

NOTAT - Oppdatering av tiltaksbeskrivelser for gjødseltiltakene i Klimatiltak i Norge 2024 – Revidert utgave

Til: Miljødirektoraret v/ Kaya Grjotheim
Fra: NIBIO v/Pia Borg, Synnøve Rivedal, Simen Wilsher-Lohre og Hilde Haug
Simonhjell
Dato: 08. november 2024
Saksnummer: 24087392

Innhold

1	Innledning.....	3
1.1	Bakgrunn	3
1.2	Ressurspersoner og arbeidsfordeling.....	3
2	Metode og avgrensninger	3
2.1	Oppdateringen av tiltaksbeskrivelsene for gjødseltiltakene J04-1, J04-2 og J04-3	3
2.1.1	Overordnede vurderinger og forutsetninger for netto nåverdiberegninger	4
2.2	Overordnet vurdering av tiltak og virkemidler gjennomført for å redusere utslipp fra gjødselhåndtering i andre land som kan ha relevans for Norge og vurdering av mulighetene for kvantifisering av nye tiltak.....	5
2.3	Vurdering av hvordan nytt gjødselregelverk vil kunne påvirke tiltakene	5
3	Oppdaterte tiltaksbeskrivelser for tiltaksarkene for de tre gjødseltiltakene i Klimatiltak i Norge 2024	6
3.1	J04-1 Dekke på gjødsellager svin	6
3.2	J04-2 Miljøvennlig spredning	10
3.3	J04-3 Bedre spredetidspunkt og lagerkapasitet for husdyrgjødsel.....	14
4	Vurdering av om tiltak J04-1 Dekke på gjødsellager svin bør utvides	16
5	Overordnet vurdering av tiltak og virkemidler gjennomført for å redusere utslipp fra gjødselhåndtering i andre land som kan ha relevans for Norge og vurdering av mulighetene for kvantifisering av nye tiltak	17
5.1	Nitrifikasjonshemmere i handels- og husdyrgjødsel.....	17
5.2	Klimaoptimalisert gjødselbruk.....	18
5.3	Tilsetning av syre til husdyrgjødsel.....	20
5.4	Lavdoseforsuring i gjødsellager.....	21
5.5	Redusert oppholdstid for gjødsel i husdyrrom	22

5.6	Varmevekslere i gjødsellager og husdyrrom	23
5.7	Fakkellavbrenning (fakling) av gjødseltanker	24
5.8	Biologisk oksidering av metan fra svinegjødsellager	25
5.9	Tilsetning av kalk og biokull til husdyrgjødsel på lager	25
5.10	Bedre arealmessig utnyttelse	25
5.11	N2 Applied/ plasmabehandling og forsuring av husdyrgjødsel.....	26
5.12	Cloacibacter	27
5.13	Vurdering av mulighetene for kvantifisering av nye tiltak.....	27
6	Vurdering av hvordan nytt gjødselregelverk vil kunne påvirke tiltakene	28
6.1	Krav til utforming av lager	28
6.2	Krav til spredemetode/nedmoldingstid	28
6.3	Krav til spredetidspunkt og lagerkapasitet	28
6.4	Krav til spredemengde/begrensninger for tilførsel av fosfor på jordbruksareal	29
7	Referanser	32

1 Innledning

Dette notatet er utarbeidet som del av oppdragsavtale nr. 24087392 for Miljødirektoratet; Oppdatering av tallgrunnlag for gjødseltiltak. Notatet er revidert 8. november, etter innspill fra Miljødirektoratet.

1.1 Bakgrunn

Miljødirektoratet skal oppdatere og videreutvikle kunnskapen som danner grunnlaget for regjeringens klimapolitikk. NIBIO har på oppdrag fra Miljødirektoratet oppdatert tiltaksbeskrivelsene for de tre gjødseltiltakene, J04-1 Dekke på gjødsellager svin, J04-2 Miljøvennlig spredning og J04-3 Bedre spredetidspunkt og lagerkapasitet. Dette notatet inneholder også overordnede vurderinger av tiltak og virkemidler fra andre land, vurdering av muligheten for kvantifisering av nye tiltak og vurdering av hvordan nytt gjødselregelverk vil kunne påvirke tiltakene.

Leveransen til oppdragsavtale nr. 24087392 består ellers av excelark med framskrivning av relevante tiltaksparametere, excelark med netto nåverdberegning av samfunnsøkonomiske og bedriftsøkonomiske kostnader samt dette notatet. Leveransen omfatter også en muntlig presentasjon av oppdraget.

1.2 Ressurspersoner og arbeidsfordeling

Oppdraget er gjennomført av NIBIO, divisjon for mat og samfunn og divisjon for kart og statistikk.

Analysearbeidet i hovedsak gjennomført av Synnøve Rivedal i avdeling fôr og husdyr og Simen Wilsher-Lohre i avdeling landbruksøkonomisk analyse. Prosjektleder har vært Pia Borg i avdeling klima og matproduksjon. Kontaktperson i Miljødirektoratet har vært Kaya Grjotheim.

2 Metode og avgrensninger

2.1 Oppdateringen av tiltaksbeskrivelsene for gjødseltiltakene J04-1, J04-2 og J04-3

Tiltaksbeskrivelsene er i henhold til oppdraget oppdatert med ny innfasing av de ulike tiltaka. NIBIO leverte excelark med framskrivning av tiltaksparametre til Miljødirektoratet. Miljødirektoratet brukte dette til å regne ut reduksjonspotensialet av de ulike tiltaka sett opp mot framskrivning av utslipp uten tiltak. I tillegg til reduksjonspotensialet for klimagassutslipp fikk vi også tilsendt reduksjon i bruken av mineralgjødsel-nitrogen (N) som følge av innføring av tiltaka. Vi har hatt en del diskusjoner rundt hvordan dette er regnet ut. Fra NIBIO sin side mener vi at reduksjon i utslipp av ammoniakk (NH₃-N) som følge av innføring av tiltak kan regnes om til mineralgjødsel-N i forholdet 1:1 siden NH₃-N er lett tilgjengelig N for plantevekst på linje med ammonium-N i mineralgjødsel. Hvordan Miljødirektoratet har regnet ut reduksjonen i bruken av mineralgjødsel-N har vi ikke helt oversikt over, men det vil ha betydning for reduksjonspotensialet og kostnadene med tiltaka som NIBIO har beregnet.

Oppdatering av omtalen av virkemidler og barrierer for de tre gjødseltiltakene er ikke omfattet av dette oppdraget. Tiltakene er heller ikke skalert mot effekten av andre tiltak.

2.1.1 Overordnede vurderinger og forutsetninger for netto nåverdiberegninger

Valg av kalkulasjonsrente

For beregningene er det valgt å benytte nominell diskonteringsrente, og dermed også nominelle verdier for reinvesteringer i løpet av levetiden til prosjektene, der det er relevant. Alternativet ville vært å bruke prisjusterte verdier og en beregnet realdiskonteringsrente.

For foretaksøkonomiske beregninger er det satt et avkastningskrav til 5,5 prosent og for samfunnsøkonomisk beregning er kalkulasjonsrenten satt til 4 prosent.

Datagrunnlag

Nåverdiberegningene tar utgangspunkt i framskrevet data og forutsetter lineær innfasing av tiltak. Det er overordnet forutsatt at investeringene begynte i 2022, og at effektene begynner å inntreffe året etter. Utrekningene tar utgangspunkt i utslippsreduksjonspotensialer framskrevet fram til 2035. Der analyseperioden forbigår framskrevet utslippsreduksjon er det forutsatt en lineær utfasing når investeringene nærmer seg slutten av sin levetid, og utslippsreduksjoner satt lik ved andel i drift i utfasingen som i innfasingen.

Det er i notatet foreslått ny innfasing av gjødseltiltakene fram mot 2035. Nåverdiberegningene er basert på årlige kontantstrømmer over investeringenes levetid, med mindre annet er angitt. Hensikten med dette er å vurdere den totale lønnsomheten av investeringen. Forutsetningene for de økonomiske beregningene ble presentert for oppdragsgiver i midtveismøtet.

Omfang av berørte jordbruksbedrifter er i hovedsak hentet fra SSB sin gjødselundersøkelse i 2018 (Kolle & Oguz-Alper 2020) eller Landbrukstillingen 2020 (SSB 2021).

Investeringskostnader er så langt som det er mulig hentet fra det norske markedet. Enkelte priser er hentet fra beregningene til Klimakur 2030. Alle verdier er prisjustert med aktuelle prisindekser eller aktuell prisutvikling til kroneverdi i 2022, som er forutsatt start for analyseperioden.

Priser for arbeid er satt til kr 258/time, og er hentet fra Driftsgranskingene (Lønnsevne kr/time, hovedtabell 16, 2022 (NIBIO 2024a).

Verdien av N

De ulike tiltakene vil påvirke bruken av mineralgjødsel-nitrogen. Reduksjon i bruken av mineralgjødsel- N som følge av innføring av tiltaka er regnet ut av Miljødirektoratet. I Klimakur 2030 ble verdien av dette nitrogenet satt til 10,7 kr/kg spart N. Prisutviklingen på nitrogengjødsel er hentet fra Totalkalkylen, utarbeidet av NIBIO (NIBIO 2024b). Det har de senere årene vært en kraftig økning i gjødselpriser, grunnet høye energi/produksjonskostnader. Denne utviklingen viser en samlet prisvekst på 214 prosent fra 2019 til 2022. Dersom gjødselprisene synker igjen, vil det gi mindre lønnsomme investeringer enn det som forutsettes i beregningene til dette notatet. Verdien av N er i beregningene satt til gjennomsnittet av årene 2019-2023, for å hensynta prisutviklingen, og settes til kr 16,70 per kg.

2.2 Overordnet vurdering av tiltak og virkemidler gjennomført for å redusere utslipp fra gjødselhåndtering i andre land som kan ha relevans for Norge og vurdering av mulighetene for kvantifisering av nye tiltak

I oppdragsbeskrivelsen bes det om en overordnet vurdering av tiltak som gjennomføres i andre land for å redusere utslipp fra gjødselhåndtering og det er konkret vist til rapporten «Klimavirkemidler til dansk landbrug» (Henrichsen mfl. 2024). Videre bes det om at NIBIO ser på muligheten for kvantifisering av nye gjødseltiltak som ikke blir kvantifisert i dag. Det vises i denne sammenheng til tiltaksrapporteringen i Regnskapsgrupperapporten under intensjonsavtalen "Klimastatus for jordbruket" fra februar 2024 (Regnskapsgruppa 2024) og NIBIO-rapporten: "Klimatiltak i planteproduksjon Delrapport 1" (Byers mfl. 2024).

Vi har gjort en overordnet vurdering av anbefalte tiltak for å redusere utslipp fra gjødselhåndtering i Danmark og Sverige og deres relevans for Norge. Tiltakene vi har vurdert er hentet fra den danske rapporten «Klimavirkemidler til dansk landbrug» (Henrichsen mfl. 2024) og den svenske rapporten «Kostnader for jordbrukets grønne omstilling» (LRF 2023). Vi viser også til vurderinger i rapportene "Co-mitigation of methane and ammonia emissions from agricultural sources: policy brief and guidance" (ECE 2023) og "Nitrogen Opportunities for Agriculture, Food & Environment. UNECE Guidance Document on Integrated Sustainable Nitrogen Management" (Sutton mfl. 2022).

Videre har vi vurdert muligheten for kvantifisering av gjødseltiltak som ikke blir kvantifisert i dag og som er omtalt i NIBIO-rapporten: "Klimatiltak i planteproduksjon Delrapport 1". Våre vurderinger er basert på denne rapporten samt en begrenset litteraturstudie. Vi tar forbehold om at det kan finnes nyere forskning som vi ikke har funnet.

Tiltaksrapporteringen i Regnskapsgrupperapporten under intensjonsavtalen "Klimastatus for jordbruket" fra februar 2024 omtaler i alt fem gjødseltiltak, hvorav J03 Husdyrgjødsel til biogass, J04-1 Dekke på gjødsellager svin, J04-2 Miljøvennlig spredning og J04-3 Bedre spredetidspunkt og lagerkapasitet utgjør fire av disse. Det er derfor kun tiltaket presisjongjødsling (balansert gjødsling) som ikke allerede er kvantifisert. Presisjongjødsling er først og fremst aktuelt for mineralgjødsel.

Dette oppdraget er avgrenset til vurdering av tiltak for å redusere utslipp fra lagring og håndtering av husdyrgjødsel. Tiltakene presisjongjødsling, 10% reduksjon i N-gjødsling (samletiltak) og delt gjødsling i korn er ikke nærmere vurdert i dette notatet da disse tiltakene først og fremst er relatert til mineralgjødsel. Bruk av husdyrgjødsel til biogassproduksjon er heller ikke omfattet av dette oppdraget.

2.3 Vurdering av hvordan nytt gjødselregelverk vil kunne påvirke tiltakene

Denne vurderingen tar utgangspunkt i forslaget til ny forskrift om lagring og bruk av gjødsel mv. (gjødselbrukforskriften) som ble sendt på høring med høringsfrist 20.06.2024. Beskrivelsen av de foreslåtte endringene er hentet fra det utsendte høringsnotatet og vi har vurdert hvordan det foreslåtte regelverket vil kunne påvirke tiltakene og om det vil utløse deler av potensialet i de tre gjødseltiltakene J04-1, J04-2 og J04-3.

3 Oppdaterte tiltaksbeskrivelser for tiltaksarkene for de tre gjødseltiltakene i Klimatiltak i Norge 2024

3.1 J04-1 Dekke på gjødsellager svin

Tiltaket innebærer at alle åpne kummer for svinegjødning i 2026 er dekket med et porøst dekke av for eksempel halm eller lecaakuler, mens de andre lagrene blir som før. Et porøst dekke reduserer utslippet av metan og gir større reduksjon i klimagassutslipp enn et tett dekke som bare reduserer utslippet av ammoniakk.

Beskrivelse og forutsetninger

Forslag til ny gjødselbruksforskrift har vært på høring og det er forventet at ny forskrift skal gjelde fra 1. januar 2025. I § 7 «Krav til utforming av lager for husdyrgjødsel og annen organisk gjødning» er det foreslått at lager for urin, svinegjødning og biorest med mindre enn 25 prosent tørrstoff skal ha tak eller annet dekke som begrenser fordamping til luft. Dette vil i sterk grad påvirke innfasingen av tiltaket og er bakgrunnen for at man har valgt full innfasing av tiltaket i 2026.

Ifølge Landbrukstelingen 2020 (SSB 2021) blir 15 prosent av grisegjødsel lagret i gjødselkullere med spaltegulv, 38 prosent i gjødselkullere med fast dekke, 32 prosent i gjødselkummer uten dekke, 8 prosent i kummer med tett dekke, 2 prosent i kummer med kunstig flytedekke og 12 prosent i kummer med annet flytende dekke. Tiltaket går ut på at alle gjødselkummer uten dekke får et porøst dekke og det er lagt til grunn en lineær innfasing av tiltaket fra 2023 til 2026 med en årlig økning på 8 prosentpoeng for andelen med «annet flytende dekke» opptil 32 prosent i 2026.

For at dekke på gjødsellager skal gi best mulig effekt på både ammoniakk og metan, må porøst dekke kombineres med tett dekke. Det er imidlertid ikke mulig å regne på kombinasjonen av porøst og tett dekke med utslippsmodellene som i dag brukes i det norske klimaregnskapet. Videre er det i metanmodellen kun «annet flytende dekke» som er definert som porøst og som gir effekt på metanutslipp. Lecakuler bør inngå i denne kategorien og ikke i «kunstig flytende dekke», eller man må se på oppdelingen av dekker. I våre beregninger har vi definert lecaakuler som «annet flytende dekke».

Tabell 1: Utslippsreduksjonspotensial (tonn CO₂-ekv.)

	2023	2026	2035
Dekke på gjødsellager svin	1 747	7 086	7 139

Foretaks- og samfunnsøkonomiske virkninger

Omfang

Den prosentvise fordelingen mellom de forskjellige gjødsellagervalgene er veldig lik når man ser på resultatene fra gjødselundersøkelsen i 2018 og fra landbrukstelingen i 2020, som illustrert i tabell 2. Forutsatt fordeling per tilpasning ved full innfasing er gjengitt i tabell 3.

Tabell 2: Antall jordbruksbedrifter per tilpasning J04-1

	Landbrukstelling 2020*	Andel av totalt 2020	Gjødselundersøkelsen 2018**	Andel av totalt 2018
Jordbruksbedrifter med gjødselkum/lagune i alt	530	100%	844	100%
Tett dekke - tak/presenning	97	17,67%	107	13,99%
Kunstig flytende dekke	19	3,46%	24	3,14%
Annet flytende dekke	53	9,65%	90	11,76%
Uten dekke	380	69,22%	544	71,11%

* Summen av jordbruksbedrifter overstiger totalt antall jordbruksbedrifter. Årsaken til dette kan være at det er noen som har en kombinasjon av flere av tilpasningene. Kilde: SSB tabell 13443 (SSB 2021)

** Summen av jordbruksbedrifter avviker fra totalt antall jordbruksbedrifter i undersøkelsen. Årsaken til dette kan være at det er noen som har en kombinasjon av flere av tilpasningene.

Tabell 3: Antall jordbruksbedrifter beregnet

	Beregnet 2026	Andel av totalt 2026	Landbrukstelling 2020	Andel av totalt 2020
Jordbruksbedrifter med gjødselkum/lagune i alt	530	100%	530	100%
Tett dekke - tak/presenning	97	17,67%	97	17,67%
Kunstig flytende dekke	19	3,46%	19	3,46%
Annet flytende dekke	433	81,70%	53	9,65%
Uten dekke	0	0%	380	69,22%

Forutsetningene for kostnadsberegninger tar utgangspunkt i det som ble funnet i Rivedal mfl. (2019) og er prisjustert til 2022 der det er nødvendig.

Det forutsettes at noen av brukene vil ha en kombinasjon av tett tak og porøst dekke, men dette er ikke mulig å kombinere i modellen som beregner utslippsreduksjoner. Kostnaden for tett tak og kombinasjonsalternativet tett tak/porøst dekke er likevel beregnet, men inngår ikke i tiltakskostnad per CO₂-ekvivalent.

I kombinasjonsalternativet er det forutsatt at brukene vil velge å bruke halm snarere enn leca-kuler for porøst dekke, ettersom de årlige merkostnadene er lavere ved å bruke halm. Det er så langt prosjektgruppen har funnet ikke vanlig for svinebønder å bruke leca-kuler eller halm for å lage porøst dekke på gjødselkummen i dag, og antakelser knyttet til kostnader ligger her til grunn for beregningene. Det er lagt til grunn en antakelse om at av brukene som i dag ikke har dekke på gjødsellager vil halvparten velge leca og halvparten halm.

Vi har i beregningene lagt til grunn en innfasingstid for tiltaket på 4 år fra 2022 i tråd med forutsetninger fra Miljødirektoratet, og tiltaket vil da være 100 prosent innfaset i 2026. Analyseperioden er satt til 2035.

Porøst dekke (Leca-kuler)

Forutsetninger for å bruke Leca-kuler som porøst dekke for svinegjødsel er hentet fra et prosjekt i Polen (Leca, u.d.). Her fremkommer det et behov for at laget med Leca-kuler er på 15 cm (+/-5 cm). Det anslås at gjødselkummer for svin i Norge er sirkulære og har en gjennomsnittlig diameter på 20 m (diameter på 15-20 m er funnet i Beckmann mfl. (2016) s. 15).

Dette gir et beregnet behov på 47,1 m³ Leca-kuler for en gjennomsnittlig svinegjødselkum. Leca lettklinker koster kr 1 170/m³ (Byggeshop, pris hentet september 2024), som gir en samlet innledende investeringskostnad per kum på kr 55 107. Korrigert for prisvekst målt i KPI (SSB, 2024a) gir dette en kostnad på kr 50 804 i 2022-kroner. Det anslås at det tar bonden 6 timer å fylle på Leca-kulene i gjødselkummen. Det legges til grunn en antakelse om at 20 prosent av Leca-kulene må erstattes årlig, og at arbeidsforbruket følger mengden Leca-kuler. Årlig transport av Leca-kuler er forutsatt å koste kr 4 800, gitt 4 timer arbeid, og en timepris på leiekjøring på kr 1 200 (Norsk Landbruk 2024).

Basert på nevnte forutsetninger, er netto nåverdi for en jordbruksbedrift ved å bruke Leca-kuler for å lage porøst dekke på gjødsellager beregnet til å være kr 209 037 (2024-kr), i analyseperioden 2022-2035.

Porøst dekke (halm)

Det eksisterer lite data knyttet til å bruke halm som dekke på gjødsellager i Norge, og vi har derfor måtte gjøre noen antakelser i beregningene. Vi har i våre beregninger forutsatt et dekke på 22,5 cm. Dette er middelverdien av intervallet omtalt i tidligere arbeid på 15-30 cm (Rivedal mfl. 2019). Nødvendig volum blir da 70,65 m³ halm for å dekke gjødsellageret med overflate 314 m². Tettheten på halm forutsettes å være 108 kg/m³ (Belbo 2011). Basert på erfaringstall, har vi forutsatt en halmpris på kr 1/kg. Dette anslaget ligger noe mellom en antatt verdi for bonden som gjødsel (NLR 2022) og halm av høyere kvalitet i mindre volumer (Nordmark Gard 2024).

Det forutsettes at arbeidet tar om lag 6 timer per påfylling. Det forutsettes videre at halmen må erstattes hver 6. måned. Årlig transport av halm er forutsatt å koste kr 4 800, gitt 4 timer arbeid, og en timepris på leiekjøring på kr 1 200 (Norsk Landbruk 2024).

Netto nåverdi for en jordbruksbedrift ved å bruke halm for å lage porøst dekke på gjødsellager er beregnet til å være kr 248 790 (2024-kr), i analyseperioden 2022-2035.

Tett tak

Kostnad for tett tak er funnet ved beregningen fra Klimakur 2030, prisjustert til 2022-kr ved byggekostnadsindeksen (SSB, 2024b). I rapporten til Rivedal mfl. (2019) var kostnader knyttet til å bygge tett tak hentet fra Bechmann mfl. (2016). De beregnet at samlet kostnad for å bygge tett tak for svin utendørs gjødsellager var 127 millioner kroner. Bechmann mfl. (2016) hadde hentet byggekostnader fra *Konsekvensvurderinger av utkast til revidert forskrift om lagring og bruk av gjødsel til landbruksformål* (Øgaard mfl. 2014), og justert til 2015-kr ved hjelp av SSB sin byggekostnadsindeks. Tett tak forutsettes å ha en levetid på 15 år. Beregnet kostnad for å bygge tett tak er beregnet til kr 419 447 (2024-kr) per jordbruksbedrift.

I kombinasjonsalternativet med tett tak og porøst dekke er det for bonden trolig mest aktuelt å velge halm, som gir lavere årlige merkostnader enn Leca-kuler. Vi har derfor lagt det til grunn i beregningene av dette alternativet. Siden halmen ligger mer beskyttet under tak, er det trolig bare behov for påfyll av halm en gang årlig. Det er ikke mulig å beregne utslippsreduksjoner og videre netto nåverdi og tiltakskostnad for kombinasjonsalternativet, men beregnet innledende investeringskostnad for tilpasningen, prisjustert til 2024-kr, er beregnet til kr 427 678, med årlig merkostnad på kr 15 145 per bruk.

Gjennomsnittlig foretaksøkonomisk kostnad

Den gjennomsnittlige foretaksøkonomiske nåverdien av investeringer knyttet til tiltaket er, gitt overnevnte forutsetninger per tilpasning, og andel som forventes å velge hver tilpasning, på kr 231 402, i analyseperioden 2022-2035.

Samfunnsøkonomisk tiltakskostnad

Den beregnede tiltakskostnaden er kr 951/CO₂-ekvivalent (2024-kr). Tiltakskostnaden er beregnet ut fra fremskrevet aktivitetsdata. Dette innebærer at alle bruk som har åpen gjødselkum i Landbrukstelingen 2020 får porøst dekke, der halvparten av jordbruksbedriftene bruker halm og halvparten leca-kuler. Det er ikke mulig å regne på kombinasjonen av porøst og tett dekke med utslippsmodellene som i dag brukes i det norske klimaregnskapet. Flere detaljer knyttet til forutsetninger som ligger til grunn for denne beregningen, står beskrevet i delkapitlene over.

Andre samfunnsøkonomiske virkninger

Redusert ammoniakkfordamping gir også positive effekter på miljø og naturmangfold og reduksjon av vond lukt. Disse virkningene er ikke kvantifisert.

3.2 J04-2 Miljøvennlig spredning

Tiltaket går ut på å øke andelen av husdyrgjødsel som blir spredd med stripespreder i kombinasjon med å øke andelen med vanninnblanding på eng og å øke andelen av gjødsel som moldes ned tidlig og redusere andelen som moldes ned seint ved spredning på åker. Miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel reduserer tapet av ammoniakk, og dermed indirekte utslipp av lystgass som følge av atmosfærisk nedfall. Redusert ammoniakktap fører også til redusert behov for tilførsel av nitrogen fra mineralgjødsel og reduserer dermed direkte og indirekte lystgassutslipp fra bruk av mineralgjødsel.

Beskrivelse og forutsetninger

Vi forutsetter i dette tiltaket 17% årlig økning i stripespredning (som inngår i begrepet nedlegging) på eng i de første årene, og at økningen avtar utover i perioden frem til 2035. Vi forutsetter videre at man i 2035 har 64 % stripespredning, noe som er en videreføring av forutsetninger for tiltaket i tidligere vurderinger. Vi ser at dette kan bli utfordrende å nå, men har likevel ikke opplysninger som tilsier at det er grunn til å endre denne forutsetningen per nå.

Andel gjødsel med vanninnhold på 1 del eller mer mener vi er naturlig at følger samme mønster som stripespredning. Her starter man litt lavere i 2022 på 21,1% og her har vi lagt oss på en litt større økning per år enn for stripespredning år fram til man oppnår 64% i 2035.

Når det gjelder utviklingen i stripespredning på 17 % i starten på perioden, så er dette basert på utviklingstall de senere årene fra ulike kilder. Tall fra Landbrukstelingen 2020 viser at 24,7% av husdyrgjødsel til eng (regnet ut ifra total-nitrogen) ble spredd med stripespreder i 2020 (SSB 2021). Gjødselundersøkelsene i 2013 og 2018, viste en andel på bruk av stripespreder til eng på henholdsvis 17,5 og 18,4%. Fra 2018 til 2020 var det altså en økning i stripespredning per år på rundt 17%.

En annen datakilde er søknadsdata fra regionalt miljøprogram (RMP). I 2023 var det gitt støtte til over 1 mill. daa totalt for nedlegging og nedfelling (Tabell 4). Dette utgjør rundt 26% av arealet som får tilført husdyrgjødsel, som ifølge Landbrukstelingen 2020 var rundt 3,86 mill. daa. Frem til og med 2022 var det dessverre ikke delt opp mellom nedlegging og nedfelling, eller mellom åpen åker og voksende kultur i RMP søknadene. Man kan anta at andelen daa nedlegging blir brukt på av totalt antall daa med nedlegging og nedfelling er det samme i 2013 til 2022 som i 2023, dvs. 76%. Man kan også anta at økningen har vært like stor for eng og åpen åker. Tabell 4 viser videre at det har vært en veldig stor variasjon i økningen i antall daa som søker tilskudd for nedlegging og nedfelling fra år til år. Dette har trolig sammenheng med endringer i tilskuddsordninger i de ulike regionene. Gjennomsnittlig økning i arealet som har fått tilskudd til nedlegging fra 2020 til 2023 ligger på 17%.

Tabell 4: Antall daa søkt om regionalt miljøtilskudd til nedlegging og nedfelling og rask nedmolding i perioden 2013 til 2023 og årlig økning (Landbruksdirektoratet 2024).

År	Nedlegging og nedfelling (daa)	Nedlegging* (daa)	Årlig økning i nedlegging (%)	Spredning med rask nedmolding (daa)	Årlig økning i rask nedmolding (%)
2013	86 149	65 644		90 600	
2014	103 193	78 631	20	92 066	2

2015	134 076	102 164	30	87 876	-5
2016	153 706	117 121	15	87 532	0
2017	177 409	135 183	15	93 558	7
2018	384 501	292 984	117	98 608	5
2019	529 925	403 794	38	100 960	2
2020	648 589	494 214	22	121 589	20
2021	731 158	557 131	13	129 145	6
2022	892 040	679 720	22	132 759	3
2023	1 029 623	784 563	15		

*Tall daa med nedlegging tatt fra statistikken i 2023, tal daa åra før er estimert ved hjelp av samme forholdstall mellom nedlegging og nedlegging og nedfelling som i 2023 (76 %).

Når det gjelder tiltaket rask nedmolding av husdyrgjødsel har vi satt samme mål som før innen 2035 der nedmolding innen 1 time øker til 25%, nedmolding innen 1-4 timer øker til 50%, nedmolding innen 4-12 timer blir redusert til 25%, mens nedmolding etter 12 timer opphører (Tabell 5). Ifølge gjødselundersøkinga i 2018 og landbrukstellinga i 2020 er gjennomsnittlig årlig økning i andel husdyrgjødsel som blir nedmoldet innen 1 time 9 % og større enn det vi har lagt opp til fremover. Ser man på statistikk fra RMP har det vært en økning i areal som får tilskudd til rask nedmolding av husdyrgjødsel fra 90 600 daa i 2013 til om lag 133 000 daa i 2022 (Tabell 4), gir dette en gjennomsnittlig årlig økning på 5%. Rask nedmolding i RMP er definert som innen 2 timer. Når vi har valgt å holde på tidligere målsetninger selv om data fra landbrukstellinga og RMP tyder på en raskere innfasing er det fordi vi mener nedmolding innen 1 time er krevende i praksis.

Tabell 5: Målsetninger om andel husdyrgjødsel nedmoldet innen ulike tidspunkt etter spredning i 2035.

Nedmoldingstid og metode	2022	Mål 2035
0 - 1 timer, pløying	13,4 %	25 %
1 - 4 timer, pløying	29,3 %	50 %
4 - 12 timer, pløying	28,6 %	25 %
12 timer + >, pløying	28,6 %	0 %

Tabell 6: Utsleppsreduksjonspotensial (CO₂-ekv.) for miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel som omfatter stripespredning og vanninnblanding til eng (64% innen 2035) og nedmolding til åker som vist i tabell 5.

	2023	2030	2035
Miljøvennlig spredning	2 616	18 225	26 346

Foretaks- og samfunnsøkonomiske virkninger

Omfang

Det er fra Landbrukstellinga 2020 funnet 17 448 jordbruksbedrifter som har bredspredning (SSB 2021). Det er ikke funnet nye tall på hvor mange jordbruksbedrifter som har vanninnblanding mindre enn 1:1, men det forutsettes at andelen her har utviklet seg i tråd med antall jordbruksbedrifter som har bredspredning. I 2018 var det 14 157 jordbruksbedrifter som hadde bredspredning, og 9 095 jordbruksbedrifter med vanninnblanding mindre enn 1:1. Kostnader knyttet til stripesprederbom og ny tankvogn er prisjustert med maskinindeksen (NIBIO, 2024b), leiekjøring og merkostnad for frakt av vann er prisjustert med KPI.

Fra aktivitetsdata forutsettes det at det i 2022 er 69,6 prosent av jordbruksbedriftene som har bredspredning eller kanon, og 24,7 prosent har stripespredning. Målet for 2035 er at 30,3 prosent har bredspredning eller kanon, og 64 prosent har stripespreder. Gitt at 30,3 prosent av jordbruksbedriftene forventes å ha bredspredning i 2035 tilsvarer dette 7 602 jordbruksbedrifter. Dermed er det 9 846 som forventes å gå over til stripespredning. For vanninnblanding er det fremskrevet at 21,1 prosent har minst 1 del vann per del gjødsel, og at dette skal økes til 64 prosent. Antallet som har mindre enn 1 del vann per del gjødsel representerer i dag 78,9 prosent, og forventes å skulle reduseres til 36 prosent. Det er i henhold til Landbrukstillingen 2020 11 209 jordbruksbedrifter som har vanninnblanding på mindre enn 1 del per del gjødsel. For at denne andelen skal utgjøre 36 prosent må 6 097 jordbruksbedrifter gå over til å ha vanninnblanding på over 1 del per del gjødsel. Antall jordbruksbedrifter fremkommer av tabell 7.

Tabell 7: Antall jordbruksbedrifter per tilpasning J04-2

	Landbrukstilling 2020	Gjødselundersøkelsen 2018
Jordbruksbedrifter med bredspredning	17 448	14 157
Jordbruksbedrifter med vanninnblanding mindre enn 1:1	11 209*	9 095
Antall som går over til stripespredning	9 846	9 910
Antall som øker vanninnblanding og går over til stripespredning	6 097	6 367

* forutsatt likt forhold mellom antall jordbruksbedrifter med bredspredning og vanninnblanding < 1:1 som fra Gjødselundersøkelsen 2018.

Det er forutsatt at 30 prosent av jordbruksbedriftene som går over til stripespredning vil investere i ny stripesprederbom. Det forutsettes videre at 10 prosent av jordbruksbedriftene som skal øke vanninnblanding vil investere i tankvogn/slangeutstyr. De resterende som treffes av tiltaket forventes å leie utstyr og kjøring. Tilpasningene forutsettes en innfasingstid på 13 år fra 2022, og å være 100 prosent innfaset i 2035.

Investeringene i stripesprederbom og tankvogn har i beregningene forventet levetid på 15 år. Analyseperioden for tiltaket settes derfor til utløpet av levetiden for siste investering, som er i 2048.

Det finnes ikke oppdaterte tall for mengde gjødsel spredd med bredspreder eller stripespreder. Tallene fra beregningene til Klimakur 2030 er skalert til omfanget i oppdaterte tall fra Landbrukstillingen 2020, som vist i tabell 8.

Tabell 8: Skalerte mengder gjødsel J04-2

	Landbrukstelling 2020	Gjødselundersøkelsen 2018
Antall jordbruksbedrifter med bredspredning	17 448	14 157
Mengde husdyrgjødsel spredd med bredspreder	8 292 663	6 728 521
Jordbruksbedrifter med vanninnblanding mindre enn 1:1	11 209	9 095
Økt mengde ved vanninnblanding	2 135 663	1 732 880
Mengde husdyrgjødsel spredd med stripespreder	5 30 629	4 341 406

Foretaksøkonomisk og samfunnsøkonomisk kostnad

Kostnaden for investering i stripesprederbom er prisjustert med maskinindeksen, og er i 2022 beregnet til å være kr 224 306. Det er en forventet levetid på 15 år for investeringen. Investeringen i tankvogn/slangeutstyr er også prisjustert med maskinprisindeksen, og er beregnet til kr 350 478 i 2022. Merkostnad for leiekjøring og merkostnad ved å frakte mer vann er prisjustert med KPI og beregnet til å være henholdsvis kr 17,63 og kr 61,55 per tonn.

Den gjennomsnittlige foretaksøkonomiske nåverdien av investeringer knyttet til tiltaket er, gitt overnevnte forutsetninger per tilpasning, og andel som forventes å velge hver tilpasning, på kr 316 040 (2024-kr), i analyseperioden som er investeringens levetid, 2022-2037. Dette inkluderer en årlig merkostnad for bruket på kr 20 009 (2024-kr).

For den samfunnsøkonomiske beregningen er det tatt utgangspunkt i de 6 097 brukene som øker vanninnblanding og går over til stripespredning. Det er beregnet en samlet investering på kr 624 mill. over investeringsperioden. De årlige merkostnadene er på kr 188 mill. ved 100 prosent innfasing. Netto nåverdi av kontantstrømmen er beregnet til kr 1 885 mill., og tiltakskostnaden per tonn redusert CO₂-ekvivalent er på kr 5 079 (2024-kr).

Andre samfunnsøkonomiske virkninger

Tiltaket bidrar til bedre utnytting av gjødsel, og dette har positiv effekt på avrenning av nitrogen og fosfor til vann. Ved at mindre næringsstoff går tapt til vann bidrar tiltaket til å ta vare på fosfor som begrenset ressurs. Tiltaket gir mindre behov for mineralgjødsel og mindre tap av ammoniakk.

3.3 J04-3 Bedre spredetidspunkt og lagerkapasitet for husdyrgjødsel

Tiltaket går ut på å flytte tidspunktet for all spredning av husdyrgjødsel som i dag spres om høsten, til våren og vekstsesongen for eng, innmarksbeite og åker. Spredning av gjødsla om våren og i vekstsesongen gjør at mer av nitrogenet kommer til nytte for plantevekst og bonden sparer tilsvarende på bruk av mineralgjødning.

Beskrivelse og forutsetninger

Ifølge gjødselundersøkelsen 2018 ble ca. 6,5 prosent av husdyrgjødsel som spres på eng og beite, spredd om høsten. På åker var det 9 prosent av husdyrgjødsel som ble spredd om høsten. I tråd med forslaget til ny gjødselbruksforskrift er det lagt inn en forutsetning om at andel husdyrgjødsel spredd på høsten på eng, innmarksbeite og åker gradvis vil reduseres fra 2023 og helt opphøre i 2028. 2028 er valgt fordi forslaget til ny gjødselvereforskrift gir rom for en overgangsordning ut 2027 for de som ikke har tilstrekkelig lagerkapasitet. Andel husdyrgjødsel som blir spredd på åker på våren er forventet å øke fra 84 prosent i 2022 til 93 prosent i 2028. Vårspredning på eng er forventet å øke fra 68 prosent i 2022 til 74 prosent i 2028, og på innmarksbeite fra 80 prosent til 86 prosent.

Tabell 9: Utsleppsreduksjonspotensial (CO₂-ekv.)

	2023	2028	2035
Bedre spredetidspunkt og lagerkapasitet	427	2657	2696

Foretaks- og samfunnsøkonomiske virkninger

Omfang

Kostnader er i dette tiltaket knyttet til at foretak må utvide gjødsellagerkapasitet, for å kunne spre husdyrgjødsel på andre tidspunkt. Det ligger til grunn antakelse om at høstspredning forekommer hos 25 prosent av foretak med storfe og svin, og at 20 prosent av husdyrgjødsel blir spredd om høsten. Antall foretak som omfattes av tiltaket er forutsatt å være 1 000 foretak med storfe/melk, og 250 foretak med svin (direktoratets forslag til hvor mange som må utvide lager, utkast Gjødningbruksforskriften). Med i beregningene er det at gunstigere spredetidspunkt kan redusere behov for mineralgjødning. Kostnaden for å utvide gjødselkapasitet er beregnet til å være kr 337 748, prisjustert til 2022-kr med utgangspunkt i investeringskostnader funnet i Beckmann mfl. (2016).

Det forutsettes gjødsellagerutvidelse i betong med levetid på 50 år. Det forutsettes videre at alle berørte bruk har anledning til å utvide gjødsellager og ikke må bygge nytt. Det forutsettes videre at det ikke investeres i gjødsellagerutvidelse i stål, lagune eller kjellerutvidelse. Stålkum og betongkum er ganske likt på pris per m³ kapasitet om det skulle bygges nytt, mens kjellerutvidelse er dyrere, og levetiden varierer mellom tilpasningene (Halland mfl. 2022). Betongkum er valgt som tilpasning i nåverdianalysen, fordi den har lengst levetid, og er trolig den rimeligste investeringen på lang sikt (ibid.).

Fra innfasingsframregningen fremkommer det at det innen 2028 ikke skal være noe høstspredning, og alt husdyrgjødsel som nå spres på høsten skal spres på våren. Det forutsettes lineær innfasing.

Foretaksøkonomisk og samfunnsøkonomisk kostnad

Samlet investering for 1 000 jordbruksbedrifter med storfe er på 338 millioner kr. For 250 foretak med svin er samlet investering på 84 millioner kr. Den totale investeringen i utvidet gjødsellager for 1 250 foretak er på 422 millioner kr. Det forutsettes en lineær innfasing over 6 år som gir investeringskostnad på noe over 70 millioner kr i året.

Netto nåverdi av den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden er på 341 millioner kr, og tiltakskostnad per tonn redusert CO₂-ekvivalent er på kr 2 929 (2024-kr).

Andre samfunnsøkonomiske virkninger

I tillegg er tiltaket vurdert til å ha stor positiv effekt på avrenning av nitrogen og fosfor til vann, som gir en indirekte positiv effekt på naturmangfold. I tillegg til å redusere klimagassutslipp reduserer tiltaket også ammoniakkutslipp. Disse virkningene er ikke kvantifisert.

4 Vurdering av om tiltak J04-1 Dekke på gjødsellager svin bør utvides

NIBIO er bedt om å vurdere hvorvidt tiltak J04-1 Dekke på gjødsellager svin bør utvides til å omhandle flere typer gjødsellager og dyreslag, og en begrunnelse for hvorfor det eventuelt ikke er nødvendig.

I forslaget til ny gjødselbruksforskrift er det foreslått at lager for urin, svinegjødsel og biorest med mindre enn 25 prosent tørrstoff skal ha tak eller annet dekke som begrenser fordamping til luft. Felles for disse gjødseltypene er at de ikke danner skorpe som kan beskytte mot ammoniakk- og metanutslipp. I biorest er det en større andel lett-tilgjengelig nitrogen (ammonium) av det totale nitrogeninnholdet enn i ubehandlet husdyrgjødsel (Rittl mfl. 2023). Faren for fordamping av ammoniakk er dermed større også av denne grunnen og på grunn av høyere pH i biorest. Dersom behandlingen i biogassanlegg har vært effektiv og gått over lang nok tid kan man anta at utslippet av metan fra lagring av biorest er liten. Da vil tett lagring være det beste tiltaket. Ofte er det likevel fortsatt fare for metanutslipp fra lagring av biorest (Rodhe mfl. 2018) og kombinasjonen porøst dekke og tett lagring vil da være best. Biorest utgjør per i dag en liten andel av lagret gjødsel, men andelen vil øke og tiltaket med dekke bør også gjelde biorest. Når det gjelder lager for urin er andelen også liten per i dag, men den kan øke dersom separering blir populært. Dersom det foreslåtte kravet i den nye gjødselbruksforskriften blir stående, vil det føre til at disse lagrene får dekke framover, men det er viktig at det blir en type dekke som reduserer utslippet mest mulig. For biorest betyr dette at dekket bør være en kombinasjon av porøst dekke og tett lagring, mens det for urin bør være tett dekke siden det er tap av ammoniakk som er utfordringen her.

Både når det gjelder ammoniakk og metan er det lagring av gjødsel fra melkeku og ungdyr som gir de største utslippa på grunn av det høye dyretallet og den store gjødselmengden. Tiltak som reduserer utslipp av ammoniakk og metan kan øke utslippet av lystgass, men metanutslippet er mye høyere enn det direkte lystgassutslippet fra lagring av gjødsel (Norway 2023) og man bør velge tiltak som reduserer metanutslippet. På grunn av at det blir dannet naturlig skorpe på lager for storfegjødsel og måten modellene regner ut utslippene blir det ingen effekt av dekke eller tak på disse lagrene (Rivedal mfl. 2022, Byers mfl. 2024). Forsøk i utlandet viser likevel at metanutslippet fra lager med storfegjødsel blir redusert ved bruk av tak som holder nedbør vekke og fører til en tykkere skorpe (se Vedlegg 1. Vurdering av skorpedanning på storfegjødsel av Sissel Hansen, NORSØK i Rivedal mfl. 2019). Før man vurderer tak som tiltak på storfegjødsellager bør utslippsfaktorene som inngår i de norske modellene undersøkes opp mot resultat fra målinger i sammenlignbare land og aller helst fra Norge.

5 Overordnet vurdering av tiltak og virkemidler gjennomført for å redusere utslipp fra gjødselhåndtering i andre land som kan ha relevans for Norge og vurdering av mulighetene for kvantifisering av nye tiltak

Tabell 10: Tiltak for gjødselhåndtering i andre land som kan ha relevans for Norge

Tiltak	Relevans for Norge
Nitrifikasjonshekkere	Kan ha relevans ved bruk av nedfelling på åpen åker, særlig på jord med høy pH
Klimaoptimalisert gjødselbruk	Ikke relevant for Norge per nå
Tilsetning av sterke syrer	Effektivt og relevant tiltak ved lagring og spredning av husdyrgjødsel, men har flere negative bieffekter
Lavdose forsuring	Relevant tiltak som alternativ til behandling i biogassanlegg
Redusert oppholdstid for gjødsel i husdyrrom	Mangler grunnlag (aktivitetsdata) for å vurdere relevans for Norge for storfe og gris
Varmevekslere i gjødsellager og husdyrrom	Varmeveksler i hønsehus er relevant for norske forhold, men investeringskostnaden er høy.
Fakkellavbrenning av gjødseltanker	Ikke relevant for Norge
Biologisk oksidering av metan fra gylletanker fra svin	Før man vurderer relevansen av å innføre dyre tiltak som biofilter bør man vurdere effekten av rimeligere tiltak som halm og lecauler gjennom norske målinger.

5.1 Nitrifikasjonshekkere i handels- og husdyrgjødsel

Nitrifikasjonshekkere er tilsetningsstoffer/additiver som kan tilsettes handels- og husdyrgjødsel og som virker ved å hemme det første trinnet i den mikrobielle prosessen der ammonium omdannes til nitritt og nitrat (nitrifikasjon). Nitrifikasjon foregår når det er tilstrekkelig tilgang på luft (O₂) og substrat (ammonium, organisk materiale). Lystgass dannes som et biprodukt i nitrifikasjonsprosessen, men dersom det senere oppstår oksygenfattige forhold kan nitrat i jorda også omdannes til lystgass gjennom denitrifikasjon.

Dette er tiltak 4.3 i Henrichsen mfl. (2024). Ved beregning av reduksjonspotensialet for Danmark forutsettes det at nitrifikasjonshekkere brukes i 100% av all husdyrgjødsel som spres på konvensjonelt areal (utgjør 85% av totalt landbruksareal).

Relevans for Norge:

Det er usikkert hvordan tilsetning av nitrifikasjonshemmere i husdyrgjødsel under norske forhold vil påvirke utslipp av lystgass. Vi har få norske forsøk som har undersøkt lystgassutslipp fra gjødsling med husdyrgjødsel, men de resultatene man har tyder på at det er lave direkte lystgassutslipp fra husdyrgjødsel (Hansen 2014, Rivedal mfl. 2020). Forsøkene er gjort i eng på jord med høyt innhold av organisk materiale og i kystklima med moderat (Tingvoll) og mye (Fureneset) nedbør. Med bakgrunn i ny forskning åpner IPCC 2019 opp for å differensiere utslippsfaktoren for lystgass fra nitrogengjødsel etter klima. For husdyrgjødsel-nitrogen er standard utslippsfaktor satt til 0,006 og 0,005 i henholdsvis vått og tørt klima, mens den for mineralgjødsel-N er 0,016 og 0,005 kg N₂O-N/kg N. Over 96% av jordbruksarealet i Norge er definert til å ligge i vått klima (Miljødirektoratet 2024). Denitrifikasjon er antatt å være en større kilde til lystgassutslipp i vårt klima enn nitrifikasjon, og nitrat i mineralgjødsel vil dermed utgjøre enn større fare for lystgassutslipp enn ammonium. Spørsmålet er hvor raskt ammoniumet i husdyrgjødsel blir omdannet til nitrat for deretter bli denitrifisert. Under nitrifikasjonen blir oksygen forbrukt og man kan få anaerobe forhold som øker denitrifikasjon og dermed faren for lystgassutslipp. Ved spredning av husdyrgjødsel på eng om våren når temperaturen er lav vil graset ta opp nitraten etter hvert som dette blir nitrifisert fra ammonium. Når temperaturen er høyere og forholdene for nitrifikasjon bedre vil det gå raskere. Da kan nitrifikasjonshemmere være med på å redusere direkte lystgassutslipp, men kan på samme tid være med på å øke ammoniaktapet fordi nitrogenet vil foreligge som ammonium over lengre tid.

Forsøk viser at effekten av nitrifikasjonshemmere er større i kalket jord og jord med høyt organisk innhold enn i sur jord og jord med lavere organisk innhold. Dette fordi nitrifikasjon øker med økt pH og tilgjengelighet av lett tilgjengelig karbon (Byers mfl. 2024). Bruk av nitrifikasjonshemmere i husdyrgjødsel vil være mest relevant å bruke i åpen åker på jord med høy pH i tørt klima. Åkerjord er gjerne mindre pakket og har mer luftfylte porer enn jord i grasproduksjon og nitrifikasjonen kan dermed gå raskere. Ruser og Schulz (2015) rapporterer likevel god effekt også ved bruk av nitrifikasjonshemming i husdyrgjødsel brukt på eng, men advarer mot økt tap av ammoniakk ved overflatespredning. For å redusere ammoniaktapet bør gjødsel nedfelles, noe som også gjerne er mest aktuelt på åker. Byers mfl. (2024) understreker behovet for helårsmålinger for å kunne kvantifisere klimapotensialet ved bruk av nitrifikasjonshemmere.

Oppsummert mener vi at bruk av nitrifikasjonshemmere i husdyrgjødsel kan ha relevans ved bruk av nedfelling på åpen åker, særlig på jord med høy pH.

5.2 Klimaoptimalisert gjødselbruk

Klimaoptimert gjødsling, som er tiltak 4.4 i Henrichsen mfl. (2024), tar høyde for de store forskjellene i utslipp av lystgass både i tid og rom og som følge av ulike metoder for gjødselspredning og type. Resultater fra forsøk viser at det både finnes lystgass hot spots (høyt innhold av lett omsettelig karbon og høy jordfuktighet eller vannmetning, forekommer ofte i søkk) og «hot moments» (værforhold ved spredning og påfølgende dager).

Med dagens beregningsmetoder for lystgassutslipp er det kun mengde gjødsel og eventuelt bruk av nitrifikasjonshemmere som påvirker de beregnede utslippene av lystgass. Tiltaket består av flere deler: Utvikling og implementering av en Tier 3-modell for lystgassutslipp og et lystgassrisiko verktøy som skal hjelpe bonden å redusere utslipp av lystgass ved å velge gunstige tidspunkter for spredning av N-holdig gjødsel, valg av spredningsteknikk og gjødseltype og gradert nitrogentildeling. Utvikling av en Tier 3-modell for lystgassutslipp under danske forhold,

krever et solid faglig grunnlag basert på feltforsøk og målinger av lystgassutslipp. Prosjektet «SmartField» har som formål å utvikle en Tier 3-modell for lystgassutslipp i Danmark.

SEGES Innovation skal utvikle en varslings-/risikoverktøy som skal hjelpe bonden å velge optimale tidspunkter for gjødsling med N-holdig gjødsel for å redusere utslipp av lystgass. Verktøyet kan også hjelpe bonden å avgjøre når det kan være hensiktsmessig å tilføre nitrifikasjonshemmere.

Presisjonsteknikker brukes allerede i dag til å optimalisere gjødsling med nitrogen til jordbunnsforhold og vekstenes behov. Det anbefales å videreutvikle disse teknikkene slik at de også tar høyde for områder med forhøyet risiko for utslipp av lystgass (kartlegging av fuktighetsforhold og jordas innhold av lettomsattelig karbon).

En del av tiltaket består i å ta i bruk en klimaoptimalisert nedfellingsteknikk der gyllen nedfelles i flate bånd istedenfor i en rund streng. Effekten fra de foreløpige forsøkene utført i mais må dokumenteres under praktiske forhold i større feltforsøk i Danmark og det må utvikles en ny nedfeller som kan brukes kommersielt.

Reduksjonspotensiale i 2030 (Danmark) er anslått til 20% redusert utslipp av lystgass fra husdyrgjødsel grunnet bruk av forskjellige spredeteknikker samt innføring av effektiv separasjonsteknologi som kan bidra til å heve N-utnyttelsen i bioresten, med minsket lystgassutslipp til følge. En reduksjon i utslipp av lystgass ved bruk av klimaoptimerte gjødselstrategier vil redusere det totale potensialet ved å bruke nitrifikasjonshemmere, som er beskrevet i avsnittet ovenfor.

Relevans for Norge:

Dette tiltaket består av deltiltakene modell for lystgassutslipp, risikoverktøy, presisjonsgjødsling tilpasset risiko for lystgassutslipp og klimaoptimalisert nedfellingsteknikk. For å ta i bruk dette tiltaket her i Norge er det en rekke ting som må på plass: Det må utvikles en Tier 3-modell for lystgassutslipp under norske forhold, utvikles et risikoverktøy for lystgassutslipp som bonden kan bruke, reduksjonspotensialet ved den klimaoptimaliserte nedfellingsteknikken må dokumenteres for norske forhold og en ny nedfeller utvikles.

Rivedal & Aune (2019) vurderte hva som skal til for å utvikle en nasjonal utslippsfaktor for direkte lystgassutslipp fra tilført nitrogen i mineralgjødsel og husdyrgjødsel på jordbruksareal. Rapporten vurderte også om det er mulig for Norge å gå fra Tier 1 til Tier 2 i utslippsregnskapet, men dette er foreløpig ikke fulgt opp videre og Norge er veldig langt unna en Tier 3-modell for lystgassutslipp.

NIBIO har utviklet en husdyrgjødsel N-kalkulator som beregner opptak av nitrogen i ulike kulturvekster ved ulike spredemetoder og spredningsforhold av husdyrgjødsel. Tap av nitrogen til omgivelsene vises også. Beregningene er basert på innhold av nitrogen og tørrstoff i gjødsla, spredemåte, værforhold etter spredning og risiko for utvasking. Utvasking av nitrogen beregnes etter gasstap. Denne kan være relevant å bruke for å få et estimat på nitrogentap i form av ammoniakk og avrenning. Man kan tilpasse tidspunktet for spredning til værforhold som gir minst mulig tap og dermed redusere bruken av mineralgjødsel-nitrogen. N-kalkulatoren gir ikke et estimat på lystgassutslipp ved ulike forhold. I klimakalkulatoren, som blir brukt i klimarådgivningen på det enkelte gårdsbruk, er det gjort et forsøk på å legge inn jordfuktighet som faktor for lystgassutslipp, men man har ikke detaljerte nok data for å forutsi utslippet på en god måte. Det er værforholda rundt spredning av husdyrgjødsel og mineralgjødsel som er avgjørende

for lystgassutslippet. Det er mulig man kan utvikle noen modeller som bygger på enkle målinger av jordfuktighet og vannstand i jord utført av bonden.

Presisjongs gjødsling vil si variert tildeling av næringsstoffer til jordbunnsforhold og vekstenes behov. Næringsbehovet vil imidlertid kunne variere ulikt for de ulike næringsstoffene. Husdyrgjødsel inneholder flere næringsstoffer og denne type gjødsel egner seg derfor ikke så godt for presisjongs gjødsling. Normalt brukes husdyrgjødsel som grunn gjødsling og så tilføres mer nitrogen og eventuelt andre næringsstoffer i form av mineralgjødsel. Bruk av stripespreder og nedfeller kan føre til jevnere fordeling og sikrere dosering av husdyrgjødsel, og vil på den måten være mer presis enn bredspredning.

Nedfelling er i liten grad tatt i bruk her i Norge da det er en del ulemper forbundet med nedfelling (liten bredde, liten effektivitet, stort trekkraftbehov og vanskelig å bruke ved stein i jorda). Nedfelling øker også det direkte utslippet av lystgass i forhold til nedlegging og er først og fremst aktuelt i åker (mindre i gras). Ut fra dette mener vi at det ikke er relevant for Norge å utvikle en ny nedfeller for norske forhold.

Oppsummert er vår vurdering derfor at det foreløpig er mye som gjenstår før tiltaket «klimaoptimalisert gjødselbruk» slik det er beskrevet i Henrichsen mfl. (2024) kan gjennomføres i Norge.

5.3 Tilsetting av syre til husdyrgjødsel

Tilsetting av sterke syrer som senker pH i gjødsel fører til reduserte utslipp av både ammoniakk (lagring og spredning) og metan (lagring) fra husdyrgjødsel. Når pH senkes forskyves likevekten mellom ammonium (NH_4^+) og ammoniakk (NH_3) mot mer ammonium samtidig som aktiviteten til de metanogene bakteriene, som produserer metan, hemmes. Henrichsen mfl. (2024) omtaler to tiltak som handler om tilsetting av syre tilsetting til husdyrgjødsel i fjøs: Gylleforsuring i storfe fjøs (5.1) og Gylleforsuring i grisefjøs (6.1). Forsuring av husdyrgjødsel er også omtalt i LRF (2023).

Byers mfl. (2024) oppsummerer tidligere studier som viser at tilsetting av sterke syrer gir 70-90% reduksjon av ammoniakkutslipp og 61-87% reduksjon i metanutslipp. Kasper mfl. (2022) fant i snitt 33% reduksjon av ammoniakkutslipp og 70-75% reduksjon av metanutslipp fra gylle i storfe fjøs ved tilsetting av svovelsyre (til pH 5,5). Forsuring av gylle i grisefjøs er i den danske Miljøstyrelsens teknologiliste for fjøsinnredning godkjent til 64 % ammoniakkreduksjon i fjøs med fulldreneret gulv (Henrichsen mfl. 2024).

Svovelsyreforsuring av gjødsel gir økt behov for kalking, som igjen kan øke utslipp av CO_2 fra kalking og jordarbeiding. Tiltaket kan ikke kombineres med behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg da disse ikke, eller kun i mindre grad ønsker å motta husdyrgjødsel behandlet med syre, fordi det hemmer de metanproduserende bakteriene i biogassanlegg (Henrichsen mfl. 2024).

Relevans for Norge:

Tilsetting av syre kan gjøres både i gjødselkanal i fjøset, rett i gjødselkummen og ved spredning. I følge Rivedal mfl. (2019) kan forsuring av gjødsel være aktuelt i de tilfellene der vanntilsetting og nedfelling er mindre aktuelt, som ved bruk av tankvogn til eng og beite. Rivedal mfl. (2019) antar at forsuring ved spredning er det mest kostnadseffektive i Norge. De ser for seg at utstyr for forsuring ved spredning vil kunne kjøpes inn av noen entreprenører og ha omtrent samme

kapasitet som en stripespreder montert på tankvogn. Videre antar de at merkostnaden ved spredning med syre vil være litt mer enn merkostnaden ved spredning med stripespreder. Dersom all bløtgjødsel spredt på eng ble tilsatt syre anslo Rivedal mfl. (2019) at utslippsreduksjonen ville bli 14% (4700 tonn/år) for ammoniakk og 2,4% (61 tonn/år) for lystgass. Etter det vi kjenner til er det ikke gjort noen estimat for reduserte metanutslipp som følge av syretilsetning i norske husdyrgjødsellager.

Syretilsetning er foreløpig ikke tatt i bruk i Norge både fordi det har negative effekter som fare for korrosjon og helseskade, usikker påvirkning på jordkvalitet og fordi det krever utvikling av utstyr tilpasset norske forhold. Det er derfor et forholdsvis dyrt tiltak (Byers mfl. 2024).

Bruk av syre er et effektivt tiltak både for å redusere ammoniakk- og metanutslipp fra lagring av husdyrgjødsel og for å redusere ammoniakktap ved spredning og vil være relevant å ta i bruk i Norge. Man må likevel ta hensyn til de negative effektene dette kan medføre.

5.4 Lavdoseforsuring i gjødsellager

Dette tiltaket er tiltak nr. 8.2 i Henrichsen mfl. (2024) og går ut på at man tilsetter 2-3 kg svovelsyre per m³ husdyrgjødsel i gjødsellageret i den varme delen av året og ikke tilsetter syre i den kalde delen av året. Aarhus universitet har i et forsøk med små pilotskala testtanker vist 70% reduksjon av metanutslipp ved å tilsette 2,1 kg svovelsyre per m³ gylle fra gris (Ma mfl. 2022). Det forventes tilsvarende effekt på gjødsel fra storfe. Ved å kombinere en slik lavdose forsuring i den varme sommerperioden med effekten av at lav temperatur gir lavere metanutslipp om vinteren, vil metanutslippene kunne holdes lave hele året. Syren tilsettes under omrøring og det må derfor være en viss mengde gylle i tanken før syren kan tilsettes. Det er derfor behov for å utvikle en løsning for tilsetning av syre i forbindelse med at gjødsla overføres fra fortank til gjødseltank. Reduksjonspotensialet for metan antas gjennomsnittlig å være 65% siden en del metan vil unnslippe inntil mengden gjødsel i tanken er høy nok til at syre kan tilsettes (Henrichsen mfl. 2024).

Mens tilsetning av syre er velkjent teknologi i Danmark, er lavdose forsuring foreløpig på pilotstadiet og det er behov for å utvikle tekniske løsninger.

Byers mfl. (2024) oppsummerer tidligere studier på biologisk forsuring ved tilsetning av lett nedbrytbare karbohydrater. De konkluderer med at husdyrgjødsel har stor bufferkapasitet og at forsøk må gjennomføres for å se om det har effekt over tid og kan gjennomføres i praksis. Resultater fra forsøk med biologisk forsuring kan ikke sammenliknes direkte med lavdose forsuring med svovelsyre. Chen mfl. (2019) har vist at tilsetning av sulfat kan gi lavere aktivitet av metanogene bakterier på grunn av konkurranse med sulfatreduserende bakterier. Denne effekten kommer i tillegg til effekten av forsuring.

Relevans for Norge:

Lavdose forsuring med svovelsyre i sommerhalvåret er så vidt vi kjenner til ikke tidligere vurdert i norsk sammenheng. Tiltaket har potensielt stor effekt på utslipp av metan og det bør gjennomføres forsøk under norske forhold for å avklare tiltakets potensial i Norge. Effekter på korrosjon, helse, jordkvalitet og behov for utstyr må også utredes, men det er antatt at dette problemet blir mindre enn ved forsuring til pH 5,5 som er det tradisjonelle målet for å redusere ammoniakktutslipp. Kostnadene vil også være mindre på grunn av redusert behov for svovelsyre.

Vi mener at lavdose forsuring er et relevant tiltak å prøve ut i Norge som et alternativ til behandling i biogassanlegg for å redusere metanutslipp fra lagring av husdyrgjødsel.

5.5 Redusert oppholdstid for gjødsel i husdyrrom

Hyppig fjerning av gjødsel fra husdyrrom vil bidra til reduserte utslipp av metan fra husdyrrom, men flere tiltak er nødvendige for å hindre at utslippene forflyttes til senere ledd (ECE 2023). Dette tiltaket bør derfor kombineres med tiltak for å redusere utslipp fra gjødsellager og spredning av gjødsel.

Henrichsen mfl. (2024) omtaler fire tiltak som har som formål å redusere oppholdstiden for gjødsel i husdyrrom: Drenert fast gulv med gjødselskrape og sluk (storfe) (5.2), hyppig gylleutpumping (gris) (6.2), Linjevinsystemer (gris) (6.3) og Gjødselbånd (fjærkre) (7.1)

I tiltak 5.2 Drenert fast gulv med gjødselskrape og sluk (storfe) skrapes gulvet 10-12 ganger daglig og dette bidrar sammen med drenering av sluket til 23% reduksjon i ammoniakkutslipp i forhold til storfefjøs med ringkanal.

Tiltak 6.2 hyppig gylleutpumping (gris) ble i Danmark innført som nytt lovkrav gjeldende fra 1. mai 2023 og innebærer at gylle pumpes ut fra gjødselkanaler i grisefjøs til et kjøligere lager minst en gang i uka. Lovkravet gjelder nye grisefjøs samt alle eksisterende fjøs til slaktegris.

Tiltak 6.3 Linjevinsystemer (gris) fungerer ved at en wire trekker en skrape i gjødselkanalen, slik at gjødsla trekkes til en senket tverrkanal eller en nedsenket kum med tømmeplugg, hvorfra gyllen ledes til en fortank. Linjevinsystemet kan stilles inn til å gå daglig eller med få dagers mellomrom.

Tiltak 7.1 Gjødselbånd fjærkre går ut på at etasjesystemer til eggleggende høner og oppdrett utstyres med gjødselbånd som samler opp 60-70% av gjødselen og transporterer den ut av hønsehuset. Gjødselbåndet skal kjøres minst to ganger per uke.

Relevans for Norge:

For å kunne vurdere relevansen av disse tiltakene i Norge, trenger vi å vite hva slags type husdyrrom og golvtypen man har i norske fjøs. I gjødselundersøkelsene er det spørsmål om det er spaltegulv eller fast gulv i fjøset. I dagens modeller antas det at spaltegulv halverer utslippene av ammoniakk på grunn av at gjødselen fjernes raskere fra spaltegulv enn fast dekke. Spørsmål om hvordan og hvor hyppig gjødsel blir fjernet fra husdyrrommene inngår ikke i gjødselundersøkelsene. Ved bruk av gjødselskrape eller gjødselrobot som plukker opp gjødsla og tømmer etter hvert, kan gjødsel fjernes raskt også i rom med fast dekke.

Rivedal mfl. (2019) så på tiltak for å redusere utslipp av ammoniakk fra jordbruket: Det er mange ulike gulvtypen og systemer i fjøs for storfe i Norge. Resultater fra gjødselundersøkelsen i 2018 viste at regnet i forhold til lagra total-N hadde rundt 70% av alt storfe åpen forbindelse mellom husdyrrom og gjødselkjeller. Ved innføring av løsdriфтfjøs for melkekyr ble det vanlig med tett gult og gjødselskrape som fører gjødsla til separat lager. Det er også vanlig med spaltegulv over gjødselrenner der gjødsla blir pumpet eller skrapet til gjødsellager. Gjødselrobot er vanlig både på spaltegulv og tett gulv og bidrar til at oppholdstiden for gjødsel i fjøset reduseres.

Utover forekomsten av gulv med spalter og fast dekke kjenner vi ikke til at det finnes noen samlet oversikt over hvordan husdyrrommene for storfe eller andre husdyrslag ser ut i Norge.

Forskrift om hold av svin stiller krav om liggeareal med tett golv, bruk av strø og separat liggeplass og gjødselplass som i praksis fører til at areal med fast dekke blir ca. 75%. Krav om tiltak for å hindre skadelige mengder av gjødselgass i dyrerommet betyr i praksis at nybygg har kanal med vakumutgjødsling og dette blir brukt uavhengig av om gjødsla blir lagret i gjødselkjeller eller i utvendig kum. Resultater fra gjødselundersøkelsen i 2018 viser at regnet i forhold til lagret total-N hadde 30% av bløt grise gjødsel åpen forbindelse mellom husdyrrom og lager. Hvordan dette stemmer med de faktiske forholdene i norske grise fjøs er usikkert. Det er behov for en bedre kartlegging av norske grise fjøs og målinger av faktiske utslipp av klimagasser. (Rivedal mfl. 2019).

I Norge holdes alle verpehøns enten i miljøinnredning/innredede bur eller i frittgående systemer. Det finnes to tillatte løsdriftssystemer, gulvdrift og aviar/fleretassystem. I Norge holdes så godt som alle høner i aviar. I 2022/2023 var 6 % av hønene oppstallet i innredede bur, mens 86 % var frittgående. Økologisk produksjon stod for 7,4 % av høne plassene, mens frilandshøns utgjorde 0,5 % av høne plassene¹. I hus for verpehøns er det i Norge vanlig å bruke gjødselbelter under bura til hønene. Gjødselbeltet transporterer gjødsla ut av dyrerommet. I bura, eller dersom de er frittgående, er vaglene plassert over gjødselbeltene slik at gjødsla faller direkte ned på beltet (Rivedal mfl. 2019). Kommersiell produksjon av slaktekylling baserer seg på "alt inn- alt ut"-prinsippet. Det innebærer at man setter inn dyr av samme alder i et tomt og rengjort hus. Senere slaktes hele innsettet (flokken) før huset på nytt rengjøres og desinfiseres². Produksjonen tar 40 dager og det er ingen utgjødsling i denne perioden. .

Oppsummert er vår vurdering at tiltak 7.1 Gjødselbånd fjærkre er gjennomført i Norge for verpehøns. Tiltaket er ikke relevant for slaktekyllingproduksjon.

Det er behov for en kartlegging av forekomsten av ulike typer husdyrrom og systemer for fjerning av gjødsel fra storfe- og grise fjøs. Inntil vi har en bedre kartlegging av løsninger i norske fjøs er det vanskelig å vurdere relevans ved å gjennomføre de danske tiltakene her i Norge. Overordnet kan man si at tiltak som krever store investeringer kun er aktuelt ved bygging av nye fjøs eller ved vesentlige utvidelser eller ombygginger.

5.6 Varmevekslere i gjødsellager og husdyrrom

Nedkjøling er et tiltak som bidrar til reduksjon både av ammoniakk og metan (ECE 2023). Henrichsen mfl. (2024) omtaler to tiltak der man tar i bruk varmevekslere enten i gjødsellager eller husdyrrom: Gyllekjøling (gris) (6.4) og Varmeveksler til høsehus (7.2).

Gyllekjøling for gris er en teknologi som opprinnelig ble utviklet for å utnytte varmen fra gyllen (bløtgjødsla) til å varme opp grise fjøset. Varmen fra kjøleslanger i bunnen av gjødsellageret overføres til et sentralvarmeanlegg via en varmepumpe. Dette bidrar samtidig til å senke temperaturen i gjødsellageret slik at fordampningen av ammoniakk reduseres. Nedkjøling av gyllen vil også senke den mikrobielle aktiviteten, og dermed også dannelsen av metan. I Danmark vil det, spesielt i sommerhalvåret, være slik at ikke all varmen som produseres kan brukes til oppvarming av fjøset. Kjølingsgraden i lageret er i snitt oppgitt til 16,8 W/m². Basert på flere forsøk antas det at metanemisjonen fra gyllen i snitt reduseres med 1 prosent per W/m² (Henrichsen mfl. 2024).

¹ [Ulike driftsformer for eggproduksjon](#)

² [Slaktekylling- helse og velferd](#)

Varmeveksler til hønsehus bygger på samme prinsipp som gyllekjøling for gris, men her er det energien fra den varme innelufta som overføres til utelufta ved hjelp av en varmeveksler slik at energiforbruket til oppvarming reduseres. I tillegg gir det tørrere strø, lavere fordampning av ammoniakk og mindre støv.

Relevans for Norge:

Temperaturen i Norge er lavere enn i Danmark, noe som betyr at gjødsla vil bli hurtigere avkjølt både i gjødselkjeller og utendørs lager her i Norge. Dette vil gi lavere effekt ved bruk av varmegjenvinning fra gjødselkjeller eller gjødselkum i Norge. Ifølge Fjøsssystemer er det tidligere forsøkt å legge kollektorslanger i gjødselrenner på et grisefjøs i Innlandet, men det ga liten effekt og er ikke noe man vurderer i dag. Slike investeringer er kun aktuelle ved nybygg eller vesentlige ombygginger. Ved bygging av nye grisefjøs er det vanlig med utvendig gjødselkum, noe som også gjør dette tiltaket mindre aktuelt i Norge.

Varmeveksler i hønsehus er relevant for norske forhold og gir jevn temperatur, tørrere strø, mindre støv og gode forhold for fjørfe. Varmeveksler er mest aktuelt i kyllinghus og produksjon av rugeegg, siden disse har høyere temperaturkrav enn verpehøns og ikke har utgjødsling hver uke. Varmevekslere er likevel ikke standard i nye kyllinghus på grunn av kostnadene denne investeringen utgjør.

Når det gjelder hus for verpehøns er det bare ca. 20-30 av mer enn 500 der det i dag er installert varmeveksler ifølge Fjøsssystemer. Disse er installert de siste årene. For verpehøns er det enda vanskelig å forsvare den store investeringen det er å installere en varmeveksler.

Oppsummert er vår vurdering at varmeveksler i hønsehus er relevant for norske forhold, men at investeringskostnaden er høy. Vi anser installering av gjødselkjøleanlegg for gris som mindre aktuelt under norske forhold.

5.7 Fakkellavbrenning (fakling) av gjødseltanker

Dette er tiltak 8.3 i Henrichsen mfl. (2024) og foregår ved at luft suges ut fra rommet mellom gylletanken og et tett dekke (teltoverdækning) og til en fakkelavbrenner. Fakling krever at konsentrasjonen av metan er tilstrekkelig høy til å kunne brenne (sannsynligvis 6-7% eller over). Med tett dekke over tank for grisegjødsel vil man under danske forhold kunne oppnå dette sommer og høst. Det er funnet lavere konsentrasjoner av metan i storfegjødsel ved en temperatur på 10-20 grader.

Fakling vil gi oksidasjon av metan, men kan også bidra til økte utslipp av nitrogenoksider (NO_x) (ECE 2023).

Relevans for Norge:

Fakling krever store investeringer, noe som krever stordrift for å lønne seg. Dette tiltaket er derfor kun aktuelt for store svinebruk i Danmark. Mange steder i Norge vil også tidsperioden med høye nok temperaturer til å oppnå tilstrekkelig høy konsentrasjon av metan være kortere enn i Danmark.

Oppsummert er vår vurdering at fakling ikke er relevant for norske forhold.

5.8 Biologisk oksidering av metan fra svinegjødsellager

Dette er tiltak 8.4 i den danske rapporten. Tiltaket går ut på at luft suges ut fra et teltoverdekket svinegjødsellager og inn under et kompostfilter (Biocover) av modnet kompost som inneholder metanoksiderende bakterier. Forutsatt at tetning av gjødsellageret og sug til kompostfilteret medfører at 75% av metanet som dannes i gjødsellageret blir ledet over i filtret og 90% av metanet som ledes til filteret omdannes til CO₂, vil samlet metanreduksjon være 68% av metanet som dannes i gjødseltanken.

Biofilter kan, om det ikke optimaliseres, bidra til økte utslipp av lystgass og salpetersyre (HNO₃) (ECE 2023).

Relevans for Norge:

Biologisk oksidering av metan skjer også når man legger et porøst dekke (halm, leca e.l.) på gjødsellager, slik tiltaket J04-1 Dekke på gjødsellager svin i dag er utformet. Det danske tiltaket er mer avansert og kontrollert enn et porøst dekke i form av halm, leca e.l. og det er derfor grunn til å anta at det er mer effektivt. Det danske tiltaket omfatter i tillegg tett dekke som gir stor reduksjon i utslipp av ammoniakk fra gjødsellager. For at nitrogenet ikke skal tapes i påfølgende ledd, må dette tiltaket følges opp med tiltak videre ut i kjeden.

Det er knyttet en del usikkerhet til bruk av dekke på gjødsellager da skorper og porøse dekker kan øke utslippet av lystgass. Utfra de begrensede målingene som er gjort i Norge er det likevel antatt at lystgassutslippene er små og at metanutslippet er det som betyr mest. Det er bare fra lager med storfe gjødsel man har målinger av utslipp av metan og lystgass, vi har ingen målinger fra lager med grisegjødsel. **Før man vurderer relevansen av å innføre dyre tiltak som biofilter bør man vurdere effekten av rimeligere tiltak som halm og lecakuler gjennom norske målinger.**

5.9 Tilsetting av kalk og biokull til husdyrgjødsel på lager

Tilsetting av mikrokalk kan bidra til reduserte luktplager og lette omrøring av husdyrgjødsel. Det er ikke funnet økte nitrogentap fra husdyrgjødsel som følge av tilsetting av kalk (Tveitnes 1998, Løes mfl. 2017). I prosjektet «Cal-Me» undersøkes det nå om tilsetting av kalk til husdyrgjødsel påvirker nedbrytning av organisk materiale og utslipp av metan. Det er foreløpig ikke publisert noen resultater fra dette prosjektet.

Ulike forsøk har vist både reduserte (Pereira mfl. 2020) og økte (Liu mfl. 2021) utslipp av ammoniakk fra husdyrgjødsel tilsatt biokull.

Muligheter for kvantifisering:

Det trengs mer forskning for å forstå effekten av å tilsette kalk og biokull og det er for tidlig å komme med anbefalinger om dette. Dermed er det heller ikke mulig å kvantifisere effekten av å tilsette kalk eller biokull til husdyrgjødsel på lager.

5.10 Bedre arealmessig utnyttelse

Ved spredning av husdyrgjødsel vil ammonium binde seg til jordkolloidene. Men om mengden gjødsel blir for stor i forhold til bindingskapasiteten i jorda, vil ammoniumet kunne bli vasket ut. Rivedal mfl. (2022) beregnet at rundt 40% av jordbruksarealet får tilført husdyrgjødsel minst en

gang i sesongen og gjennomsnittlig mengde ble da 2,8 tonn/daa. For fulldyrket eng får 50 prosent av arealet tilført husdyrgjødsel og gjennomsnittlig mengde er 3,1 tonn/daa. I praksis blir ikke gjødsla jevnt fordelt og vi antar at arealer som ligger nært gjødsellageret vil motta mer husdyrgjødsel enn arealer som ligger lengre fra. Gjødselundersøkelsene fanger imidlertid ikke opp en eventuell skjevfordeling mellom skifter som får husdyrgjødsel og vi mangler derfor reelle tall for spredd mengde husdyrgjødsel per daa.

Dersom forslaget til ny gjødselbrukforskrift vedtas slik den er foreslått, vil de nye grensene for tillatt tilført mengde fosfor per dekar bidra til at husdyrgjødsel må spres over et større område enn i dag. Det vil kunne føre til reduserte utslipp av lystgass fra arealer der mengden tilført husdyrgjødsel i dag er høyere enn bindingskapasiteten i jorda.

Muligheter for kvantifisering:

Rivedal mfl. (2022) har tidligere forsøkt å regne på effekten av å fordele husdyrgjødsla på alt areal som det blir søkt produksjonstilskudd for. De fant at det ville redusere avrenningen med 0,1-0,2 kg N/tonn husdyrgjødsel. Videre fant de at dersom avrenningen minker med 0,1 kg N/tonn husdyrgjødsel, vil det tilsvare reduserte lystgassutslipp tilsvarende 3 845 CO₂-ekvivalenter (10,95 millioner tonn husdyrgjødsel spredd). På grunn av endringer i utslippsfaktorer og oppvarmingspotensialet for lystgass vil reduksjonspotensialet vil være annerledes i dag.

5.11 N2 Applied/ plasmabehandling og forsuring av husdyrgjødsel

Selskapet N2 Applied AS har utviklet en teknologi der elektrisitet brukes til å splitte N₂ og O₂ fra lufta og danne en reaktiv nitrogengass (NO_x) som deretter tilsettes for eksempel husdyrgjødsel. Denne behandlingen beriker det organiske materialet med plantetilgjengelig nitrogen i form av NO_x og hindrer ammoniakktutslipp som følge av at lav pH stabiliserer ammoniumnitrogenet.

Hiis mfl. (preprint 2023) viser at plasmateknologi kan bidra til å utsette lystgassutslipp fra nitrogenberiket husdyrgjødsel under lagring og foreslår at lav pH dannet av plasmabehandlingen kan holde nitritt i formen HNO₂, som kan bidra til hindring av denitrifikasjon i lagringsfasen. Nyvold & Dörsch (2024) rapporterer nær fullstendig reduksjon av metanutslipp i lagringsfasen i et forsøk der behandlet gjødsel ble lagret eksponert utendørs om sommeren over tre år.

Siden behandlingen gir et materiale som inneholder mer nitrogen, er det viktig å dokumentere effekten på utslipp av lystgass ved spredning av dette gjødselproduktet (Byers mfl. 2024). Cottis mfl. (2023) har undersøkt gjødselvirkingen av storfegjødsel behandlet med N2 Applied sammenliknet med ubehandlet storfegjødsel, mineralgjødsel og kombinasjoner av disse. Forsøkene viste at det trengs mer forskning rundt plantetilgjengelighet og tap av N i produktet i vekstsesongen. Det er behov for mer forskning for å finne virkningsmekanismene bak resultatene omtalt over.

Muligheter for kvantifisering:

Plasmabehandling viser lovende resultater, men det er en ny teknologi som det foreløpig ikke er publisert så mye forskning på. Så langt er ikke alle virkningsmekanismene fullstendig kartlagt og det er behov for flere forsøk på denne metoden før man har tilstrekkelig sikre data som grunnlag for kvantifisering.

5.12 Cloacibacter

Forskere ved NMBU har funnet en bakteriestamme (CB-01) av *Cloacibacter* som «spiser» lystgass i jorda som del av sin respirasjon. Hiis mfl. (2024) har undersøkt hvilket potensiale denne bakteriestammen har for å redusere utslipp av lystgass fra jord som ble tilført kloakkslam tilsatt CB-01. Basert på disse forsøkene konkluderer de med at tilsetning av denne typen lystgasspisende bakterier i materiale som tilføres jord kan bidra med 60% reduksjon i utslipp av lystgass fra jord.

Muligheter for kvantifisering:

Tilsetning av bakterier som spiser lystgass viser lovende resultater, men det er en ny teknologi som det foreløpig ikke er publisert så mye forskning på. Det er behov for flere forsøk på denne metoden før man har tilstrekkelig data som grunnlag for kvantifisering.

5.13 Vurdering av mulighetene for kvantifisering av nye tiltak

For å kunne regne på effekten av et tiltak trenger vi aktivitetsdata, utslippsfaktor og en modell. For de fleste av de nye tiltakene omtalt i Byers mfl. (2024) gjenstår det fremdeles en del forskning før vi kan bestemme utslippsfaktor og lage en modell. Dette gjelder tilsetning av kalk og biokull, N2 Applied og Cloacibacter samt lavdose forsuring.

Tilsetning av sterke syrer er et veletablert tiltak i mange land, men ikke her i Norge. Det er mulig man kan kvantifisere effekten på reduksjon av ammoniakktap på bakgrunn av resultat i andre lang og få det inn som et tiltak man kan regne på i N-modellen for husdyrgjødsel. Vi tror det er vanskeligere å kvantifisere effekten på reduksjon av metanutslipp da det gjerne er mer usikkerhet knyttet til metanutslipp fra norske husdyrgjødsellager. Det vil imidlertid være mulig dersom man prioriterer norske målinger.

Det er mulig å regne på effekten av bedre arealmessig fordeling av husdyrgjødsel og dette er tidligere gjort av Rivedal mfl. (2022). På grunn av endringer i utslippsfaktorer og oppvarmingspotensialet for lystgass vil reduksjonspotensialet være annerledes i dag enn det de kom fram til.

Tabell 11: Vurdering av mulighet for kvantifisering av effekten av nye tiltak

Tiltak	Mulighet for kvantifisering
Bedre arealmessig utnyttelse av husdyrgjødsel	Kvantifisering mulig
Tilsetning av sterke syrer	Kvantifisering kan være mulig for ammoniakk
Lavdose forsuring	Ny teknologi, mangler grunnlag for kvantifisering
Tilsetning av kalk og biokull	Ny teknologi, behov for mer forskning som grunnlag for kvantifisering
N2 Applied	Ny teknologi, mangler grunnlag for kvantifisering
Cloacibacter	Ny teknologi, mangler grunnlag for kvantifisering

6 Vurdering av hvordan nytt gjødselregelverk vil kunne påvirke tiltakene

6.1 Krav til utforming av lager

Departementene foreslår i forslag til ny forskrift § 7 å innføre krav om tak eller annet dekke som begrenser fordamping til luft for lager for urin, svinegjødsel og biorest med mindre enn 25 prosent tørrstoff. Et dekke kan ha flere utforminger, og hvilket som er mest egnet kan variere. Tett dekke i form av tak eller presenning har særlig god effekt mot ammoniakkutslipp, men mindre effekt på utslipp av metan og lystgass. Installasjon av tak kan også være til hjelp for den enkelte ved å hindre at lagrene fylles med vann.. Den foreslåtte ordlyden "med dekke" tar også høyde for enklere løsninger ved å legge på et lag med halm eller liknende.

Den foreslåtte bestemmelsen innebærer ikke et krav om å ettermontere fast dekke på eksisterende lagerkummer fordi krav om dekke også kan innfris gjennom å påføre et lag med halm eller annet porøst dekke. Til forskjell fra fast dekke, som er en engangsinvestering, vil bruk av halm e.l. kreve løpende arbeidsinnsats.

Den foreslåtte innføringen av krav om tak eller annet dekke vil, dersom det vedtas, gi en raskere innfasing av tiltaket J04-1 Dekke på gjødsellager svin. I forslaget til innfasing av dette tiltaket har vi derfor lagt til grunn at alle gjødsellager uten dekke får porøst dekke innen 2026, med en lineær innfasing.

6.2 Krav til spredemetode/nedmoldingstid

Ordlyden i gjeldende regelverk er at «husdyrgjødsel spredd på åpen åker skal moldes ned straks og senest 18 timer etter spredning». Ordlyden i forslaget til ny § 15 er «organisk gjødsel som spres på åpen åker må moldes ned innen 18 timer».

I høringsnotatet skriver departementene at det foreslås at kravet om nedmolding skal gjelde ved spredning på åpen *jord*, og ikke åpen *åker* som i dag. Dette for å unngå at kravet tolkes dithen at også gjødsel på stubbåker må nedmoldes.

Det er ikke foreslått å fastsette krav til bestemte spredemetoder. Departementene vurderer det slik at strammere krav til bl.a. tillatt mengde fosfor uansett vil gi insentiv til å spre den tillatte gjødselmengden på en mest mulig optimal måte.

Den forsiktige oppmykningen, der ordet «straks» er tatt ut av setningen om at «husdyrgjødsel spredd på åpen åker skal moldes ned straks og senest 18 timer etter spredning» kan føre til en noe senere innfasingstid for den delen av tiltaket J04-2 som omhandler å øke andelen av gjødsel som moldes ned innen en time ved spredning på åpen åker.

6.3 Krav til spredetidspunkt og lagerkapasitet

Hovedregelen i dag er at spredning av organisk gjødsel må skje i perioden 15. februar til 1. november. Forslag til krav i ny forskrift § 14 er at spredning av organisk gjødsel må skje i perioden

1. mars til 1. september, og med krav om å høste eller etablere plantevekst etter siste spredning. Det er ikke tillatt å spre på snødekket eller frossen mark.

Dagens krav om at alle foretak skal ha tilstrekkelig lagerkapasitet til at gjødselen kan lagres frem til tillatt spredetidspunkt, og som minimum ha lagerkapasitet for 8 måneders produksjon, foreslås videreført i ny forskrift § 12.

For en del foretak vil kortere spredfrist likevel utløse behov for lagerutvidelse eller andre tilpasninger for å overholde regelverket. Departementene skriver i høringsnotatet at dette særlig gjelder foretak med bløtgjødsellager og i landsdeler med sen vår. Foretak som driver spesialisert med svineproduksjon i kombinasjon med åkervekster, eller uten areal overhodet, blir ekstra berørt. Det samme gjelder til dels foretak med fjørfe. Begge disse gruppene møter krav om dekke over gjødsellager samtidig som en del av dem må utvide lagerkapasiteten når de ikke lenger har lov til å spre om høsten. Svineprodusenter som installerer tett tak over lagerkummen kan imidlertid med det avhjelpe begge problemer fordi nedbør ikke lenger vil beslaglegge lagerkapasitet.

For virksomheter som ved forskriftens ikrafttredelse ikke har tilstrekkelig lagerkapasitet til å overholde forslag til nytt spredetidspunkt, foreslås det en overgangsordning der disse ut år 2027, med mindre det gjøres vesentlige endringer i driften, kan spre gjødsel uten nedmolding fram til 1. oktober, og med nedmolding fram til 1. november.

Den foreslåtte endringen i bestemmelsene om spredetidspunkt vil, dersom det vedtas, gi en raskere innfasing av tiltaket J04-3 Bedre spredetidspunkt og lagerkapasitet for husdyrgjødsel. I forslaget til innfasing av dette tiltaket har vi lagt til grunn at høstspredd gjødsel flyttes til vår innen 2028, mens spredning om sommeren holdes lik som før.

For å redusere konsekvensene av forslaget der vekstsesongen er kort og våren kommer sent, foreslår departementene at statsforvalteren i deler av landet der vekstsesongen normalt starter etter 1. mai, kan forskriftsfeste en forlenget spredfrist om høsten. Siden det er ønskelig at gjødsla spres tidligst mulig har vi ikke tatt hensyn til dette i forslaget til innfasing av tiltak J04-3.

6.4 Krav til spredemengde/begrensninger for tilførsel av fosfor på jordbruksareal

Grense for tillatt mengde gjødsel som kan tilføres arealene blir i forslag til ny forskrift § 20 satt til kg fosfor per dekar per år (kg P/daa/år), og ikke dekar per gjødseldyrenhet (GDE) som i dag. Mens dagens krav gjelder husdyrgjødsel, og tilsvarer en maksimumsgrense på 3,5 kg fosfor per dekar per år, foreslås det i ny gjødselbrukforskrift nye grenser for tillatt fosfortilførsel som skal gjelde felles for alle gjødselslag. Grensene varierer mellom fylker (Tabell 12).

Tabell 12: Foreslåtte begrensninger for tilførsel av fosfor

Fylke	Kg P/daa/år		
	2025-2028	2029-2032	2033
Rogaland	3,1	3,0	2,7
Troms og Finnmark	2,5	2,5	2,5
Resten av landet	2,8	2,5	2,3

For innmarksbeiter foreslås en grense på 2 kg P/daa/år over hele landet i tråd med lavere avlinger og fosforbehov på disse arealene.

Foretakene kan velge mellom enten å følge de generelle fosforgrensene nevnt over eller, som et alternativ, å følge et krav om at forholdet mellom fosformengder som tilføres og tas ut i avlinger er 1:1 eller bedre (balanse gjødsling). Bruk av denne adgangen er pålagt meldeplikt og forutsetter at foretakene kan dokumentere balanse gjødsling.

For tilførsler over 3,5 kg P/daa/år foreslår departementene at det skal være krav om et dokumentert behov for større tilførsler, gitt avlingens fosforbehov og fosfornivåer i jord, og at slik tilførsel krever enkelttillatelse.

Det foreslås et generelt unntak fra fosforgrensene ved dyrking av grønnsaker og andre særlig fosforkrevende vekster, i kombinasjon med hjemler for å kunne stille krav om avbøtende tiltak mot forhøyet avrenning som kan oppstå som følge av dette.

I forslag til ny forskrift opprettholdes nitrogenbegrensningen i nitratdirektivet om maksimalt 17 kg N/daa fra husdyrgjødsel i definerte områder. I disse områdene vil denne nitrogenbegrensningen fortsatt være noe strengere enn fosforgrensen på 2,3 kg P/daa/år og begrense mengden husdyrgjødsel i disse områdene.

I høringsnotatet skriver departementene at nye krav til tillatt mengde fosfor har de mest omfattende konsekvensene av forslagene i nytt regelverk, og vil berøre mange foretak. Innstramming vil medføre at flere foretak får overskudd av gjødsel og må finne ledig spredeareal eller annet mottak, alternativt redusere antall husdyr. Valgmuligheten med adgang til høyere fosformengder under forutsetning om balanse blir viktig for å avhjelpe overskudd særlig i grasbasert husdyrhold.

Særlig på Jæren er spredearealene nokså fullt utnyttet allerede med gjeldende krav. Foretak med fjørfe eller gris utgjør størsteparten av foretak med for lite areal for gjødsel i nåsituasjonen og en enda større del av samlet underskudd, noe som bl.a. skyldes at mange av disse driver uten eget areal overhodet. Trolig har en del bønder allerede i dag, særlig i Rogaland, betydelige kostnader ved transport av gjødsel til leide spredearealer som ligger relativt langt unna gården.

Mulige konsekvenser av endelige fosforgrenser i Rogaland er at det i praksis kan bli vanskelig å bli kvitt overskuddsgjødsel innenfor fylkesgrensene overhodet. Overskuddet (hovedsakelig fra fjørfe og svin) må derfor omfordes til andre landsdeler med ledig plass. Spredning av gjødsel utenfor fylket der gjødsel er produsert møter krav etter biproduktforskriften som forutsetter enten at gjødsel blir bearbeidet og oppfyller krav til blant annet hygienisering, jf. gjødselvereforskriften, eller at man har særskilt tillatelse fra Mattilsynet. Behandling i biogassanlegg vil oppfylle krav til forutgående bearbeiding. Biogassanlegg alene løser imidlertid ikke situasjoner med fosforoverskudd, siden fosforet er i behold etter behandlingen.

I landet utenom Rogaland, Troms og Finnmark vil mulige konsekvenser av endelige fosforgrenser være at gjødsel må fordeles over større areal og i større avstand, hvilket innebærer økt maskin- og tidsbruk.

Et beregnet, samlet overskudd på i underkant av 1000 tonn fosfor og en endelig grense på 2,3 kg P/daa i fylkene utenom Rogaland, Troms og Finnmark, innebærer at kornarealer med husdyrgjødsel som minimum må øke med om lag 0,5 mill. daa for å få plass til overskuddet. Mye av disse arealene tilhører foretak som per nå ikke har tilgang på spredeutstyr for husdyrgjødsel, slik at spredning må baseres på entreprenører og ikke vil skje årvisst. De fleste vil kombinere

mottak av husdyrgjødsel med å videreføre bruk av mineralgjødsel, og departementene legger til grunn et arealbehov på om lag 1 mill. daa kornareal for å få plass til gjødsla.

Begrensninger fosforgjødslinga vil føre til at husdyrgjødsla blir bedre fordelt på jordbruksarealet og kan bidra til bedre utnyttelse av nitrogenet i husdyrgjødsla og potensielt redusere utslipp av lystgass. På samme tid vil det føre til mer transport av husdyrgjødsel og dermed større utslipp av CO₂.

7 Referanser

- Beckmann, M., Prestvik, A., Morken, J., Nesheim, L., Grønlund, A. 2016. Gjødselevarsforskriften. Evaluering av forslag til krav i gjødselevarsforskriften for å redusere klimagassutslipp, ammoniakktap og nitrogenavrenning fra jordbruket. NIBIO Rapport (2) 133: 57 s.
<http://hdl.handle.net/11250/2428976>
- Belbo, H. 2011. Halm som biobrensel. Skog og landskap. Rapport 22/2011: 24 s.
<http://hdl.handle.net/11250/2463800>
- Byers, E., Rivedal, S., Budai, A. & Øygarden, L. 2024. Klimatiltak i planteproduksjon. Delrapport 1 fra prosjektet: Kunnskapsgrunnlag for utslippsreduksjoner – sett i sammenheng med klimatilpasning, klimarisiko og matsikkerhet. NIBIO-Rapport 37 (10): 93 s.
<https://hdl.handle.net/11250/3122204>
- Byggeshop, Leca lettklinker <https://byggeshop.no/leca-r-lettklinker-los-leca-iso-10-20>
- Chen, J.; Wade, M. J.; Dolfig, J.; Soyer, O. S. 2019. Increasing sulfate levels show a differential impact on synthetic communities comprising different methanogens and a sulfate reducer. J. R. Soc., Interface 2019, 16 (154), 20190129. <https://doi.org/10.1098/rsif.2019.0129>
- Cottis, T.; Mousavi, H.; Solberg, S.Ø. 2023. Plasma Treated Cattle Slurry Moderately Increases Cereal Yields. Agronomy **2023**, 13, 1549. <https://doi.org/10.3390/>
- Det kongelige landbruks- og matdepartement, Det kongelige klima- og miljødepartement, Det kongelige helse- og omsorgsdepartement. 2024. Høringsnotat med utkast til forskrift 20. mars 2024. Forslag til ny forskrift om lagring og bruk av gjødsel mv. (gjødselbrukforskriften)
- Economic Commission for Europe (ECE) 2023. Executive Body for the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Working Group on Strategies and Review Co-mitigation of methane and ammonia emissions from agricultural sources: policy brief and guidance. 7 s.:
[ECE_EB.AIR_WG.5_2023_5_\(E\).pdf\(unece.org\)](ECE_EB.AIR_WG.5_2023_5_(E).pdf(unece.org))
- Forskrift 4. juli 2003 nr. 951 om gjødselevarer mv. av organisk opphav.
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951?q=organiske%20gj%C3%B8dselvarer>
- Halland, A., Bjugan, M., Dombu, S. V., Haukås, T. & Bonesmo, H. 2022. Foretaksøkonomiske konsekvenser av forslag til endringer i gjødselregelverk. NIBIO-Rapport 47 (8): 92 s.
https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2985227/NIBIO_RAPPORT_2022_8_47.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hansen, S., Bernard, M. E., Rochette, P., Whalen, J. K., Dörsch, P. 2014. Nitrous oxide emissions from a fertile grassland in Western Norway following the application of inorganic and organic fertilizers. Nutrient cycling in agroecosystems 98 (1): 71-85. <https://doi.org/10.1007/s10705-014-9597-x>
- Henrichsen, L., Holm, M. Hvid, S.K., Hyldgaard, B., Kaiser, K., Udesen, F. 2024. Klimavirkemidler til dansk landbrug. 129 sider. SEGES Innovation P/S.
https://segesinnovation.dk/media/1jqnbs3z/klimavirkemidler-til-dansk-landbrug_juni2024.pdf?e=imPpkq

Hiis, E.G., Vick, S.H.W., Molstad, L. *et al.* Unlocking bacterial potential to reduce farmland N₂O emissions. *Nature* **630**, 421–428 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07464-3>

Hiis, E.G., Nyvold, M. & Bakken, L. (preprint, November 2023). Inhibition of denitrification in nitrogen enriched organic fertilizer using plasma technology. <https://www.researchgate.net/publication/375828672>

IPCC 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

Kolle, S.O. & Oguz-Alper, M. 2020. Bruk av gjødselressurser i jordbruket 2018. Metodebeskrivelse og resultater fra en utvalgsbasert undersøkelse. Statistisk Sentralbyrå. Rapporter 2020/9.

Korsæth, A., Johansen Lindgaard, H., Veidal, A. & Asheim, L. J. 2019. Utbredelse og potensiell økonomisk og miljømessig nytteverdi med presisjonsjordbruk i Norge. NIBIO RAPPORT 5 (41): 54 s. <http://hdl.handle.net/11250/2591261>

Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) 2023. Kostnader før jordbrukets grøna omstilling. En beskrivning från Lantbrukarnas riksförbund över de sammanlagda kostnaderna för jordbrukets grøna omstilling. https://www.lrf.se/media/w5kl5q53/gron_omstilling_rapport_final_web.pdf

Leca. (u.d.) Leca reduserer stanken av gris. <https://www.leca.no/referanser/leca-reduserer-stanken-av-gris>

Liu, M., Liu, C., Liao, W., Xie, J., Zhang, X., & Gao, Z. (2021). Impact of biochar application on gas emissions from liquid pig manure storage. *Science of The Total Environment*, 771, 145454. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145454>

Løes, A.K, Pommeresche, R., Khalil, R. (2017). Effects of marble application to manure and anaerobic digestates (NORSØK Rapport Vol. 2 No. 5. 2017). Norsk senter for økologisk landbruk. <https://orgprints.org/id/eprint/32037>

Ma, C., Dalby, F. R., Feilberg, A., Jacobsen, B. H. & Petersen, S. O. 2022. Low-dose acidification as a methane mitigation strategy for manure management. *ACS Agric. Sci. Technol.* 2022, 2, s. 437-442. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.2c00034>

Miljødirektoratet 2024. Greenhouse Gas Emissions 1990-2022: National Inventory Report. M-2727/2024. [Greenhouse Gas Emissions 1990-2022: National Inventory Report - miljodirektoratet.no](https://www.miljodirektoratet.no/tema/gasutslipp/2024-01-24-greenhouse-gas-emissions-1990-2022-national-inventory-report)

NIBIO (2024a). Driftsgranskinger i jordbruket 2022. https://driftsgranskinger.nibio.no/drgr/hovudtabellar/?vis=htab&tabell_id=27&aar=2022&lang=BM

NIBIO (2024b). Prisindekser for maskiner og redskaper i jordbruket. https://www.nibio.no/tjenester/prisindeks-for-maskiner-og-reiskapar-i-jordbruket/_attachment/inline/008489c7-ac21-49c4-a98b-3928eb8ef716:e447958f28180aca5fd43e842b6fafc077ac83e3/Prisindeks%20for%20maskiner%20og%20reiskapar%20i%20jordbruket%202023.pdf

NLR 2022. Halm kjøp/sal - Gevinst for både kjøper og selger? <https://www.nlr.no/nyhetsarkiv/ostlandet/2022/halm-kjop-sal-gevinst-for-bade-kjoper-og-selger>

Nordmark Gard (2024). Pris info. <https://nordmark-gard.no/pris-info/>

Norsk Landbruk (2024). Leiekjøringspriser. <https://leiekjøringspriser-v2.vercel.app/#Anlegg,%20transport>

Norway. (2023, 17 mars). Norway. 2023 Common Reporting Format (CRF) Table [Database]. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/documents/627399>

Nyvold M. and Dörsch P. (2024) Complete elimination of methane formation in stored livestock manure using plasma technology. *Front. Sustain. Food Syst.* 8:1370542. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1370542>

Pereira, J.L.S., Figueiredo, V., Pinto, A.F.M.A, Silva, M.E.F., Brás, I., Perdigão, A., Wessel, D.F. (2020). Effects of biochar and clinoptilolite on composition and gaseous emissions during the storage of separated liquid fraction of pig slurry. *Applied Sciences* 10, 5652-5652. <https://doi.org/10.3390/app10165652>

Regnskapsgruppa for klimaavtalen mellom jordbruket og staten 2024. Klimastatus for jordbruket – Rapportering etter intensjonsavtalen mellom jordbruket og regjeringen om reduserte klimagassutslipp og økt opptak av karbon fra jordbruket for perioden 2021-2030. 119 s. [Rapportering fra Regnskapsgruppa for klimaavtalen - Landbruksdirektoratet](#)

Rittl, T. F., Pommeresche, R., Johansen, A., Steinshamn, H., Riley, H., & Løes, A. K. 2023. Anaerobic digestion of dairy cattle slurry—long-term effects on crop yields and chemical soil characteristics. *Organic Agriculture*, 13(4), 547-563. <https://doi.org/10.1007/s13165-023-00447-0>

Rivedal, S. & Aune, A. 2019. Betre metodikk for estimering av lystgassutslipp frå dyrka mark brukt i nasjonal rapportering. NIBIO-Rapport 5 (5): 29 s. <http://hdl.handle.net/11250/2584288>

Rivedal, S., Prestvik, A. S., Aune, A., Hansen, S. & Morken, J. 2019. Tiltak for å redusere ammoniakkutslipp frå jordbruket. NIBIO-Rapport 5 (160): 77 s. <http://hdl.handle.net/11250/2634684>

Rivedal, S., Sturite, I., Hansen, S., Dörsch, P. 2020. Kan gjødsling med husdyrgjødsel bli meir klimavennleg? *Bondevennen* årgang 123 nr. 14-24.april 2020. s 18-19. <https://www.bondevennen.no/fagartiklar/kan-gjodsling-med-husdyrgjodsel-bli-meir-klimavenleg/>

Rivedal, S., Bechmann, M. & Kvifte, Å.M. 2022.Husdyrgjødseltiltak og klimagassutslipp. Vurdering av årlege aktivitetsdata og ein del utslippsfaktorar. NIBIO Rapport 8 (20): 45 s. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmliui/handle/11250/2978626>

Rodhe, L., Alverbäck, A., Ascue, J., Edström, M., Nordberg, Å., Pizzul, L., Tersmeden, M. 2018. Åtgärder för att minimera växthusgasutsläpp från lager med rötdad och örötdad gödsel. *Rise Rapport*, Uppsala, Sverige 2018:18. 52 sider. <https://ri.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1207122>

Ruser, R., & Schulz, R. (2015). The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils—a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(2), 171-188. DOI:[10.1002/jpln.201400251](https://doi.org/10.1002/jpln.201400251)

- Statistisk Sentralbyrå. (SSB 2024a). Oppdatert 10.10.2024. Konsumprisindeksen.
<https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/konsumpriser/statistikk/konsumprisindeksen>
- Statistisk Sentralbyrå. (SSB 2024b). Oppdatert 14.10.2024. Byggekostnadsindeks for bustader.
<https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/byggekostnadsindekser/statistikk/byggjekostnadsindeks-for-bustader>
- Statistisk Sentralbyrå. (SSB 2021). Oppdatert 01.10.2021. Landbruksteljing.
<https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/landbrukstellinger/statistikk/landbruksteljing>
- Sutton, M. A., Howard, C. M., Mason, K. E., Brownlie, W. J., Cordovil, C. M. d. S. (eds.), 2022. Nitrogen Opportunities for Agriculture, Food & Environment. UNECE Guidance Document on Integrated Sustainable Nitrogen Management. UK Centre for Ecology & Hydrology, Edinburgh, UK. [Guidance Document on Integrated Sustainable Nitrogen Management | UNECE](#)
- Tveitnes, S. (1998). Biokalk (kalkslurry) som tilsetningsmiddel i husdyrgjødsel. Gjødsel- og kalkverknad. Sluttrapport frå delprosjekt ved Institutt for jord- og vannfag, Norges landbrukshøgskule 1/7 1996 – 31/12 1998.
- Øgaard, A. F., Knutsen, H., Kårstad, S., Fystro, G., Bechmann, M. og Morken, J. 2014. Konsekvensvurderinger av utkast til revidert forskrift om lagring og bruk av gjødsel til landbruksformål. Bioforsk rapport Vol. 9 nr. 148. Bioforsk, Ås.
<http://hdl.handle.net/11250/2434731>