Innledning og bakgrunn

På forespørsel fra Felleskjøpet Rogaland Agder er NMBU spurt om å gjennomføre beregninger for å vurdere effekten av fosfor (P) i kraftfôr på utnyttelsen av P i fôrrasjonen, utskillelsen av P i gjødsel og urin samt og behovet for P i grovfôret. Bakgrunnen for oppdraget er forslaget til revidert forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav lagt fram av Landbruksdirektoratet, Mattilsynet og Miljødirektoratet i mars 2018. Forslaget til revidert forskrift er utarbeidet på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet (LMD), i samråd med Klima- og miljødepartementet (KLD).

Dagens forskrift for spredning av husdyrgjødsel stiller krav til spredeareal, hovedsakelig som beregnet mengde P per dyreenhet. Kravet til spredeareal angis i gjødseldyrenheter (GDE), og er i forskriften definert som den mengden med P som dyra skiller ut i gjødsel og urin. Én GDE er definert som en utskilt mengde på 14 kg P per år i husdyrgjødsel. I dagens regelverk skal gjødsla fra én GDE fordeles på fire dekar (daa) noe som tilsvarer 3,5 (14/4) kg P per daa.

I den reviderte forskriften legges det til grunn nyere beregninger for utskillelsen av P i gjødsel og urin hos melkeku basert på beregninger publisert i en rapport utarbeidet av Karlengen et al. (2012). I beregningene er det lagt til grunn fôrrasjoner med 2,8 gram P per kg tørrstoff (TS) i grovfôret og 5 gram per kg TS i kraftfôret. I beregningene er det ikke tatt hensyn til hvordan utskillelsen og utnyttelsen av P er påvirket av fôrmidlenes fosforinnhold. Det er derfor behov for nye beregninger for å vurdere hvordan utskillelsen er påvirket av fosforinnholdet i fôrrasjonen og hvordan fosforinnholdet i grovfôr og kraftfôr kan reguleres for å øke utnyttelsen. I denne rapporten er det derfor gjennomført nye beregninger for å evaluere hvordan innholdet av P i grovfôr og kraftfôr, samt grovfôrets energiinnhold påvirker behovet for P i kraftfôr og utskillelsen av P i gjødsel og urin.

2. Foreslåtte endringer i regelverket

I 2018 presenterte Landbruksdirektoratet, Mattilsynet og Miljødirektoratet et forslag til revisjon av gjødselvarerforskriften. Forslaget er at gjødselvarerforskriften blir erstattet av to



forskrifter; en gjødselwareforskrift og en gjødselbrukforskrift. For gjødselbrukforskriften, har Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet kommet med hver sine forslag for krav til spredemengde. Tabell 1 viser utdrag fra de foreslåtte endringene som har betydning for denne rapporten. I forslaget til ny gjødselbrukforskrift foreslås mengde P per GDE økt fra 14 til 15 kg. Bakgrunnen for økningen er beregningene publisert av Karlengen et al. (2012) som viser at en økning i avdråttsnivået hos melkeku har ført til et høyere utslipp av P i gjødsel og urin. Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet har fremmet ulike forslag til ny forskrift. Begge direktoratene anbefaler en lavere mengde P per daa og dermed et større krav til spredeareal. Det er verdt å merke seg at begge direktoratene ønsker å se på kombinasjonen av husdyrgjødsel og handelsgjødsel ved fastsetting av grenseverdier, og Landbruksdirektoratet ønsker også å inkludere nitrogen i gjødselbrukforskriften.

Tabell 1. Utdrag av foreslåtte endringer til nytt regelverk i gjødselbrukforskriften fra Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet

Virkeområde	Dagens forskrift	<i>Forslag til ny forskrift</i>	
§ 24 (1) Spredeareal	Spredning av gjødselvarer kan bare skje på godkjent spredeareal. Fulldyrket og overflatedyrket jord	Inkluderer innmarksbeitearealer så langt de mottar tilskudd til drift av jordbruksareal, jf. forskrift av produksjonstilskudd. Mot vassdrag – etterlate en ugjødslet sone på minst 2 meter. På innmarksbeite – minst 6 meter mot vassdrag. Ingen krav om spredemetode.	
§ 24 (2) Oppjustering av normtall – gjødseldyrenheter (GDE)	En GDE tilsvarer utskilt mengde fosfor på om lag 14 kg i husdyrgjødselen.	Nytt kunnskapsgrunnlag legger til grunn at fosformengden per GDE har økt fra 14 kg til 15 kg fosfor.	
		Landbruksdirektoratet	Miljødirektoratet
§ 24 Spredemengde	4 daa per GDE tilsvarer 3,5 kg fosfor per dekar	3 kg fosfor/daa på fulldyrka/overflatedyrka areal. Tilsvarer 5 daa/GDE. Innen 5-7 år. 2 kg fosfor/daa på innmarksbeiter, 7,5 daa/GDE. Innen 5-7 år. Maksverdi på 3,5 kg fosfor/daa og 35 kg nitrogen/daa ved kombinasjon med mineralgjødsel/andre kommersielt omsatte gjødselvarer. Innen 10 år en grense på 2,5 kg fosfor/daa, 6 daa/GDE og maks 3 kg fosfor/daa ved kombinasjon husdyrgjødsel og mineralgjødsel.	Går bort fra kravet til spredeareal i forhold til GDE, og skal reguleres mest mulig uavhengig av gjødselslag. Maksimalt 2,4 kg/fosfor/daa/år – innen 5 år. På sikt en maks grense på 2,1 kg fosfor/daa/år. Gis unntak når kravet ikke treffer og vil gå ut over avlingsnivå. Strengere/supplerende krav i nedbørsfelt.



3. Utskillelse av fosfor i gjødsel og urin

Landbruksdirektoratets og Miljødirektoratets forslag til endring av mengde P per GDE hos melkeku er basert på beregninger av Karlengen et al. (2012) hvor mengde P utskilt i gjødsel og urin er basert på simuleringer med fôrvurderingssystemet NorFor (Volden, 2011). NorFor er et dynamisk mekanistisk fôrvurderingssystem som beregner behovet for P til ulike livsytringer (vedlikehold, melk, fosterproduksjon, tilvekst/mobilisering), samt at det beregner utskillelsen av P i gjødsel og urin og derfor muliggjør å vurdere fôrets utnyttelse av P. I simuleringene til Karlengen et al. (2012) ble det lagt til grunn et fosforinnhold i grovfôret på 2,8 gram per kg TS og 5,0 gram per kg TS i kraftfôret. Ligningen som ble anbefalt brukt for å beregne mengde utskilt P var følgende:

$$P \text{ utskilt i gjødsel og urin} = 3,358 + (0,00128 * Y) + (0,00286 * V)$$

Hvor:

P utskilt i gjødsel og urin = kg P per ku per år

Y = Energikorrigert melk, kg per år

V = ku vekt, kg

Ligningen viser at mengde P utskilt i gjødsel og urin øker med 1,28 kg per 1000 kg økning i melkeytelse. Ved en melkeytelse på 8650 kg EKM som tilsvarer gjennomsnittsyttelsen rapportert i Kukontrollen fra 2020 så er beregnet utskillelse 16,1 kg per år. Som nevnt ovenfor tar ikke denne ligningen hensyn til fosforinnholdet i fôret.

4. Datagrunnlag for nye simuleringer

For å undersøke hvordan innholdet av P i grovfôr og kraftfôr i tillegg til ytelse påvirker utskillelsen, samt behovet for P i kraftfôr er det laget et datasett for å simulere ulike produksjonssituasjoner. Simuleringene ble gjennomført med TINE OptiFôr. Følgende kombinasjoner dannet grunnlag for datasettet:

1. Tre ytelsesnivåer; 7000, 9000 og 11000 kg EKM i årsavdrått
2. Fosfor i kraftfôret; 4 og 5 gram per kg TS
3. Fosfor i grovfôret; 2,6, 3,0 og 3,4 gram per kg TS
4. Energiinnhold i grovfôret; 5,8 og 6,5 NEL20 per kg TS (0,82 og 0,92 FEm per kg TS)

Som kraftfôr ble Formel Elite 80 fra FKRA valgt som referansekraftfôr da pre-simuleringer med Formel Favør 80, Formel Elite 80 og Formel Premium 80, ga små utslag på utskillelsen



av P når 4 og 5 gram per kg TS ble lagt til grunn for simuleringene. En oversikt over fôrmidlene brukt i simuleringene er vist i Tabell 2. Simuleringene ble gjennomført med ytelser for standard laktasjonskurver med 14 dagers tidsintervaller. Til sammen er det gjennomført simuleringer for totalt 720 ulike fôrrasjoner. Basert på simuleringsresultatene er det utarbeidet ulike statistiske modeller i forhold til utslipp, utnyttelse og fosforbehov.

Tabell 2. Oversikt over fôrmidlene brukt i simuleringene

Komponent	Grassurfôr lav fordøyelighet (006-0463)	Grassurfôr høy fordøyelighet (006-461)	Formel Elite 80 (149-0111)
Aske, g/kg TS	68	72	82
Råprotein, g/kg TS	150	162	196
Råfett, g/kg TS	34	36	65
NDF, g/kg TS	538	477	218
Stivelse, g/kg TS	-	-	321
Kalsium, g/kg TS	4,4	4,3	7,9
P, g/kg TS	2,6/3,0/3,4	2,6/3,0/3,4	4,0/5,0
NEL20, per g TS	5,71	6,51	7,08
AAT20, per kg TS	78	83	122
PBV20, per kg TS	31	34	19
FEm, per kg TS	0,82	0,92	1,01

I NorFor benyttes en faktoriell metode for å bestemme fosforbehovet, dvs. behovet bestemmes kvantitativt (g/dag) til vedlikehold, melkeproduksjon, fosterproduksjon og mobilisering/tilvekst for deretter å bli summert til et daglig behov uttrykt i gram. Dette er faglig sett den mest korrekte måten å beregne behovet på. I praksis er det imidlertid vanlig å uttrykke mineralbehovet som en andel av tørrstoffopptaket og basert på de 720 ulike simuleringsrasjonene er fosforbehovet i gjennomsnitt beregnet til 3,3 gram per kg TS. I simuleringene er det forutsatt en melkeperiode på 305 dager og en sinperiode på 60 dager.

5. Simuleringsresultater

Tabell 3 viser en oversikt over ligninger for å beregne utslippet av P i gjødsel og urin (Ligning 1-4) og behovet for P i kraftfôret for å dekke kuas fosforbehov (Ligning 5-7). Ligning 1 er sammenlignbar med modellen utviklet av Karlengen et al. (2012) og viser at ytelse er den enkeltvariabelen som har størst betydning for utskillelsen av P i gjødsel og urin. Det skyldes den positive korrelasjonen mellom ytelse og fosforbehov og en positiv sammenheng mellom ytelse og tørrstoffopptak. Ved en årsytelse på 8650 kg EKM viste modellen til Karlengen et al. (2012) en utskillelse på 16,1 kg P per år, mens Ligning 1 ved samme ytelse gir en utskillelse på 15,3 kg. Det viser at det er viktig å ta hensyn til fôrets fosforinnhold ved



beregning av utnyttelse og utskillelsen av P. Derfor er det i Ligning 2-4 tatt hensyn til dette. I simuleringsdatasettet er innholdet av P i fôrmidlene i gjennomsnitt lavere enn det som ble benyttet i simuleringene til Karlengen et al. (2012). Ved å ta hensyn til innholdet av P i grovfôret og kraftfôret øker prediksjonssikkerheten (R^2) til 0,77 og feilvariansen (RMSE) reduseres til 1,59 kg. En ytterligere forbedring av prediksjonen oppnås dersom man tar hensyn til enten fôrrasjonens energiinnehold eller innholdet av energi i grovfôret. En høyere fosforutnyttelse med økt energikonsentrasjonen skyldes en effekt på fôropptaket som går ned med økt energikonsentrasjon ved en gitt ytelse og dermed et lavere tap av endogen P i gjødsel. En annen forklaring er at fosforinnholdet er høyere i kraftfôrblendingene enn i grovfôret og med en økt energikonsentrasjon i grovfôret går behovet for kraftfôr ned for å dekke energibehovet til en gitt ytelse. Resultatene viser at det er et samspill mellom grovfôrets energikonsentrasjon og fosforinnhold på utskillelsen av P i gjødsel og urin.

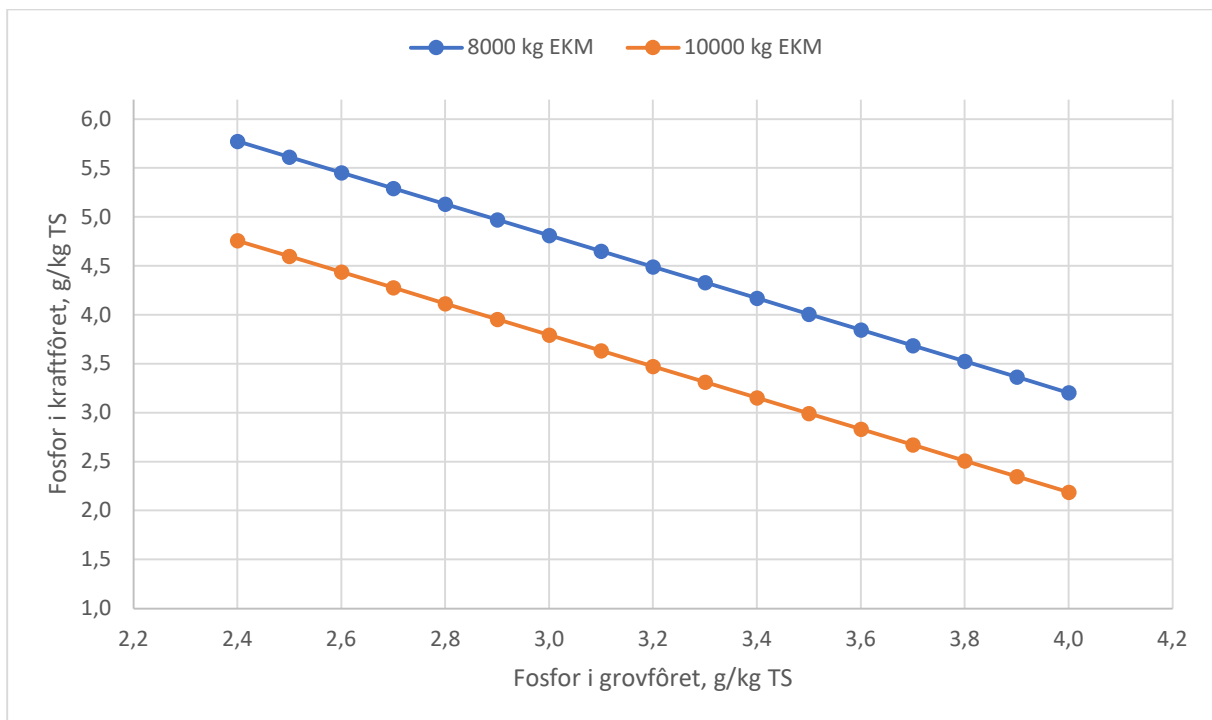
Tabell 3. Ligninger for å beregne utskillelsen av P i gjødsel og urin og behovet for P i kraftfôret.

Ligning	Avhengig variabel	ligning	R^2	RMSE
1	P utskilt i gjødsel og urin, kg/år	$= 4,5 + 0,00125 \times \text{EKM}^a$	0,44	2,39
2		$= -18,4 + 0,00125 \times \text{EKM} + 3,95 \times \text{P_gr}^b + 2,46 \times \text{P_kr}^c$	0,77	1,59
3		$= 24,0 + 0,00126 \times \text{EKM} + 3,95 \times \text{P_gr} + 2,46 \times \text{P_kr} - 6,60 \times \text{NEL_TS}^d$	0,97	0,60
4		$= 3,0 + 0,00125 \times \text{EKM} + 3,95 \times \text{P_gr} + 2,46 \times \text{P_kr} - 3,5 \times \text{NEL20_gr}^e$	0,97	0,57
5	Behov for P i kraftfôr, g/kg TS	$= -3,7 - 0,000290 \times \text{EKM} - 1,33 \times \text{P_gr} + 2,22 \times \text{NEL_TS}$	0,83	0,22
6		$= 9,45 + 0,00008213 \times \text{EKM} - 1,32 \times \text{P_gr} - 0,062 \times \text{kr_andel}^f$	0,82	0,23
7		$= 3,35 - 0,0002935 \times \text{EKM} - 1,36 \times \text{P_gr} + 1,205 \times \text{NEL20_gr}$	0,85	0,21

^aEKM = energikorrigert melk, kg/år; ^bP_gr = P i grovfôr, g/kg TS; ^cP_kr = P i kraftfôr, g/kg TS; ^dNEL_TS = energikonsentrasjon i fôrrasjonen, MJ/kg TS; ^eNEL20_gr = energikonsentrasjon i grovfôret, MJ/kg TS; ^fKr_andel = andel kraftfôr i fôrrasjonen, %

Basert på Ligning 4 viser Figur 1 eksempel på behovet for P i kraftfôret med forskjellig fosforinnhold i grovfôret ved en utskillelse av 15 kg P i gjødsel og urin per år. En utskillelse på 15 kg tilsvarer det nye forslaget til én GDE. Figuren viser effekter for to avdråtsnivå, 8000 og 10000 kg EKM, og det er benyttet en energikonsentrasjon i grovfôret på 6,2 MJ/kg TS. Analyser viser at 80 % av grovfôret i Rogaland har et fosforinnhold mellom 2,8 og 3,4 g/kg TS. Det betyr at ved middels avdråtter (8000 kg) vil et fosforinnhold i kraftfôret i intervallet

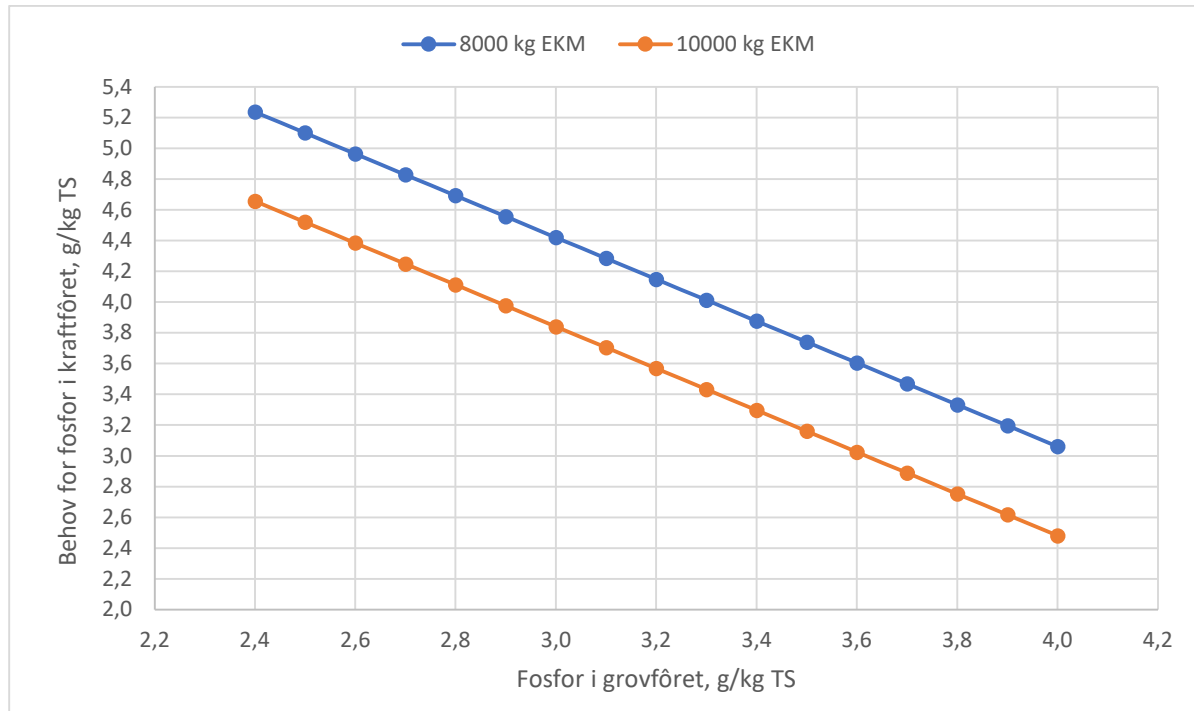
4-5 g/kg TS gi et utslipp på 1 GDE. Ved høye avdråtter (10000 kg) vil et innhold på 3-4 g/kg TS gi et utslipp på 1 GDE.



Figur 1. Sammenheng mellom P i grovfôret og P i kraftfôret ved utskillelse av 15 kg P i gjødsel og urin per år. I figuren er det brukt en energikonsentrasjon i grovfôret på 6,2 MJ/kg TS

Ligningene 5-7 beregner behovet for P i kraftfôret, uttrykt som gram per kg TS, ved ulike melkeavdrått og fosforinnhold i grovfôret. Også her har grovfôrets energikonsentrasjon betydning for kravet til P i kraftfôret (ligning 7), og viser et økt krav til P i kraftfôret med økt energikonsentrasjon i grovfôret. Figur 2 viser hvordan kravet til P i kraftfôret påvirkes av fosforinnholdet i grovfôret ved to ulike ytelsesnivå (8000 og 10000 kg EKM). I figuren er det brukt en NEL20 verdi i grovfôret på 6,2 MJ/kg TS. Ved en avdrått på 10000 kg EKM vil 4 gram P per kg TS i kraftfôret være tilstrekkelig hvis grovfôret har et fosforinnhold høyere enn 2,8 g/kg TS. Ved en avdrått på 8000 er tilsvarende krav til P i kraftfôret 4,7 g/kg TS. Med et fosforinnhold i grovfôret på 3 g/kg TS vil behovet i kraftfôret være henholdsvis 3,8 og 4,4 g/kg TS ved 10000 og 8000 kg EKM. I figuren er det benyttet samme energikonsentrasjon i grovfôret ved de to ytelsesnivåene. En dårligere grovfôr kvalitet vil ved et gitt avdråttsnivå gi et økt behov for kraftfôr. Det vil redusere kravet til P i kraftfôret for å dekke behovet så lenge

P innholdet i kraftfôret er høyere enn i grovfôret. Ligningene 4 og 7 i Tabell 3 kan benyttes til å gjennomføre flere simuleringer for å fastsette et mer optimalt fosfornivå i kraftfôret.



Figur 2. Behovet for P i kraftfôret til melkeku ved forskjellig innhold av P i grovfôret ved to ulike avdråttsnivå.

6. Konklusjon

Forslagene til ny gjødselbrukforskrift vil gi skjerpet krav til spredeareal for husdyrgjødsel. I denne rapporten er det utviklet ligninger for å beregne utskillelsen av P i gjødsel og urin hos melkeku når det tas hensyn til fosforinnholdet i grovfôr og kraftfôr. Modellene viser ikke overraskende at ved siden av avdråttsnivået, har innhold av P i grovfôret og kraftfôret betydning for mengde P utskilt i gjødsel og urin. De foreslåtte ligningene kan benyttes til å beregne behovet for P i kraftfôr for å dekke melkekuas fosforbehov og til å beregne effekten av P i kraftfôret ved en gitt GDE.



NLR-Kretsløpstolken

*Næringsstoffrekneskap for å dokumentere
fosforbalansar på gardsnivå*

Jørn Viste - 2022



Innhold

Bakgrunn	3
Samandrag	3
Metode	4
NLR-Kretsløpstolken	4
Mjølkekemengde	4
Kjøttproduksjon.....	4
Arealbruk og fosfornivå i jord	4
Tre måtar å berekne grovfôravling	5
NLR-Kretsløpstolken og avlings tall.....	5
Beite	6
Andre produksjonar.....	6
Organisk gjødsel	6
Handelsgjødsel	7
Jord og planter	7
Øvrige	7
Resultat og rådgjeving til bonden	8
Gard 1	8
Gard 2.....	8
Gard 3.....	9
Gard 4.....	9
Gard 5.....	10
Gard 6.....	10
Gard 7	10
Samandrag av resultat frå NLR-Kretsløpstolken	12
Oppnådd P-balanse i 2021	12
Berekna kg P/GDE.....	13
Rådgjeving for å oppnå P-balanse	14
Endring i kg P/GDE ved endra fôring	15
Leveranse av mjølk per årsku og kg P/GDE.....	16
Arealbehov per GDE for å oppnå P-balanse	17
Moglege feil i NLR-Kretsløpstolken.....	17
Konklusjon og implikasjon	18
Referansar	19

Bakgrunn

Bakgrunnen for denne rapporten om NLR-Kretsløpstolken er styresmaktene sitt arbeid med ny gjødselbrukforskrift. Landbruksdirektoratet foreslår 3 kg P/dekar, og gardsbruk med næringsstoffrekneskap kan tilføre 3,5 kg P/dekar. Etter 10 år vil dette bli stramma inn til 2,5 kg P eller 3 kg P/dekar med næringsstoffrekneskap. I den gamle forskrifta er ein GDE berekna til 14 kg P/ku, medan i dei nye forslaga er dette auka til 15 kg P/ku. Ved føring av kyr med ei norm på 3,3 gram P/kg ts kan ein kanskje komme ned i 12-13 kg P/ku. Eit næringsstoffrekneskap kan vere ein metode for å dokumentere dette.

Universitetet i Wageningen har på vegne av meieribransjen i Nederland utvikla den såkalla Kringloopwijzer. Bart Van Gool frå Norsk Landbruksrådgiving Hordaland, har fått denne oversett til norsk. NLR-Kretsløpstolken bereknar utnyttinga av N og P, og i tillegg endring av organisk stoff i jord, CO₂, metan og lystgass utslepp.

Samandrag

NLR-Kretsløpstolken er spesielt utvikla for mjølkeprodusentar. Fordelen for bonden er moglegheita til å evaluere eiga drift, spare kostnader og finne det optimale punktet for tildeling av næring til plantene og dyra. Målet med ein Kretsløpstolk er å finne fram til ei drift på garden som er berekraftig i forhold til både: økonomi, agronomi, klima og miljø. Tiltaka som betyr mest er knytt til driftsleiing, innkjøp av kraftfôr og gjødsel, og sal av mest mogleg husdyr- eller planteprodukt.

Kapittelet «Metode» er tenkt brukt av rådgjevar eller bonde som bruker NLR-Kretsløpstolken. Nedst på denne sida står adressa for nedlasting av den norske varianten av NLR-Kretsløpstolken.

Kapittelet «Resultat og rådgjeving til bonden» er kva råd som er gitt til dei sju gardane det er laga næringsstoffrekneskap til. For kvar gard er det eigne rapportar som viser resultatet for 2021. I tillegg er det laga eigne rapporter med forslag til korleis ein kan forbetre drifta for det komande året.

«Samandrag av resultat frå NLR-Kretsløpstolken» gir bakgrunnsverdiar som er nytta i rapporten: «Oppdatert faggrunnlag for redusert fosforutslipp fra husdyrproduksjonene i Rogaland».

I det siste kapittelet «Konklusjon og implikasjon» diskuterer ein kva konsekvensar, verknader eller følgjer bruk av NLR-Kretsløpstolken kan ha.

Kringloopwijzer, Wageningen University & Research www.mijnkringloopwijzer.nl

NLR-Kretsløpstolken kan lastes ned på norsk.

Metode

NLR-Kretsløpstolken

Tala som ein treng for å lage ein kretsløpstolk, er knytt til innhaldet av fosfor, nitrogen og karbon. Dette kjem frå innkjøpte og selde mengder av varer som inneheld nitrogen og fosfor. Tala finn ein hjå: meieri, slakteri, kraftfôrprodusent, mineralleverandør, fôr-, gjødsel- og jordanalysar. I tillegg nyttar ein tal frå Kukontrollen, Ingris, skatterekneskapet, arealfordeling mellom gras og plante-produksjon, fjøstype og intervju med bonden om fleire andre tema.

Mjølkmengde

I Norge blir mjølk levert til meieriet oppgitt som liter mjølk. Kretsløpstolken bruker kg mjølk. Leveransen er difor omrekna frå liter til kg mjølk.

Liter levert mjølk x 1,03 kg/liter = Kg mjølk

Omrekninga til energikorrigert mjølk, EKM kan gjerast med formelen:

$\text{Kg Mjølk} \times ((\text{Fett \%} \times 0,122) + (\text{Protein \%} \times 0,077) + 0,25) = \text{Kg EKM}$

Kjøttproduksjon

I Kretsløpstolken legg ein inn tal årskyr og tal årsungdyr. Årsungdyr nyttar vi ikkje i Norge. Har difor tatt eit snitt av ungdyr 1.01 og 31.12. Kjøp og sal av livdyr, slakt og leverte kadaver legg ein òg inn.

Under ei eiga fane legg ein inn kraftfôrkrevjande husdyr og andre drøvtyggjarar.

Arealbruk og fosfornivå i jord

Arealet fordeler ein mellom mais, åker, gras på dyrka jord og grasareal med restriksjonar.

Jorda blir inndelt i ulike klassar. I Nederland nyttar ein fosfat, medan vi i Norge brukar fosfor målt som P-AL. I følge Store Norske Leksikon, er omrekningsfaktoren for fosfat til fosfor 0,437. I Kretsløpstolken deler ein jorda i ulike fosfatklassar. Disse klassane er rekna om til fosforklassar, og arealet på gardane er fordelt med tal dekar i fire forskjellige fosforklassar:

Klasse	Grasareal	(NL-fosfat)	Åkerareal	(NL-fosfat)
Høg	P-AL >22	(>50)	P-AL >24	(>55)
Nøytral	P-AL 12-21	(27-50)	P-AL 16-23	(36-55)
Låg	P-AL 8-11	(<27)	P-AL 12-15	(< 36)
Fosforfattig, P-fikserande	P-AL <7	(<16)	P-AL < 11	(< 25)

Arbeidsgruppe for gjødselregelverk i Rogaland har i 2021 hatt avlingsregistreringar via rundballar på 6 av 7 gardsbruk som det er laga Kretsløpstolkar hjå. Gard nr 2 er tatt med for å teste om også plansilo gir sikre nok tal. Sidan vi har hatt avlingsregistreringar på alle gardane, har det vore mogleg å isolere kor stor del av avlinga som blir tatt opp på gjødsla udyrka jord. I Rogaland er omlag halve grasarealet gjødsla udyrka jord, heretter kalla kulturbeite.

Tre måtar å berekne grovfôravling

Det finns fleire ulike måtar å berekne avling på.

Avling 1: NIBIO og Norsk Landbruksrådgiving (NLR) nyttar ofte forsøksruter og måler avling på friskt gras. Vendeteigar og ensileringstap er ikkje med.

Avling 2: Avling målt etter ensilering blir noko redusert i forhold til rutforsøk. Dette er tap av tørrstoff som drysstap ved hausting, andings- og gjæringstap i silo, og eventuelt også via pressaft. For å berekne P-avling per dekar, på grunnlag av surfôrprøvar, må ein bruke avlinga på dette nivået.

– Magne Mo referer i Surfôrboka til Eurowilt-forsøka, Zimmer og Wilkins (1984) som viser eit samla ensileringstap mellom 15,7 og 18,6 %. Kjus (1990) hadde eit tilsvarande forsøk på Hellerud forsøks-gard som viser tap på jordet og i silo på 23,1 til 24,6 %.

– Masteroppgåva til Linn Abrahamsson ved SLU i 2012 viste at tørrstofftapa ved gjæring, pressaft, varmgang og kassert fôr frå siloar varierte frå 18 - 29,2%. Tørre rundballar var nede i 0,8 %.

Avling 3: Avling kan også bereknast via fôrbehov til vedlikehald, mjølk- og kjøttproduksjon. I tillegg bør det korrigerast for fôrutnytting. I det gamle danske FE-systemet var det vanlig å berekne ei fôrutnytting mellom 87 og 95 %. I NorFor er det ein liknande forskjell mellom NEL6 og NEL20. Oppnådd opptak av grovfôr deler ein deretter per dekar nytta til grovfôrproduksjon

NLR-Kretsløpstolken og avlingstall

I NLR-Kretsløpstolken registrer ein oppnådd avling på garden som ensilert fôr (avlingsnivå 2). Avlingsmengda registrerer ein som kg tørrstoff per slått eller per surfôrprøve. Frå surfôranalysane legg ein inn FEm-konsentrasjon, råprotein-, fosfor- og askeinnhald per kg tørrstoff. For kraftfôr, mineralblandingar og mjølkepulver oppgjer ein innhaldet per kg rå vare. For friskt gras og beite er det programmet som bestemmer innhaldet.

NLR-Kretsløpstolken etterkontrollerer input data og nyttar avlingsnivå 3 til å berekne avling som er oppnådd. I PDF-rapportane til NLR-Kretsløpstolken under «anneks 4A: Øvrig-Konfrontasjon matrise» ser ein korleis utrekning for avling er, og korleis det er korrigert for tap ved hausting, ensilering og fôrutnytting. Det spesielle er at fôropptaket ikkje blir berekna ut frå energibehov, men i staden nyttar ein behovet for fosfor. Forskjellen mellom oppnådd avling og berekna avling kan skuldast svinn som anding og varmgang i silo eller fullfôr, kassert fôr frå silo eller frå fôrbrett.

NLR-Kretsløpstolken er i utgangspunktet nederlandsk og ein bør kanskje nytte nederlandske fôrverdiar. På FKRA/Blgg sine surfôranalysar finn ein desse verdiane på side 1 og 2. Forskjellen mellom norske og nederlandske verdiar skuldast tørkemetoden ein nyttar. I NorFor nyttar ein 60 grader ved tørking av grovfôranalysar, medan ein i Nederland nyttar først 60 grader og ettertørker på 103 grader. Forskjellen er omlag 10 %. Sum P per dekar blir lik for begge metodane. For tørre fôrmiddel som kraftfôr er det ingen forskjell. Det same gjeld også relativt tørt surfôr.

For 6 av 7 gardsbruk er det nytta nederlandske fôrverdiar som ein finn på side 1 og 2 på surfôranalysane frå FKRA. For gard 1 er det nytta fôrverdiar frå OfotLab som nyttar NorFor standarden som analysemetode. Surfôrprøvene på gard 1 hadde høg tørrstoffprosent (39-50 % ts), og det er da mindre forskjell mellom nederlandske og NorFor verdiar.

Opningsbalansen (IB) for lager av surfôr og innhald i surfôret, var det ikkje mogleg å få ein detaljert oversikt over på 6 av dei 7 gardane. Det er difor nytta gjennomsnittsverdiar for innhald frå avlings-registreringane frå 2021. Tala som er nytta i opningsbalansen er forsøkt balansert, slik at avlings-

talla stemmer med det som er oppnådd i avlingsprosjektet. Gard 3 har nytta Kretsløpstolken sidan 2014, og opningsbalansen er der henta frå fjoråret.

Tal frå avlingsregistreringa er lagt inn som årets avling. Sluttbalanse hjå prosjektdeltakarane var gode, og det er nytta same Excel-arket som avlingsprosjektet, med nokre tilpassingar, slik at totalavlinga og lager blei korrekt registrerte.

Avlingstalla blir brukte til å berekne utnyttinga av N og P i kretsløpet på garden. Resultatet kjem fram som eit overskot eller underskot på gardsnivå. I tillegg kan ein også sjå på utnyttingsgraden av næringsstoffa i jorda, fôrproduksjonen, besetninga og husdyrgjødsellaget.

Beite

I NLR-Kretsløpstolken registrerer ein om det er dag og natt beiting, eller berre beite på dagtid. I tillegg legg ein inn tal timar og tal dagar på beite for å berekne opptak av grasmengde. Grasopp-taket som kjem frå kulturbeite tilpassar ein med å endre prosentsatsen og kontrollere at avling, under blå fane «Jorda» på vanlig eng, stemmer med nivået ein har oppnådd via avlingsregistreringar.

Andre produksjonar

Her har ein tre val, andre drøvtyggjarar, kraftfôrkrevjande produksjonar og åkervekstar.

Under andre drøvtyggjarar legg ein inn blant anna sau. Nedst på sida kan ein justere kor stor del av beiteopptaket som kjem frå kulturbeite. Prosentsats av beite på kulturbeite er sannsynlegvis tilpassa nederlandske forhold med lang beitesesong. For å velje riktig prosent må ein sjekke at avlinga, som kjem fram under den blå fana «Jorda» for vanlig gras, stemmer med det ein har i avlingsprosjektet.

Fjørfe- eller griseproduksjon med leigd spreieareal; blir ført som andre produksjonar, og husdyrgjødsel på leid spreieareal, som bortført gjødsel frå garden. I dette arbeidet var det to produsentar med griseavl og smågrisproduksjon. Tal produsert smågris kan vere svært høgt per purke på teljedato. I avlsbesetningar er det, for å oppnå maks avlsframgang, purker som griser berre ein gang. Berekning av mengde gjødsel kan vere noko usikkert på grunn av praksisen med eingongspurker.

Ved bruk av GDE-kalkulatoren frå Statsforvaltaren har ein berekna tal GDE med gris og multiplisert dette med 15 kg P/GDE for å komme fram til mengd P i gjødsla. Nitrogen er berekna ved å multiplisere kg P med ein faktor som svarer til forholdet mellom N og P i den aktuelle gjødsla. Reknestykka er dokumenterte i PDF filer kalla «KLT bakgrunnstal».

Under åkervekstar er det lagt inn korn til modning, levert som korn med 15 % vatn, og kg halm. På enkelte gardsbruk er også heilsæd tatt med som åkervekst. Etterslått med grasgjenlegg er tatt med som heilsædsavling.

Organisk gjødsel

Under fana «Organisk gjødsel» legg ein inn: inngåande og utgåande balanse for husdyrgjødsellager og innhald av N og P per tonn gjødsel.

For å berekne tilført og bortført gjødsel blei GDE-kalkulatoren til Statsforvaltaren nytta. I intervju av bønder om gjødselmengder må ein vere omhyggeleg å kontrollere at leigd spreieareal og mengder ein oppgjer, samsvarer. Utan gjødselelansar må ein bruke skjønn for å tolke mengder med vatn i husdyrgjødsla, og at tørrstoffprosent i husdyrgjødsla stemmer med standardtal for N og P.

Tilført og bortført husdyrgjødsel til garden registrerer ein som tonn eller m³ gjødsel. Deretter legg ein inn kg N og P i alt. Verd å merke er at ein må rekne ut kor mange kg N og P i alt som denne produksjonen svarar til.

I eit eige vindaug fordeler ein husdyrgjødsel til kulturbeite og ulike åkervekstar. Resten av vanlig grasareal vert fordelt av NLR-Kretsløpstolken.

Handelsgjødsel

Handelsgjødsel som er: innkjøpt, inngåande og utgåande balanse legg ein inn med tal kg. Verdier for ammonium, nitrat, urea, fosfor og kalium finn ein i tabellen «Gjødselsortiment» frå Yara. I eit eige vindaug fordeler ein handelsgjødsla til kulturbeite og ulike åkervekstar. Resten vert fordelt på vanlig grasareal av NLR-Kretsløpstolken.

Jord og planter

Her fordeler ein arealet av sandjord, leir- og myrjord i prosent for kulturbeite, eng, mais og åkervekstar.

For å berekne prosessar i jord registrer ein også kor mykje varig eng det er på garden, og eventuelt kor mykje areal som er fornya som gjenlegg etter gras som førre års vekst. Dersom ein har mais og åkervekstar legg ein inn tal dekar med vekstskifte, og kor mange år ein har åker etter åker.

Spreimetodar for husdyrgjødsel skal også registrerast - blautgjødsel eller gylle, breispreiing eller nedfeller, åker eller eng. Dette har betydning for utnyttinga og tap av nitrogen. For å sikre at ein vel rett metode i forhold til NH₃-tap kan ein sjekke dette ved å nytte ein av desse N-kalkulatorane frå:

Nibio: Nitrogenkalkulator for husdyrgjødsel (nibio.no)

Alfam.dk <http://www.biocover.dk/raadgivning/alfam-model.aspx>

Øvrige

Under arkfana "Øvrige" kan ein ta med avling som ein ikkje har registrert tidlegare. Kviger på beite frå andre gardar kan ein ta med her. Det same om beitedyr har gått på beite hjå andre eller på utmarksbeite.

Det er eiga kolonne for fjøstype. Størrelse på husdyrgjødsellager og om spillvatn går i det same lageret registrerer ein også. Ulike typar fjøs, golv, strø og gjødsellager har ulikt tap av NH₃ til luft.

Til slutt legg ein inn strø av spon og halm. Les kva som står under den blå informasjonsbrytaren. Halm som er eige produsert skal for eksempel berre vere med i opnings- og sluttbalansen.

Resultat og rådgjeving til bonden

Alle 7 gardane har fått oversendt minst ein Kretsløpstolk. Berre gard nr 3 har erfaring med Kretsløpstolken. Dei sju bruka representerer ikkje noko snitt for Rogalandsbonden. Viktigaste grunnen til at dei er med, er at dei alle driftar gard og grunn noko ulikt. Spreiing i resultat kan kanskje likevel vere representativt for Rogalandsbonden. P-overskotet varierte mellom 0,17 og 1,35 kg P/dekar. Viktigaste grunnen til variasjonen er ulike val ved innkjøp av innsatsfaktorar.

Her kjem ein kort omtale av dei sju gardsbruka og kva rådgiving som er gitt til dei.

Gard 1

Gard 1 er ein gard med kombinert griseproduksjon og mjølkeproduksjon tilpassa ein mjølkerobot. Det er eit systematisk vekstskifte på garden med byggheilsæd med gjenlegg og tre år med raigras-eng. Ein tar 4-5 slåttar med store avlingar med høgt innhald av både energi og råprotein. Det er eit overskot av husdyrgjødsel i forhold til eige areal, som blir spreia på ledig areal hjå ulike naboar.

Resultatet viser eit overskot av både nitrogen og fosfor pr dekar. Mykje av nitrogentapet skuldast NH_3 tap frå grishuset si ventilasjonsluft og frå gjødsellageret. Sidan spreiearealet ikkje kjem med som eige areal, blir det eit relativt høgt utslepp av NH_3 /dekar. Husdyrgjødsla blir spreidd med tankvogn med slepeslanger, og med stor vassinnblanding skal dette gi god utnytting av N i husdyrgjødsla i følgje N-kalkulatoren frå Nibio eller Alfam.

Nitrogen- og fosforinnhaldet i grisegjødsla er berekna via GDE-kalkulatoren til Statsforvaltaren. Med desse tala kjem denne garden ut med eit P-overskot på +0,61 kg P/dekar.

Fôrrasjonen til besetninga under kapittel 2B Fôring: viser eit snitt på 186 gram råprotein og 4,1 gram P/kg tørrstoff. Garden har særleg god kvalitet på surfôret. Hovudkraftfôret er ei blanding som tilfører meir råprotein og fosfor enn det som er nødvendig.

Det er laga ein alternative kretsløpstolk der det er nytta korngrøpp utan tilsett mineral som hovudkraftfôr. Dette gir eit betre tilpassa nivå for både råprotein og P/kg TS. Resultatet for P-overskot har då endra seg til ein balanse på 0 kg P/dekar. Fordelen på gardsnivå er sparte kostnader i form av billigare kraftfôr, og eit tørrare miljø i fjøset med mindre ammoniakk i lufta. Bonden og fôringsrådgjevaren har allereie starta ei omlegging frå standard kraftfôr til meir korngrøpp i fôringa.

Gard 2

Garden har eit høgt avlingsnivå av gras med god kvalitet. Vekstskiftet er svært systematisk med 1 år korn og deretter raigraseng i to år. Innhaldet av råprotein og fosfor per kg tørrstoff i fôrrasjonane er svært nær det som er norma til storfe. Gard 2 har det lågaste tal dekar gras per GDE-storfe i forhold til dei andre gardane det er laga kretsløpstolkar hjå.

Garden oppnår ei avling på ca. 3,5 kg P/dekar gras, og ei kornavling inklusive halm på omlag 2,6 kg P/dekar. Ved sal av korn til mølla og kjøp av korngrøpp utan tilsett fosfor blir dette om lag P-balanse, men med gras oppnår ein 0,9 kg P meir per dekar enn med korn. Minimumsfaktoren på denne garden er mengda med surfôr.

Garden har eit P-overskot på +0,44 kg P/dekar. Det er lite å henta på endra fôring. Råprotein- og fosforinnhald i totalrasjonen er om lag på ønska nivå. Til tross for at garden tar 4 til 5 slåttar på raigras er innhaldet av P i surfôranalysane mindre enn venta. Jordprøvane viser at pH er lågt. Med pH på 6,3-6,5 har graset eit betre opptak av fosfor og nitrogen. Med eit høgare fosforinnhald i surfôret

vil det vere mogleg å bruke enda meir korngrøpp og mindre innkjøpt mineralblanding. Med ei betre nitrogen utnytting ved høgare pH, vil ein også kunne spare på innkjøpt/tilført nitrogen-gjødsel, og likevel oppnå eit høgt råprotein i raigraset.

I den alternative kretsløpstolken er vekstskiftet endra til eit år korn til modning, tre år eng og eit skifte som permanent gras. Med meir surfôr kan det sparast om lag 0,8 kg kraftfôr/dag/GDE og erstatte dette med 1 kg ts surfôr/dag/GDE. Dette vil gi ein betre P-balanse og ein kan komme ned på +0,22 kg P/dekar. Det som vi ikkje kan simulere i NLR-Kretsløpstolken, er tap i form av svin. Spill av fôr på fôrbrettet eller varmgang i plansilo gir tap av karbohydrat og råprotein. Mindre næring i fullfôret gir mindre mjølk og kraftfôrforbruket stig.

Gard 3

Gard 3 er nær P-balanse på drifta. P-overskotet er på +0,17 kg P/dekar. Drifta består av mjølkeproduksjon, litt sau, litt korn og litt sal av grovfôr. Det blir tatt imot noko kyllinggjødsel. Om lag ein tredjepart av jorda er nydyrka i seinare tid. Garden har mykje kulturbeite som blir nytta til sommarbeite for kviger og sau. Drifta er intensiv på den dyrka jorda med gode avlingar, medan kulturbeite er ekstensivt drive i gode år.

Fosfor frå innkjøpt gjødsel er omlag 0,09 kg P/dekar. På beite blir det nytta organisk pelletert gjødsel som inneheld litt fosfor. P-avling på beite og det som beitedyra legg igjen av gjødsel på beite, viser at det er nesten P-balanse utan tilførsel av P via handelsgjødsel. Årsaka til dette er at det er mykje kulturbeite og lite dyr på beite, og at kretsløpstolken berre nyttar ein desimal. Fosforopptaket via beitedyra har difor ikkje vore målbart. Jordprøvene og gjødselplanen viser derimot at det må tilførast litt P kvar vår.

Hovudkraftfôret er korngrøpp utan tilsett P. I den alternative kretsløpstolken har ein endra standard kraftfôr til 4 gram P/kg. Dette gir ein P-balanse på +0,09 kg P/dekar.

Nydyrka jord på grusjord vil bruke noko N og P til oppbygging av organisk materiale i jord og til å løfte P-AL nivået til eit balansepunkt der ein større del av P kan nyttast av plantene. Garden har i 2021 starta med separering av husdyrgjødsel. Den tørre fraksjonen, som har ein større del fosfor enn den tynne delen, kan nå pløyast ned i jord med låge P-AL verdiar som ei forrådgjødsling. Den tynne delen har vist ein større nitrogeneffekt på eng enn venta. Difor kan det med fordel redusertast noko på N-gjødsling til eng.

Gard 4

Gard 4 har ein stor produksjon både av mjølk og smågris. N og P mengder frå smågrisproduksjonen er berekna via inputdata frå Ingris og GDE-kalkulatoren til Statsforvaltaren. Garden har eit P-overskot på +1,35 kg P/dekar.

Grovfôr kvalitet på garden er god, og fôrplanlegginga har hatt som mål ei høg yting på kyrne. Råprotein i gjennomsnittsrasjonen er på 183 gram og fosforinnhald på 4,4 kg P/kg TS. Ved å endre på innkjøpt kraftfôr, frå proteinrike blandingar, til meir korngrøpp, og eventuelt roepellets, er det mogleg å halvere P-overskotet pr dekar. Graset har på denne garden eit høgt opptak av P, som gjer at mineralblanding med fosfor er unødvendig. Målet i fôringa er å komme ned på 3,4 gram P/kg ts. I den alternative kretsløpstolken er det nytta omlag 25 % med standard kraftfôr, 70 % korngrøpp, 5 % roepellets og utan mineralblanding med fosfor. P-overskotet kan da relativt raskt komme ned på +0,61 kg P/dekar.

For å komme ned på ein P-balanse på ca. 0 kg P/dekar bør, ein enten frakte bort meir husdyrgjødsel til andre gardar eller redusere mengda innkjøpt kraftfôr med 30 til 35 %. Ulempa er at dette kan

redusere avdråttan på kyrne og auke klimautsleppa. Større fokus på auka sjølvforsyning av fôr og grovfôrqualität vil derimot dra i riktig retning for både miljø, klima og økonomi. Med meir fordøyelig grovfôr med 18-20 % råprotein, vil ein kunne spare på innkjøpt mengde kraftfôr og bruke ein større del bygg og roepellets til ein lågare pris.

I driftsleiinga bør ein vurdere eiga drift i forhold til fôreffektivitet, spill frå fôrbrett eller varmgang i fullfôr. Ved å unngå tap på desse felta kan P-balansen og økonomien betrast. Dette er det derimot ikkje mogleg å simulere, men ved å lage ein ny Kretsløpstolk året etter kan ein måle oppnådd resultat av eiga driftsleiing.

Gard 5

Gard 5 driv med mjølkeproduksjon og kjøttproduksjon på oksar. Garden har ein mindre flokk sauer til å stelle kulturbeita, og i tillegg tar ein imot kviger frå andre bønder på sommarbeite. Det blir tatt imot husdyrgjødsel på ledig spreieareal frå andre gardsbruk i nabolaget. Det blir dyrka bygg til modning. Det blir tatt både tre og fire slåtter av ulike areal med eng. Ein teig med tung jord blir nytta til lågenergifôr med berre to slåttar per år.

NLR-Kretsløpstolken viser eit P-overskot på +0,61kg P per dekar. Gjennomsnittsfôrrasjonen har eit innhald på 176 gram råprotein og 3,8 gram P/kg TS. Dersom ein større del av standard kraftfôr blir bytta ut med korngrøpp utan tilsett P vil innhaldet av fosfor i rasjonane gå ned og gardens resultat vil ende på omlag +0,22 gram P/dekar.

Gard 6

Gard 6 er ein typisk Rogalandsgard med både mjølk, storfekjøtt og litt sau på garden. Det blir tatt tre slåttar, fast vekstskifte med korngrønnfôr som dekkvekst for gjenlegg, og ein nyttar spreieing av husdyrgjødsel med slange. Det er både dyrka jord og kulturbeite på eigd og leid jord i dalen.

Fosforoverskotet på garden ligg på +0,65 kg P/dekar. Ved å endre innhaldet i kraftfôr til 4 gram P/kg, vil P-overskotet per dekar gå ned. I 2021 blei det for første gang på mange år nytta noko NPK 25-2-6 i eit forsøk på å auke avlingane. Dersom ein i staden hadde nytta NK 22-0-12 eller NS27, ville P-balansen koma ned på +0,39 kg P/dekar.

Bruk av meir korngrøpp vil endra P-overskotet enda meir. Det vil i tilfelle krevje eit høgare innhald av råprotein i surfôret. Surfôr med høgare energikonsentrasjon vil gi redusert behov for kraftfôr. Tidlegare slått gir høgare råproteininnhald med same gjødselmengde. Med større mengde eige avla råprotein frå gras, kan ein større del av kraftfôret vere korngrøpp, som har eit lågare P-innhald enn for eksempel rapsholdig kraftfôr.

Gard 7

Gard 7 driv med Jersey kyr, sal av livdyr og ein større flokk med sau. Det blir tatt 5 slåttar av rai-gras og mjukblada strandsvingel. Surfôret har høgt energiinnhald og godt innhald av råprotein. Til kvigene blir det nytta surfôr frå eng som blir slått to gonger i sesongen. I 2021 har ein ikkje fornya noko eng.

Kretsløpstolken for garden viser eit P-overskot på +0,65 kg P/dekar. Ved å senke råprotein frå 186 gram/kg TS til 166 gram forandrar ein fosfor i fôr frå 3,9 gram til 3,4 gram P/kg TS. Mesteparten av fosforet stammar frå mineralblandingar og proteinrike kraftfôrtypar. I den alternative Kretsløpstolken er proteinkonsentrat og standard kraftfôr endra til meir korngrøpp og roepellets.

I gjødselplanlegginga bør ein vurdere å kutte enten husdyrgjødsel på kulturbeitet, eller kutte tilført mengde fosfor via Helgjødsel 18-1-10. Tala frå Kretsløpstolken viser at beitedyra legg igjen ein be-

tydeleg mengde med P/dekar. Tine Optifôr fôrplan viser for eksempel at ei mjølkeku skil ut omlag 50 % av P i gjødsla, medan ei gjeldku skil ut omlag 80 % av P til gjødsla. I Kretsløpstolken ser det ut til at ungdyra beiter omlag 0,8 kg P/dekar på denne garden, og etterlet seg gjødsla på beite tilsvarande 0,7 kg P/dekar.

Denne garden kan betre næringsstoffrekneskapen ved å auke grasavlinga og frigjere jord til eit vekstskifte med korn levert til mølla. Grasavlinga må då auke frå ei nettoavling på 940 kg TS til 1100 kg TS/dekar. Med 74 dekar bygg til modning og ei kornavling på 600 kg/dekar vil P-overskotet gå noko ned. Ved dyrking av korn kan det også reduserast på mengde innkjøpt halm til strø og dermed spare på innkjøpt P. Med eit fast vekstskifte med korn, god surfôr kvalitet, ein større del korngropp i fôringa og 0 kg innkjøpt NPK gjødsla, vil P-balansen være nede på -0,09 kg P/dekar.

Samandrag av resultat frå NLR-Kretsløpstolken

Første delen av samandraget av resultata viser resultatet slik det blei for året 2021 ved bruk av NLR-Kretsløpstolken. Alle 7 gardane har fått to kretsløpstolkar. Nokre simuleringar kan ein gjere i NLR-Kretsløpstolken. Det er lettast å endre fosforinnhaldet i kraftfôret. Det er mindre sikkert å endre ved å redusere mengde innkjøpt fôr, men det kan vere eit verktøy som viser bonden kva ein kan strekke seg mot. Resultatet kan ein deretter måle, etter eit til to år med endra drift, og sjå om P-balanse, avdrått, fruktbarheit og økonomi har betra seg.

Oppnådd P-balanse i 2021

P-balansen for dei 7 gardsbruka viser for 2021 eit overskot mellom 0,17 og 1,35 kg P/dekar. Dei to viktigaste kjeldene til innkjøp av fosfor til garden er via kraftfôr og spreieareal for kraftfôrkrevjande produksjonar. Målet ved rådgjevinga har vore å finne endringar som kan betre P-utnyttinga utan å redusere på den animalske produksjonen i Rogaland.

Alle gardsbruka har mjølkeproduksjon, medan to av gardsbruka i tillegg har ein større smågrisproduksjon. Berekninga av mengde gjødsel frå smågrisproduksjonen med mykje eingongspurker har vore krevjande og gir ein del usikkerheit kring fosforbalansane. Berekningane er gjort etter dagens regelverk, og forutset god miksing av husdyrgjødsel og med lik mengde på eiga jord og leigd spreieareal. Blir dette ikkje utført korrekt kan P-balansen hjå dei med gris vere for låg og tilsvarande for høg P-balanse hjå dei som mottar gjødsel.

Tabell 1: Tala er korrigerte for stautsendringar. Gard 1 og 2 har berre dyrka jord. På gard 4 utgjere kulturbeite svært liten del av driftsgrunnlaget. Gard 3, 5, 6 og 7 har mykje udyrka jord/kulturbeite, som total mengd P blir fordelt på. Kg P/dekar kan difor bli noko lågare på disse gardane.

P-balanse oppnådd i 2021 P-kjøp (+) P-sal (-)	Innkjøpt kraftfôr	Innkjøpt gjødsel med P	Spreieareal til grisene	Spreieareal mot-tatt (+) el. levert(-)	Sal av mjølk og dyr	Sal/kjøp grovfôr og korn m. status	Fosforbalanse i 2021
Gard og produksjon	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar
Nr 1 Ku og gris	1,97	0,04	5,94	-4,85	- 1,88	- 0,61	0,61
Nr 2 Ku og okse	2,53	-	-	-0,30	- 1,79	0,0	0,44
Nr 3 Ku og sau	1,18	0,09	-	0,26	- 1,05	- 0,31	0,17
Nr 4 Ku og gris	2,57	-	2,70	- 1,92	- 1,71	- 0,29	1,35
Nr 5 Ku og okse	1,26	0,09	-	0,91	- 1,18	- 0,47	0,61
Nr 6 Ku, okse & sau	1,40	0,17	-	-	- 0,87	- 0,05	0,65
Nr 7 Ku og sau	1,35	0,13	-	0,70	- 1,00	- 0,53	0,65
Gjennomsnitt	1,75	0,07	1,23	- 0,74	- 1,35	- 0,34	0,64
1 + 4 Ku og gris							0,98
2, 5 + 6 Ku og okse							0,57
3 + 7 Ku og sau							0,41

Innkjøpt gjødsel med fosfor er for gard nr 1 startgjødsel til korn. For dei fleste andre er det pelletert organisk gjødsel nytta på beite der ein ikkje kjem til med gjødselvogn. Gard nr 6 har i 2021 nytta NPK 25-2-6 som vårgjødsling til eng. Normalt har bonden nytta rein nitrogengjødsel til alle slåttane. Han såg ingen forskjell på korkje avling eller på kvaliteten av å velje ei dyrare gjødsel.

Avlinga er registrert slik det er omtalt under «Metode – Kretsløpstolken og avlings tall». I prosjektet har desse 7 gardane ei snitt avling på 1149 kg tørrstoff/dekar og 3,6 kg P/dekar på eng. Avling

i Kretsløpstolken viser ei berekna avling på 1109 kg TS/dekar og 3,4 kg P/dekar. Dette samsvarar med det som SSB har berekna for 2021 i Rogaland, ei avling på 1150 kg TS/dekar.

Ved å berekne avling for grovfôrvekstar på dyrka jord, via avlingsregistreringsprosjektet i 2021 i Rogaland, var det også mogleg å få fram ei avling på udyrka jord – kulturbeite. I NLR-Kretsløpstolken finn ein dette igjen som gras på restriktive areal. Tabell 2 viser ei avling på beite mellom 196 og 550 kg TS/dekar. Gard 3 har mykje kulturbeite per dyr.

Tabell 2: Registrert avling i eng 2021 ved veking av rundballar og analyser av surfôret hjå FKRA og OfotLab i Rogaland i 2021. Kretsløpstolken bereknar både ei brutto avling og ei nettoavling. Avling på kulturbeite er per dekar, "as is".

Resultat avling		Registrert avling i eng i prosjektet for 2021		Netto avling i NLR-kretsløpstolken i 2021				Gjødsel frå beitedyra
				Eng - dyrka jord		Beite - udyrka jord		
Gard	Produksjon	Kg ts/dekar	Kg P/dekar	Kg ts/dekar	Kg P/dekar	Kg ts/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar
Nr 1	Ku og gris	1239	4,7	1453	5,1	-	-	-
Nr 2	Ku og okse	1134	3,3	1254	3,4	-	-	-
Nr 3	Ku og sau	1134	3,3	961	2,8	196	0,7	0,7
Nr 4	Ku og gris	1112	4,0	1084	3,9	487	2,0	1,6
Nr 5	Ku og okse	1243	3,6	1098	3,2	550	1,9	1,7
Nr 6	Ku, okse og sau	1139	3,2	973	2,8	320	1,1	1,0
Nr 7	Ku og sau	1041	3,2	940	2,9	240	0,8	0,7
	Gjennomsnitt	1149	3,6	1109	3,4	359	1,3	1,1

I Rogaland er om lag halvparten av landbruksarealet kulturbeite. Desse sju gardane har ein større del dyrka jord enn det som er snittet i Rogaland, det kan difor vere grunn til å tru at dei representerer den midtre og lågaste del av avlingsopptak frå kulturbeite.

Snitt P-avling er 1,3 kg P/dekar (as is) gjødsla udyrka jord, og beitedyra etterlet seg gjødsel på kulturbeite tilsvarande 1,1 kg P/dekar. Dette gir eit P-opptak på 0,2 kg P/dekar frå kulturbeite. Med ei avling på om lag 500 kg TS/dekar på kulturbeite er det i dette materiale eit P-opptak på 0,3-0,4 kg P/dekar.

Berekna kg P/GDE

I gjeldande regelverket for spreieareal er det i forskrifta sett ein fast verdi på 14 kg P/GDE. I forslaget til nytt regelverk er dette endra til 15 kg P/GDE. Via talmateriale i NLR-Kretsløpstolken finn vi at variasjonen for dei 7 gardane med kretsløpstolk ligg på 13,5 – 22,0 kg P/GDE med eit gjennomsnitt på 16,2 kg P/GDE. Fem av gardane ligg mellom 13,5 og 15,8 kg P/GDE og dei to med gris ligg på 18,9 og 22,0 kg P/GDE-storfe.

Jersey besetningane ligg lågast med eit snitt på 13,7 kg P/GDE. Besetningane med kombinasjonen av oksekjøtt og mjølk, to besetningar med NRF og ein med Holstein, ligg på 15,1 kg P/GDE. Holstein besetningane ligg høgast med 20,5 kg P/GDE. Val av strategi ved føring av kyrne spelar ei viktig rolle. Gard nr 4 skil seg ut med eit høgt avdråttsmål.

Tabell 3: Berekna kg P/GDE via oppnådd resultat i NLR-Kretsløpstolken på 7 gardar i 2021.

Resultat oppnådd i 2021	Totalt fôropptak til storfe	Totalt P input i produksjon	Sal av mjølk	P uttak ved sal av mjølk	P uttak ved sal av dyr	Rest P i husdyr-gjødsel	Tal GDE på garden	Berekna kg P/GDE
Gard- produksjon	Kg ts/år	Kg P/år	Kg EKM/år	Kg P/år	Kg P/år	Kg P/år	Stk./år	Storfe
Nr. 1 Ku og gris	530841	2176	510097	491	168	1517	80,3	18,9
Nr. 2 Ku og okse	376196	1279	299648	293	137	849	61,2	13,9
Nr. 3 Ku og sau	285050	1026	316113	315	83	628	45,0	14,0
Nr. 4 Ku og gris	605546	2664	680900	662	147	1856	84,2	22,0
Nr. 5 Ku og okse	626798	2382	556444	552	273	1557	98,7	15,8
Nr. 6 Ku, okse, sau	693925	2637	460354	440	296	1901	121,6	15,6
Nr. 7 Ku og sau	546532	2131	611736	608	125	1398	103,3	13,5
Gjennomsnitt	523555	2042	490756	480	207	1387	84,9	16,2
Gj.snitt fôrrasjon:			Ku og gris	Gard nr.:		Rase:	Holstein	20,5
			Ku og okse				Holst/NRF	15,1
			Ku og sau				Jersey	13,7

Rådgjeving for å oppnå P-balanse

Standard kraftfôr hadde eit innhald på 3,9 til 5,1 gram P/kg. Korngrøpp og MaxAmmon Bygg låg mellom 2,7 og 3,8 gram P/kg. Av proteinkjeldene er det raps som har det høgaste innhaldet med 9,8 til 13,2 gram P/kg, medan roepellets har eit lågt innhald og ligg på 0,8 og 1,0 gram P/kg.

I dei alternative kretsløpstolkane er fôringa optimert nær eit mål på 3,3-3,5 gram P/ kg tørrstoff og 155-170 gram råprotein i totalrasjonen til besetningane. Dei fleste gardane har eit godt innhald av råprotein i graset. Ved å senke råproteininnhaldet i fôrrasjonen, senkar vi ammoniakktap og aukar nitrogenutnyttinga. (Det er viktig å forstå at kg nitrogen x 6,25 = kg råprotein.)

Tabell 4: Innhald i samla fôrrasjon av råprotein og fosfor før og etter endring av fôrplanane.

Innhald i total rasjonen til storfe	Innhald i total rasjonen i 2021	Innhald i total rasjonen i 2021	Total rasjonen ved endra strategi	Total rasjonen ved endra strategi
	Råprotein gr./kg ts	Fosfor gram/kg ts	Råprotein gr./kg ts	Fosfor gram/kg ts
Nr. 1 Ku og gris	186	4,1	173	3,7
Nr. 2 Ku og okse	166	3,4	168	3,4
Nr. 3 Ku og sau	157	3,6	157	3,5
Nr. 4 Ku og gris	183	4,4	155	4,0
Nr. 5 Ku og okse	176	3,8	157	3,4
Nr. 6 Ku, okse, sau	158	3,8	158	3,6
Nr. 7 Ku og sau	186	3,9	166	3,4
Gjennomsnitt	173	3,9	162	3,6

På gard nr 1, 2, 3, 4, 5 og 7 er endring av fosforinnhald i fôrrasjonen oppnådd ved bytte ut standard kraftfôr som inneheld 4,5 gram P/kg med korngrøpp bygg utan tilsett P. Gard nr 6 har ikkje høgt nok råprotein innhald i graset til at det kan brukast korngrøpp. Gard nr 4 hadde eit stort forbruk av mineralblandingar som det ikkje er behov for på grunn av høgt P-opptak i graset på garden. For dei fleste gardane er endringa i fôring mindre fosfor i standard kraftfôr (4 gram P/kg) og meir korngrøpp ein viktig årsak til betre P-balanse.

Tabell 5: P-balanse etter endringar i fôring, gjødslinga og/eller vekstskifte.

P-balanse etter endra fôring, vekstskifte og gjødsling P-kjøp (+) P-sal (-)	Innkjøpt kraftfôr	Innkjøpt gjødsel med P	Spreieareal til grisene	Spreieareal mottatt (+) el. levert(-)	Sal av mjølk og dyr	Sal/kjøp grovfôr og korn m. lagerstatus	Fosforbalanse etter endra strategi
Gard og produksjon	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar	Kg P/dekar
Nr 1 Ku og gris	1,40	0,04	5,94	- 4,85	- 1,88	-0,65	0,00
Nr 2 Ku og okse	2,14	-	-	- 0,30	- 1,79	0,17	0,22
Nr 3 Ku og sau	1,14	0,09	-	0,26	- 1,05	- 0,35	0,09
Nr 4 Ku og gris	1,84	-	2,70	-1,92	- 1,71	- 0,30	0,61
Nr 5 Ku og okse	0,91	0,09	-	0,91	- 1,18	- 0,51	0,22
Nr 6 Ku, okse og sau	1,23	0,09	-	-	- 0,87	- 0,06	0,39
Nr 7 Ku og sau	1,01	-	-	0,70	- 1,00	- 0,80	- 0,09
Gjennomsnitt	1,38	0,04	1,23	- 0,74	- 1,35	- 0,35	0,21
1 + 4 Ku og gris							0,31
2, 5 + 6 Ku og okse							0,28
3 + 7 Ku og sau							0,00

Tabell 5 viser fosforbalansar etter endringar i fôring, gjødsling og vekstskifte. Ingen av gardane har behov for NPK gjødsel til eng, og det er difor bytta ut med andre gjødselslag. På gard 1 og 2 blir det nytta noko NPK gjødsel som startgjødsel til korn. På gard 3, 5 og 6 er det organisk pelletert gjødsel som er nytta på kulturbeite.

Gard nr 2 har ingenting å gå på i forhold til endring av fôring. Garden har eit regelmessig vekstskifte med 1 år korn til modning og deretter 2 år med eng. Kvaliteten på graset er av god kvalitet, men det kunne gjerne vært meir grovfôr tilgjengeleg. Ved å ha enga i 3 år og i staden ha noko mindre korn til modning får garden ei betre sjølvforsyning av råprotein og fosfor som betrar P-balansen. Gard nr 7 derimot bør redusere alderen på enga og dyrke korn til modning. Ny eng gir større avling enn gammal eng og frigjer jord som kan nyttast til sal av korn.

Endring i kg P/GDE ved endra fôring

Ved å senke innhaldet i totalrasjonen til storfebesetninga frå 3,9 gram P/kg TS til 3,6 gram P/kg TS i totalrasjonen har P utskilt i husdyrgjødsel endra seg frå 16,2 kg P/GDE til 14,6 kg P/GDE.

Tabell 6: Berekna kg P/GDE via oppnådd resultat etter endra fôringsstrategiar.

Berekna kg P/GDE etter endring av strategiar	Totalt fôropptak til storfe	Totalt P input i produksjon	Sal av mjølk	P uttak ved sal av mjølk	P uttak ved sal av dyr	Rest P i husdyr-gjødsel	Tal GDE på garden	Berekna kg P/GDE
Gard- produksjon	Kg ts/år	Kg P/år	Kg EKM/år	Kg P/år	Kg P/år	Kg P/år	Stk./år	
Nr.1 Ku og gris	534305	1977	510097	491	168	1317	80,3	16,4
Nr.2 Ku og okse	379143	1289	299648	293	137	859	61,2	14,0
Nr.3 Ku og sau	285050	998	316113	315	83	600	45,0	13,3
Nr.4 Ku og gris	615548	2462	680900	662	147	1653	84,2	19,6
Nr.5 Ku og okse	627207	2133	556444	552	273	1308	98,7	13,3
Nr.6 Ku, okse, sau	693925	2498	460354	440	296	1762	121,6	14,5
Nr.7 Ku og sau	549940	1870	611736	608	125	1137	103,3	11,0
Gjennomsnitt	526445	1889	490756	480	176	1234	84,9	14,6
Gj.snitt fôrassjon:			Ku og gris	Gard nr	1 og 4	Rase:	Holstein	18,0
			Ku og okse		2, 4 og 6		Holst/NRF	13,9
			Ku og sau		3 og 7		Jersey	12,2

Jersey besetningane har det lågaste snittet med 12,2 kg P/GDE. Den reinaste Jersey besetninga ligg på 11,0 kg P/GDE. I forhold til snittet på 14,6 kg P/GDE samsvarer dette bra med gjeldande gjødsel-regelverk som tillét 1,3 Jerseykyr/GDE. Besetningane med kombinasjonen av oksekjøt og mjølk, to besetningar med NRF og ein med Holstein, ligg på 13,9 kg P/GDE. Den eine av Holstein besetningane har med overgang til korngrøpp komet ned på 16,4 kg P/GDE, medan den andre ligg på 19,6 kg P/GDE.

Leveranse av mjølk per årsku og kg P/GDE

Tabell 7 viser kg P/GDE i forhold til kg energi korrigert mjølk levert meieri.

Tabell 7: Mjølkeleveranse per årsku i forhold til kg P utskilt i gjødsla per GDE.

Kg P/GDE og avdråttsnivå	Mjølk levert på meieri	Oppnådd i 2021	Etter endring av fôring
Gard- produksjon	Kg EKM/ årsku	Kg P/GDE	Kg P/GDE
Nr. 1 Ku og gris	9191	18,9	16,4
Nr. 2 Ku og okse	7763	13,9	14,0
Nr. 3 Ku og sau	9848	14,0	13,3
Nr. 4 Ku og gris	10982	22,0	19,6
Nr. 5 Ku og okse	8960	15,8	13,3
Nr. 6 Ku, okse, sau	7425	15,6	14,5
Nr. 7 Ku og sau	8616	13,5	11,0
Gjennomsnitt	8969	16,2	14,6
1 gard	>10000	22,0	19,6
2 gardar	9000-10000	16,5 (var. 14,0-18,9)	14,9 (var. 13,3-16,4)
2 gardar	8000-9000	14,7 (var. 13,5-15,8)	12,2 (var. 11,0-13,3)
2 gardar	<8000	14,8 (var. 13,9-15,6)	14,3 (var. 14,0-14,5)

Resultatet viser at det er liten samanheng mellom avdrått per årsku og kg P/GDE. Ved nivå på 7425 til 9848 kg EKM ligg dei lågaste gardane på 13,5-14,0 kg P/GDE i 2021. Ved endra fôring kan dei same gardane klare 11,0-14,0 kg P/GDE. Eit høgt avdråttsmål på 10982 kg levert mjølk per årsku kjem dårlegast ut. Gard nr 3 tar omsyn til P-utnyttinga ved oppsett av fôrplan.

Arealbehov per GDE for å oppnå P-balanse

Tabell 8 viser arealbehov per GDE for å komme i P-balanse ut frå oppnådd avling i 2021 i NLR-Kretsløpstolken. Det er mindre variasjon i tal dekar per GDE enn kg P/GDE

Tabell 8: Berekna behov for dekar dyrka jord per GDE før og etter endringar i fôringa.

Berekna behov for areal per GDE med P-balanse med +/- 0 kg P/dekar	Kg P/GDE oppnådd i 2021	Kg P/GDE etter endring av fôring	Avling i Kretsløpstolken i 2021	Arealbehov per GDE med oppnådd resultat i 2021	Arealbehov per GDE med endra fôring
Gard og produksjon	Kg P/GDE	Kg P/GDE	Kg P/dekar	Dekar/GDE	Dekar/GDE
Nr. 1 Ku og gris	18,9	16,4	5,1	3,7	3,2
Nr. 2 Ku og okse	13,9	14,0	3,4	4,1	4,1
Nr. 3 Ku og sau	14,0	13,3	2,8	5,0	4,8
Nr. 4 Ku og gris	22,0	19,6	3,9	5,6	5,0
Nr. 5 Ku og okse	15,8	13,3	3,2	4,9	4,2
Nr. 6 Ku, okse, sau	15,6	14,5	2,8	5,6	5,2
Nr. 7 Ku og sau	13,5	11,0	2,9	4,7	3,8
Gjennomsnitt	16,2 (var.13,5-22,0)	14,6 (var.11,0-19,6)	3,4	4,8 (var.3,7-5,6)	4,3 (var.3,2-5,2)

Moglege feil i NLR-Kretsløpstolken

På sida kalla «anneks 1B Bedrift – Ammoniakk» på linja «Fjøs og lager, kraftfôrkrevjande dyr» er det eit ulogisk tall for NH_3 kg/dekar. Mengda på den linja er per hektar.

Berekna innhald av P/kg mjølk i den norske versjonen av Kretsløpstolken er berekna til 0,98 gram P/kg EKM. I den engelsk språklege utgåva av Kringloopwijzer kan ein bruke faktisk innhald av P i mjølka. Manglar ein analysar skal ein bruke 97 mg P/100 gram mjølk.

I fagboka «Kvægets Ernæring og Fysiologi, Bind 2 – Fodring og produktion, DJF rapport, Husdyrbrug nr. 54 december 2003» oppgjer i tabell 15.8 for RDM/Rød Dansk Malkerace eit innhald på 0,978 gram P/kg mjølk. For SDM/Dansk Holstein er dette 0,926 gram og for Jersey 1,036 gram P/kg mjølk, (Hermansen et al. 1999).

Klop et. al 2014 meiner at nederlandsk mjølk ligg nærmare 1,0 gram P/kg mjølk (CVB 2005), medan amerikansk mjølk ligg nærmare det internasjonale nivået som har vore nytta på 0,9 gram P/kg mjølk (NRC 2011). Ei mogleg forklaring på forskjellen er at proteininnhaldet hjå mjølkekyr i USA er lågare enn kva ein finn i mjølk frå nederlandske kyr.

Tine heilmjølk oppgjer på mjølkekartongen eit innhald på 1,15 gram P/kg mjølk. Dette samsvarar med NorFor P-norm, Håndbog for kvæghold 2015, til mjølkeku på $(0,05 \times \text{BW}) + (1,4 \times \text{EKM})$. Med eit fôrbehov på 72 gram P til 30 EKM og 48 % utnytting bør ein finne igjen 1,15 gram P per kg mjølk.

Med 1,15 gram P/kg mjølk vil ein få andre tal for P/dekar og kg P/GDE. Forskjellen på 0,978 gram P per kg mjølk, som Kretsløpstolken nyttar, og 1,15 gram P per kg som Tine heilmjølk kartongen viser utgjer ei betring av fosforutnyttinga på 0,18 kg P/dekar i snitt for dei 7 gardane med NLR-Kretsløpstolken. Dette påverkar også mengda P utskilt i gjødsel. Forskjellen på 0,978 og 1,15 gram P/kg mjølk vil for desse 7 gardane kunne senke innhaldet med 1,0 kg P/GDE.

Konklusjon og implikasjon

Kringloopwijzer i Nederland er eit styringsverktøy for å nå eit mål om auka nitrogen- og fosforutnytting via tiltak i jord, fôrdyrking, innkjøp av næringsmiddel, val av avdråttsnivå, rekrutteringsprosent, kalvingsalder og i sum gje ein gevinst for bonden og miljøet.

NLR-Kretsløpstolken er eit driftsregnskap, og resultatet er ikkje ein absolutt verdi! Første året ein lagar næringsstoffrekneskap vil det være ein del usikkerheit knytt til opningsstatus av fôrlager. Skatterekneskapet er ikkje nok spesifisert til at grovfôr, kraftfôr, mineral, mjølkepulver og strø blir hundre prosent korrekt det første året ein lagar næringsstoffrekneskap. Det må i tillegg brukast ein del skjønn ved fastsetting av nitrogen- og fosformengder frå blant anna kraftfôrkrevjande produksjonar. Spesielt for smågrisproduksjon med bruk av mykje eingongspurker kan det være vanskeleg å finne rett mengde næringsstoff. For å berekne dette har vi nytta tal dekar spreieareal som er avtalt mellom bøndene, og ikkje kva mengder som faktisk har blitt flytta mellom gardane. På den måten blir resultatet mest mogleg likt slik eksisterande regelverk for bruk av husdyrgjødsel er utforma. I forslaget til nytt regelverk for spreieing av husdyrgjødsel er norm for tal slaktegrisar per dekar endra frå 20 til 30 slaktegris pr GDE. I berekningane over mottatt husdyrgjødsel har vi difor nytta 30 slaktegris pr GDE med 15 kg P/GDE.

I mjølkeproduksjonen er P-overskotet påverka av innkjøpt mengde kraftfôr og kraftfôrets innhald av fosfor. Dersom grovfôret er slått på eit tidleg stadiet kan ein nytta korngropp som hovudkraftfôr. Korngropp utan tilsett fosfor har eit lågare innhald av fosfor enn standard kraftfôr og ulike protein-konsentrat. Tidleg slått gras med 170-190 gram råprotein/kg tørrstoff vil gi ei betre nitrogen- og fosforutnytting i kretsløpet på garden, enn kva eit driftsopplegg med seint slått gras som krev meir innkjøpt kraftfôr. Mange av gardane kan klare å redusere P-balansen med endra fôring. Denne studien viser at det er lite fosfor som kjem inn på gardane via handelsgjødsel. For to av gardane har val av vekstskifte og alder på enga innverknad på P-balansen.

I Rogaland utgjør udyrka gjødsla beite om lag halve jordbruksarealet i fylket. Avlingane på kulturbeita er ikkje like høge som på dyrka jord. Ved berekning av kulturbeite som spreieareal nyttar landbruksforvaltninga totalt gjødsla beite areal, minus andel stein på beite x 0,6 som faktor. I NLR-Kretsløpstolken har vi brukt totalt areal kulturbeite. Vi har ikkje korrigert tal dekar kulturbeite til dyrka jord. I Rogaland vil difor nøkkeltal som kg fosfor per dekar ikkje være direkte samanliknbart mellom ulike gardar.

I den engelsk språklege utgåva av Kringloopwijzer er det mogleg å legge inn tal hektar som er skada av gås. Gås og hjort fjernar avling, og bør behandlast som grovfôr seld frå garden for å få riktig fosforbalanse. Dette manglar i den norske utgåva av Kretsløpstolken. Den same problemstillinga vil også gjelde for gardar i bynære strøk, ved graving over landbruksjord i forbindelse med store prosjekt for kloakk, gass og vassforsyning. Avlingspotensialet endrast for fleire år, og medfører ein dårlegare nitrogen- og fosforbalanse for den enkelte garden. Eit næringsstoffrekneskap tar ikkje omsyn til dette, men ein kan sjølvstøtt korrigere for dette manuelt, og legge tapt avling inn som seld avling.

For å få eit korrekt næringsstoffrekneskap er det av stor betydning at analysereiskap for fôr- og gjødsel er kalibrert riktig. Kva som er rett innhald i produkt som blir seld frå garden har stor betydning. NLR-Kretsløpstolken nyttar standard verdier på størrelse på dyr som blir selde frå garden og ikkje faktisk størrelse. Dersom ein skal nytte næringsstoffrekneskap i Norge, vil det vere viktig å få avklart kva fosforinnhaldet er i norsk mjølk. Test av den engelsk språklege utgåva av Kringloopwijzer, viser at gard nr 3 med 1,15 gram fosfor per kg mjølk kjem ut med ein fosfatbalanse på -4 kg P₂O₅/hektar. Med ein omrekningsfaktor på P₂O₅ x 0,437 til P, og omrekning frå hektar til dekar,

har denne garden ein fosforbalanse på -0,17 kg P/dekar. Garden har med 0,98 gram P/kg EKM ein fosforbalanse på + 0,09 kg P/dekar. Forskjell på fosforbalansen er på -0,26 kg P/dekar.

Næringsstoffrekneskap bør ikkje brukast som eit forvaltningsreiskap med stor grad av kontroll. Det er vanskeleg å kontrollere flytting av rett mengde nitrogen og fosfor frå husdyrgjødsel mellom gardsbruk. Mengde væske i gjødsellager varierer med mengde regnvatn og forbruk av vatn til vask av mjølkesystem. Grovfôrets innhald av kalium og natrium gir ulik væskemengd. Gjødsel frå gris må rørast kontinuerleg ved uttak, for at rett mengde fosfor skal bli frakta bort frå garden. Fosforinnhaldet er høgast i den tørre delen, som lett botnfeller i gjødselkummen. Gardsbruk som mottar gjødsel kan difor få for høg teoretisk fosforbalanse, medan dei som leiger spreieareal kan ha for låg teoretisk fosforbalanse.

Dersom vi innfører næringsstoffrekneskap, som eit frivillig tiltak i landbruket, må vi vere sikre på at P-innhaldet i selde produkt frå garden har eit korrekt P-innhald. Det vil alltid vere stor usikkerheit omkring levert og mottatt husdyrgjødsel, enten dette er transportert mellom gardane eller det er beitedyr som er på leigd beite. Grovfôrkjøp og sal vil det også være usikkerheit omkring.

Med eit næringsstoffrekneskap er det mogleg å berekne kg P/GDE storfe på gardsnivå. Den viktigaste faktoren for ulik fosforbalanse på storfe er driftsleiing. For gris og fjørfe kan berekningane standardiserast og følgje det som kraftfôrleverandørane bereknar som utskilt mengde fosfor i gjødsla.

NLR-Kretsløpstolken hjelper bonden til å fokusere på auka nitrogen- og fosforutnytting, og vil sannsynlegvis motivere bøndene til å ta store avlingar og auke sjølvforsyninga av eige fôr. Spesielt viktig er det å bli mest mogleg sjølvforsynt med råprotein frå gras, og kombinere dette med kraftfôr basert på norsk korn. Dette gir ein god P-balanse på garden. Eit næringsstoffrekneskap vil for bonden vere ein styrke i forhold til evaluering av eiga drift. Fosfor i vassdraga er for bonden ein tapt ressurs. Det er tapte pengar og gir dårleg økonomi.

Referansar

Abrahamsson, L., 2012, masteroppgåva SLU. *Förluster i olika ensileringssystem.*

Kjus, O. 1990. *Tap ved ulike høstemetoder for gras til ensilering. Norges landbrukshøgskole. Doctor Scientiarum These 5. 97s.*

Klop, G., J. L. Ellis, M. C. Blok, G. G. Brandsma, A. Bannink and J. Dijkstra 2014, *Variation in phosphorus content of milk from dairy cattle as affected by differences in milk composition. Journal of Agricultural Science (2014)*

Schröder, J.J., L.B. Šebek, J.W. Reijs, J. Oenema, R.M.A. Goselink, J.G. Conijn en J. de Boer 2014, *Rekenregels van de KringloopWijzer, Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 4 maart 2014 versie.* <https://edepot.wur.nl/370323>

Van Dijk, W., J.A. de Boer, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema & J. Verloop 2020, *Calculation rules of the Annual Nutrient Cycling Assessment (ANCA) Background of BEX, BEA, BEN, BEP and BEC: update of ANCA 2019 version.* <https://edepot.wur.nl/563400>

Zimmer, E. and R.J. Wilkins. 1984 *Efficiency of silage systems: a comparison between unwilted and wilted silages. Landbauforschung Völkenrode. Sonderheft 69. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode*