

Gjenvinning og redistribusjon av fosfat fra husdyrgjødsel

En nytte-kostnadsanalyse

Benedikt Goodman

Ronja Genneper

Bård Nordseth

Semesteroppgave ECN 271 Samfunnsøkonomisk prosjektanalyse og verdsetting av miljøgoder
Handelshøyskolen NMBU, Ås vår 2020

Innholdsfortegnelse

1	Prosjektdefinisjon	5
1.1	Introduksjon	5
1.2	Nullalternativet	7
1.3	Identifisering og beskrivelse av alternative tiltak	8
1.4	Alternativ 1	9
1.5	Alternativ 2	9
1.6	Interessegrupper.....	9
1.7	Tidshorisont	11
2	Kvantifisering av effekter	11
3	Prissatte effekter.....	14
3.1	Nytte.....	14
3.1.1	Unngå ubehagelig lukt	14
3.1.2	Energi utvunnet fra naturgass	15
3.1.3	Redusert import av råfosfat.....	16
3.1.4	Redusert utslipp av klimagasser.....	17
3.2	Kostnader	18
3.2.1	Lagringskostnader.....	18
3.2.2	Spredningskostnader	19
3.2.3	Behandlingskostnader	19
3.2.4	Transportkostnader.....	20
4	Ikke-prissatte effekter	20
4.1	Metode	20
4.2	Nytte.....	20
4.2.1	Mindre eutrofiering.....	20
4.2.2	Økt matsikkerhet og selvforsyningssevne	21
4.2.3	Tilførsel av organisk materiale	22
4.2.4	Substitusjon av nitrogen og kalium.....	23
4.3	Kostnader	23
4.3.1	Økt veitransport.....	23
4.3.2	Økt jordpakking	23
4.3.3	Biologisk forurensning.....	24
4.4	Totalvurdering av ikke-prissatte effekter.....	24

5	Netto nåverdi.....	25
6	Usikkerhetsanalyse	26
6.1	Prissatte effekter.....	27
6.1.1	Justering av karbonpris	27
6.1.2	Endret pris på råfosfat.....	28
6.1.3	Boligpriser ved reduksjon av lukt	29
6.1.4	Investeringskostnader.....	29
6.2	Ikke prissatte virkninger og usikkerhet.....	31
6.2.1	Eutrofiering	31
6.2.2	Jordpakking.....	32
6.2.3	Tilførsel av organisk materiale	32
6.2.4	Andre ikke-prissatte effekter.....	32
6.3	Oppsummerende om usikkerhetsanalysene	33
7	Fordelingseffekter	33
8	Konklusjon.....	34
9	Referanser	35
10	Vedlegg	41
	Vedlegg 1: Oversikt over antagelser gjort i skaleringen av prosjektet	41
	Vedlegg 2: Beregning av gjennomsnittlig boligpris og luktreduksjon på Kleppe	42
	Vedlegg 3: Pluss-minus metoden.....	43
	Vedlegg 4: Endring i netto nåverdien ved ulik karbonpris	44
	Vedlegg 5: Nytte-kost analyse	45

1 Prosjektdefinisjon

1.1 Introduksjon

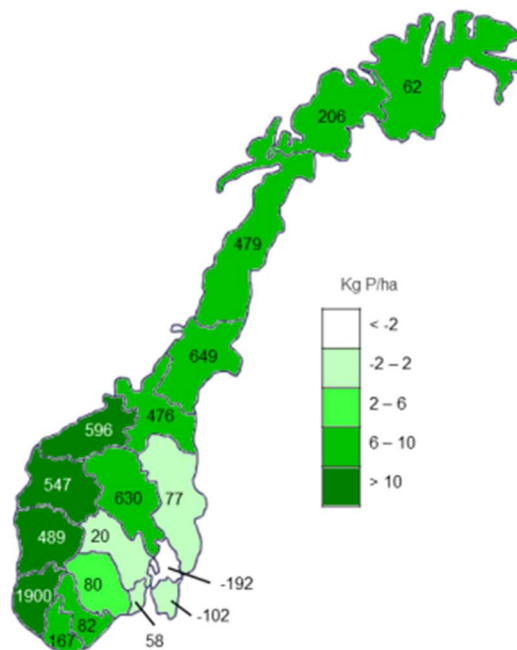
I denne nytte-kostnadsanalysen skal vi se på alternativer for prosessering og redistribusjon av husdyrgjødsel i Norge. Husdyrgjødsel er et restprodukt som inneholder verdifulle næringsstoffer som er nødvendige i planteproduksjonen. Vi vil i denne oppgaven fokusere på gjenvinningen av fosfor fra husdyrgjødsel. Fosfor er essensielt for alt liv og dermed også matproduksjonen vår. Plantene vi dyrker trenger fosfor for å vokse, og fosforet de tar opp fra jordsmonnet må erstattes for å kunne opprettholde produksjon. I dag tilføres landbruket store mengder fosfor som en bestanddel av kunstgjødsel. Norge importerer årlig 8400 tonn råfosfat (Hamilton et.al, 2016), og er sammen med resten av det globale storskala jordbruket sårbar for endringer i tilgjengelighet og kvalitet av råfosfat på verdensmarkedet. Råfosfatet som brukes i kunstgjødsel er en ikke-fornybar ressurs med minkende globale reserver hovedsakelig begrenset til Marokko, Vest-Sahara og Kina (Hanserud, 2018). I lys av at de globale reservene anslås å være tomme innen 50-100 år (Cordell et al., 2009), er det interessant og nødvendig å undersøke potensialet som ligger i fornybare fosforkilder.

Dyr tar kun opp en del av fosforet de får i seg gjennom plantefôret; overskuddet skylles ut med urin og avføring. Vekstforsøk har vist at gjødslingseffekten av husdyrgjødsel er sammenlignbar med den til kunstgjødsel (Brod, 2016). Norske husdyr skiller ut rundt 12 000 tonn fosfor per år (Hamilton et.al., 2016) og restprodukter som husdyrgjødsel har et teoretisk potensial til å dekke nasjonale behov for fosfor (Hanserud et.al, 2016). Den geografiske barrieren mellom overskudd og underskudd må derimot overkommes dersom restressursene fra den ene produksjonen skal kunne utnyttes i den andre og slik bidra til en mer sirkulær norsk matproduksjon. Landbrukets nylig publiserte klimaplan for 2021-2030 er et eksempel på en økt bevissthet rundt potensialet som ligger i bedre utnyttelse av restprodukter i landbruket. Mesteparten av husdyrgjødsel i Norge tilbakeføres jorda, men den skjeve geografiske fordelingen av husdyrproduksjon og planteproduksjon fører til at det er et overskudd av fosfor i jordsmonnet på Vestlandet der dyretettheten er høyest, og et underskudd på Østlandet der dyretettheten er lavest (Hanserud et.al., 2016). Det er med andre ord ikke mangel på tilgjengelig fosfor som er utfordringen, men mangelen på systemer for hensiktsmessig omfordeling. Den lineære verdikjeden fosforet tar i norsk landbruk i dag, fører til tap av en viktig ressurs.

Vi vil her analysere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ved å omfordele sekundært fosfor fra husdyrgjødsel. Tiltakene som analyseres her vil ikke utelukkende ha en effekt på landbrukets fosforregnskap, men også ha effekter på f.eks. klima og miljø. Den samfunnsøkonomiske lønnsomheten skal være en tilstrebet helhetlig avveining mellom total nytte og kostnad for samfunnet.

Samfunnsøkonomiske analyser slik som denne blir brukt som verktøy for å sammenligne alternative tiltak på bakgrunn av netto nytten de representerer for samfunnet. Ved å synliggjøre effektene av tiltakene og gjøre dem sammenlignbare, skal slike analyser gjøre det enklere for beslutningstagere å allokere de knappe ressursene de forvalter til det beste for samfunnet. (DFØ, 2018) Finansdepartementet og Direktoratet for økonomistyring (DFØ) har utarbeidet retningslinjer og krav for samfunnsøkonomiske analyser, og disse vil informere stegene i denne oppgaven. Analysen er basert på MIND-P prosjektet, som er et samarbeid mellom forskere ved NTNU og NIBIO.

I vår analyse vil vi sammenligne alternative tiltak for å omfordele fosfor fra en melkegård på Kleppe i Rogaland til en korngård på Kløfta i Akershus. Figur 1 illustrerer skjevfordelingen av tilgjengelig fosfor i jorda. Rogaland har høyest overskudd med 1900 t fosfor tilført over behovet per år i perioden 2009-2011. Akershus (del av Viken fylkeskommune per 2020) har et underskudd når fosfornivået i jorden blir tatt høyde for. Scenarioene med medfølgende verdier i sine respektive kretsløp er hovedsakelig hentet fra O. Hanserud (2017) og supplert av S. Gitlesen (2019).



Figur 1. "Årlig fosforoverskudd for enkeltfylker (tonn P/år) og gjennomsnittlig overskudd per hektar (dekar/10) markert med farge (kg P/ha og år)." (Blytt et.al., 2017, s.9) Tallene basere seg på Hanserud et.al., 2016.

1.2 Nullalternativet

Det er mange ulike tiltak som potensielt kunne bidratt til en bedre utnyttelse av fosforet i husdyrgjødsel; relevante alternativer som vurderes i denne analysen gjøres rede for i avsnittet “Identifisering og beskrivelse av alternative tiltak”. Effektene som alternativene medfører sammenlignes med utvikling man forventer dersom ingen endring blir gjort. Dette referansealternativet kalles for nullalternativet og innebærer “en forsvarlig videreføring av dagens situasjon.” (DFØ, 2018 s.32) For å best mulig sikre at tiltak ikke virker mer eller mindre lønnsomme enn de faktisk er, er det viktig å inkludere en vurdering av hvilke faktorer som over tid kan endre nytte-kostnadsforholdet av nullalternativet.

I denne analysen er nullalternativet en videreføring av dagens praksis for bruk av husdyrgjødsel. Melkebonden på Kleppe fortsetter å spre ufordelt bløtgjødsel lokalt, og den overflødige tilførselen av fosfor medvirker til lokal forurensning. Kornprodusenten på Kløfta fortsetter med å bruke kunstgjødsel som fosforkilde til avlingene sine. I nullalternativet vil ca. 480 kg fosfor årlig spres på Kleppe, en mengde som kunne tilfredsstilt behovet for fosfor for 48 ha med korn på Kløfta (Hansrud et.al., 2017).

Rammen for denne analysen er kun ett enkelt gårdsbruk, og vi går derfor ut ifra at produksjonen og dagens praksis videreføres uten betydelige endringer i nullalternativet i løpet av den satte tidshorisonten. Ser man på det norske landbruket totalt og øker tidshorisonten betraktelig vil en forsvarlig videreføring av dagens situasjon kunne se annerledes ut, noe som vil kunne påvirke lønnsomheten til alternativene en sammenligner med nullalternativet. Norsk landbruk er sterkt politisk regulert, og en videreføring av dagens jordbruk er avhengig av aksept i befolkningen. Debatten om hvilke matvaner som er de mest bærekraftige har kommet for å bli, og minkende etterspørsel etter dyreprodukter som melk er en tendens man kan se allerede i dag (Helsedirektoratet, 2019). Mindre etterspørsel etter melk vil kunne påvirke antall kyr og mengde husdyrgjødsel tilgjengelig for omfordeling. Ser man på norsk matproduksjon i et 100 års perspektiv kan man gå ut ifra at globale fosforreserver er tomme (Cordell, Drangert, & White, 2009), og da vil matproduksjonen i mye større grad være avhengig av å bruke organiske kilder til fosfor enn i dag. I 2018 leverte Landbruks- og matdepartementet et forslag til nytt gjødselregelverk, der de blant annet foreslår en opptrapping av spredearealkravet for husdyrgjødsel (Landbruksdirektoratet, 2018). Forslaget innebærer flere insentiver til sirkulær utnyttelse av husdyrgjødsel som kan tenkes å gjøre tiltakene analysert i denne analysen mere lønnsomme enn hva dagens regelverk gjør. Klimaendringene vil unektelig påvirke landbruket, dog er usikkerheten stor i forhold til hvordan. Rask teknologiutvikling i løpet av kommende årtier vil også kunne endre forutsetningene vi regner med betraktelig. Den geografiske skeivfordelingen av fosforreserver som er hovedgrunnen til utfordringene vi beskriver i denne analysen, er også en konsekvens av politisk virkemiddelbruk. NIBIO publiserte i 2017 i samarbeid med en rekke andre forskningsinstitusjoner en oversikt over scenarioer for norsk landbruksproduksjon (Vik og Flø, 2017).

Fremtiden som beskrives her er selvfølgelig svært usikker, men det poengteres at endringer i graden av politisk styring og oppfatninger knyttet til bærekraft, kan endre produksjonsfordelingen og strukturen av norsk landbruk drastisk, noe som kan tenkes å ha konsekvenser for det nasjonale fosforregnskapet også. I tråd med Finansdepartementets retningslinjer har vi gjennomført en usikkerhetsanalyse som tar for seg hvordan endringer i antagelser lagt til grunne for beregninger kan endre lønnsomheten av tiltak.

1.3 Identifisering og beskrivelse av alternative tiltak

Vi har samlet antagelser lagt til grunne for skaleringen av prosjektet i vedlegg 1. Det totale antallet melkekyr i Rogaland (Landbruksdirektoratet, 2019) delt på antall melkebruk i Rogaland (SSB, 2019) resulterer i en gjennomsnittlig melkegård med 35 kyr. Til sammen produserer de 35 kyrne på Kleppe 688,8 t bløtgjødsel i året, hvorav 482,16 kg er fosfor. Både mengden gjødsel produsert per ku og næringsstoffinnholdet i husdyrgjødselen vil variere med rase og fôrings- og produksjonsstrategier. Tallene er basert på verdikjede- og livssyklusanalysen gjennomført av Hanserud et.al. (2017).

Korngården på Kløfta antas å ha en gjennomsnittlig størrelse for regionen, 37,9 hektar (SSB, 2020), og jordas fosfortilgjengelighet tatt høyde for, et behov for 10 kg fosfor per hektar (Hanserud et.al., 2017). Vi antar at kornbonden gjødsler én gang i året, på våren, og at gjødselen fraktes 500 km fra Kleppe til Kløfta.

Et alternativ for omfordeling er at bløtgjødselen lagres på melkegården slik som i nullalternativet og at den så transporteres i bløt form fra Kleppe til Kløfta på våren. Dette alternativet har vi vurdert som urealistisk fordi det 1) medfører ekstremt høye transportkostnader og utslipp i forbindelse med transport, 2) vil kreve en stor omstilling og investering i utstyr for bonden på Kløfta for å kunne spre bløtgjødselen, 3) klimagassutslipp fra husdyrgjødselen reduseres ikke betraktelig og 4) siden all gjødselen fraktes bort, har ikke bonden på Kleppe mulighet til å utnytte nitrogenet som ligger i husdyrgjødselen og kjøper kunstgjødsel som erstatning.

Det er flere som trekker frem potensielle fordeler ved å behandle bløtgjødsel før bruk på jorden. Hjort et.al. (2008) poengterer at separering av husdyrgjødselen resulterer i to separate gjødselprodukter som er henholdsvis rik på nitrogen (N) og fosfor (P) og følgelig kan tilføres plantene i et forhold som er mer optimalt enn hva som er tilfellet i bløtgjødsel. Lar man gjødselen gå gjennom en anaerob nedbrytningsprosess i et biogassanlegg resulterer dette i energi, redusert lukt, færre ugrasfrø i gjødselen og potensielt reduserte klimagassutslipp. Dette er spennende muligheter som også er sentrale temaer som myndighetene, bl.a. i Klimakur 2030, og næringen, bl.a. i Landbrukets klimaplan 2021-2030, vektlegger. Vi har derfor valgt å sammenligne to alternative behandlingsmetoder i denne analysen, fremfor å sammenligne omfordeling av ubehandlet og behandlet bløtgjødsel.

Litteraturen nevner mange alternative behandlingsteknologier for å separere og konsentrere næringsstoffene i husdyrgjødsel. Brod (2018) gir en aktuell oversikt. Mekanisk separering av bløtgjødsel i en flytende del og en fast del er som oftest det første steget i en behandlingsprosess. Mesteparten av fosforet konsentreres ideelt sett i den tørre fraksjonen, mens den flytende delen vil inneholde mer nitrogen og kalium.

1.4 Alternativ 1

Alternativ 1 er definert som at gården på Kleppe separerer bløtgjødselen i en dekanteringssentrifuge. Denne separerer gjødselen i en tørr, fosforrik fraksjon og en våt, nitrogenrik fraksjon. Den tørre fraksjonen produsert på et år vil ha en vekt på 164 t og et fosforinnhold på 344,4 kg. Den tørre fraksjonen lagres i et tørrlager på melkegården og transporteres til Kløfta på våren. Den våte fraksjonen lagres i et våtlager på melkegården og brukes som gjødsel lokalt.

1.5 Alternativ 2

Alternativ 2 er definert som at gården på Kleppe investerer i et gårdsbasert biogassanlegg. Bløtgjødselen går gjennom en råtningsprosess i anlegget og det produseres biogass. Gården er koblet til et eksisterende gassnett og den produserte gassen transporteres via dette for videre bruk og foredling. Gassen selges til markedspris. Bioresten etter råtningsprosessen separeres så ved hjelp av en dekanteringssentrifuge, og de ulike fraksjonene lagres og brukes slik som i alternativ 1. Råtningsprosessen reduserer volumet noe og den tørre fraksjonen produsert på ett år vil ha en vekt på 162 t. Mengden fosfor forblir upåvirket av råtningsprosessen.

1.6 Interessegrupper

For å kunne identifisere alle relevante effekter av tiltak er det viktig å definere interessegrupper, altså hvem som blir berørt og hvordan.

Husdyrbøndene på Vestlandet er en sentral interessegruppe. I denne analysen er denne gruppen begrenset til melkebonden som driver en hypotetisk gård på Kleppe. I både alternativ 1 og 2 fungerer husdyrbonden som produsent av gjødsel. Behandling og transport i begge alternativene vil kreve både finansielle investeringer og omstillinger i arbeidshverdagen for bonden. Det er sannsynlig at muligheten for å fortsette med dagens praksis vil bli begrenset og at tiltak som alternativ 1 og 2 vil være nødvendig for å kunne håndtere den samme mengden husdyrgjødsel også i fremtiden. Behandling og bruk av husdyrgjødsel er regulert i lovverket og som nevnt foreligger det et forslag til revidert gjødselforskrift som bl.a. krever et større spredeareal for fosfor. Trer denne i kraft anslår Fylkesmannen i Rogaland at det mangler over 100 000 dekar spredeareal i fylket (Fylkesmannen i Rogaland, 2018). Husdyrbonden har også interesse av god

agronomisk praksis på sine arealer. Separeringen av husdyrgjødsel i begge alternativene resulterer i gjødselprodukter som gjør det enklere å gjødsle mer spesifikt.

Kornbønder på Østlandet er en interessegruppe ettersom de er potensielle brukere av gjødselproduktene. I alternativ 1 og 2 erstatter kornbonden på Kløfta kunstgjødsel med organisk gjødsel. Kornbonden har en interesse av å tilføre avlingene sine tilstrekkelig med gjødsel til en lavest mulig pris. Også for kornbonden ligger det et potensial i alternativ 1 og 2 for bedre agronomisk praksis, ved at gjødselen ikke bare tilfører jorda næringsstoffer, men også organisk materiale. Kornbondens vurdering av substitusjonsverdien mellom kunstgjødsel og husdyrgjødsel vil være avgjørende for etterspørselen.

Naboene rundt gården på Kleppe er en interessegruppe ved at de utsettes for ubehagelig lukt ved spredning av gjødsel i nullalternativet. Lukten reduseres ubetydelig i alternativ 1, mens alternativ 2 reduserer lukten betydelig.

Lokalbefolkningen på Kleppe er også en interessegruppe. Fosforavrenning fra jordbruket bidrar til forurensning av vassdrag i området. Forurensningen kan senke områdets rekreasjonsverdi pga. for eksempel mindre biologisk mangfold og redusert mulighet for fiske.

Bedriftene som utvikler og selger teknologien som husdyrbonden investerer i alternativ 1 og 2 vil påvirkes av tiltakene. Dette gjelder selvfølgelig særlig hvis tiltakene gjennomføres av flere husdyrbønder, da de da vil oppleve større etterspørsel etter sine produkter og tjenester.

Produsentene av kunstgjødsel vil ikke være berørt av at én kornbonde på Kløfta bytter ut kunstgjødsel med organisk gjødsel fra Kleppe. Oppskalering av prosjektet kan derimot føre til konkurranse og en kostnad for kunstgjødselprodusentene. Ettersom alternativ 1 og 2 produserer produkter som er rike på fosfor, men ikke inneholder tilstrekkelig med nitrogen, kan kunstgjødselprodusentene tilpasse seg ved å ta imot organisk gjødsel og tilsette de næringsstoffene som mangler.

Den norske befolkningen har en kollektiv interesse av å ha et langsiktig bærekraftig og produktivt landbruk. Myndighetene er interesserte i en levedyktig næring som skaper verdier og oppfyller de målene som har blitt satt for landbruket. Samtidig har myndighetene en interesse av at negative effekter på miljøet minimeres, slik at helse og biomangfold ivaretas. Økt matsikkerhet som følge av redusert avhengighet av råfosfat i tiltakene i alternativ 1 og 2 er av interesse for den norske befolkningen.

1.7 Tidshorisont

Som tommelfingerregel skal analyseperioden få med alle relevante virkninger av tiltaket i dets levetid (Finansdepartementet, 2014). Dette er utfordrende for et prosjekt av den art som analyseres her. Både gjenvinning av fosfor og produksjon av biogass fra husdyravfall er nemlig skalerbare teknologier som kan produsere ringvirkninger i lang tid etter prosjektets påbegynnelse. Siden svært få gårder benytter seg av disse teknologiene per dags dato (Miljødirektoratet, 2020), vil kunnskapen om drift og optimalisering av verdikjeden oppnådd gjennom prosjektets levetid være en positiv eksternalitet. Denne effekten er det dog svært vanskelig å sette en levetid på. Videre så oppgir Miljødirektoratet at produksjonen av biogass i dag generer 600 GWh energi, men at frem mot 2030 kan så mye som 2600 GWh bli produsert (Miljødirektoratet, 2020). Veksten antas å komme av bedret infrastruktur for oppgradering av råmetan og økt etterspørsel som følge av teknologisk utvikling og vekst i andelen gårdsbaserte gassanlegg. Disse endringene vil igjen kunne forårsake endringer i prisen på utstyr og deler til systemene som brukes. Dermed oppstår det usikkerhet om hvor lenge løsningene vi ser på vil brukes i sin helhet.

Videre så er mye av teknologien som brukes, både når det gjelder separasjonsteknologi og små biogassreaktorsystemer, å anse som umoden (Personlig korrespondanse med Knut Vasdal, 30.03.2020). Levetiden på disse systemene er dermed usikker. Dette er fordi de består av flere deler som hver for seg har ulik levetid. Videre så har biogassreaktorene av den typen som er tiltenkt i dette prosjektet med helautomatiserte pumper og kontrollsystemer kun eksistert i noen få år. Dermed eksisterer det usikkerhet rundt den faktiske levetiden på disse. Med bakgrunn i erfaringer med teknologi brukt i pilotanlegget til Jæren Biogass (S. Gitlesen, 2019) har vi satt en levetid på 15 år for dette prosjektet.

2 Kvantifisering av effekter

Effektene av alternativ 1 og 2 har en nytte eller kostnad for samfunnet. Tabellene under viser en oversikt over prissatte effekter og ikke-prissatte effekter som beskrives nærmere i kapittel 3.

Prissatte effekter

Nytte

1. Unngå ubehagelig lukt	Spredning av bløtgjødsel medfører vond lukt. I nullalternativet er dette en negativ eksternalitet for befolkningen på Kleppe. I alternativ 1 vil luktbelastningen reduseres noe på Kleppe, mens den økes noe på Kløfta. I alternativ 2 fjerner råteprosessen lukten.
--------------------------	--

2. Energi utvunnet fra biogass	Metangassen som blir utvunnet ved alternativ 2 vil kunne brukes til å produsere energi.
3. Redusert import av råfosfat	I nullalternativet er kunstgjødsel kilden til fosfor på Kløfta. For å lage kunstgjødsel importeres det råfosfat. Ved å substituere råfosfatet med husdyrgjødsel i alternativ 1 og 2 vil det oppstå en nytte i form av redusert mengde råfosfat.
4. Redusert utslipp av klimagasser (CO ₂ -ekvivalenter)	Behandling, lagring, transport og spredning av husdyrgjødsel er kilder til klimagassutslipp. Behandlingen husdyrgjødselen gjennomgår i alternativ 1 og 2 reduserer den totale mengden CO ₂ ekvivalenter som blir sluppet ut.

Kostnader

1. Lagringskostnader	Både alternativ 1 og 2 krever investering i lager.
2. Spredningskostnader	Mens husdyrbonden kan bruke sitt spredeutstyr som før, har kornbonden en kostnad for spredeutstyr i alternativ 1 og 2.
3. Behandlingskostnader	Investering og drift av dekanteringssentrifuge i alternativ 1 og 2. Investering og drift av reaktor i alternativ 1.
4. Transportkostnader	Kostnad av transport av gjødsel fra Kleppe til Kløfta i alternativ 1 og 2.

Ikke-prissatte effekter

Nytte

1. Mindre eutrofiering	Overgjødslingen i nullalternativet bidrar til et skadelig høyt fosforinnhold i avrenning til naturen. Følgene er økt eutrofiering på Kleppe. Tiltakene i alternativ 1 og 2 vil redusere denne kostnaden, da den flytende fraksjonen som spres på Kleppe inneholder mye mindre fosfor og synker
------------------------	--

	raskere inn i jorda enn bløtgjødsele som spres i nullalternativet.
2. Økt norsk selvforsyningsgrad og matsikkerhet	Organisk fosfor er en substitutt for mineralsk fosfor. Økt gjenbruk av organisk fosfor vil kunne redusere behovet for importert råfosfat uten å redusere matproduksjonen i både alternativ 1 og 2. Ved å bli mindre avhengig av råfosfat, øker den norske matsikkerheten.
3. Tilførsel av organisk materiale	I nullalternativet gjødsler bonden på Kløfta jordene sine med kunstgjødsel. Denne inneholder riktignok alle næringsstoffene plantene trenger, men tilfører ikke jorden noe organisk materiale. Organisk materiale i jorda er avgjørende for god jordstruktur. Gjødselen som tilføres matjorda på Kløfta i alternativ 1 og 2 kan så med bedre jordas kvalitet.
4. Substitusjon av nitrogen og kalium	Kugjødsel inneholder i tillegg til fosfor noe nitrogen og kalium. Fosfor, nitrogen og kalium er de viktigste bestanddelene av kunstgjødsel. Bruk av kugjødsel vil altså ha en viss substitusjonseffekt for kunstgjødsel.

Kostnader

1. Økt veitransport	Alternativ 1 og 2 fører til at det kjøres fem flere lastebiler mellom Kleppe og Kløfta per år enn i nullalternativet. Denne økningen er svært liten.
2. Økt jordpakking	I alternativ 1 og 2 vil kornbonden på Kløfta spre rundt 160 t husdyrgjødsel i året. Dette medfører økt jordpakking som følge av tyngre lass og flere turer med traktoren på jorden enn i nullalternativet. Høy grad av jordpakking har negative konsekvenser for plantenes rotvekst, evnen til å binde karbon og biodiversitet i jorden, og øker risikoen for erosjon og avrenning.
3. Biologisk forurensning	Organisk gjødsel kan i motsetning til kunstgjødsel inneholde skadegjørere som sopp, bakterier og virus. Bruk av organisk gjødsel som ikke går gjennom en

hygiensieringsprosess medføre en risiko for spredning av sykdomssmitte og ugressfrø.

3 Prissatte effekter

3.1 Nytte

3.1.1 Unngå ubehagelig lukt

Bruk av dyregjødsel fra kyr medfører en del lukt i lokalområdet det blir brukt. Per dags dato er det blitt gjort få studier på effekten av denne lukten i bebodde områder, men det finnes en studie fra Flandern i Belgia (Eyckmans et al., 2011) som tar for seg denne problemstillingen. Som i oppgaven til Haugli Larsen et.al. (2018) regner vi dette området for å være både geografisk og kulturelt likt områdene rundt Kleppe og på Kløfta. Studiet bruker hedonisk prising og betalingsvillighet (WTP) for å estimere velferdstap i form av reduksjon i boligpriser som følge av vond lukt i nærområdet til gårdene. Denne nedgangen måles i prosent og vi vil bruke disse tallene i vår analyse. Nedgangen klassifiseres i fire grupper OD0 (ingen luktplager), OD1 (lite luktplager), OD2 (middels luktplager) og OD3 (sterke luktplager). På denne skalaen plasserer vi våtfraksjonen av gjødsel etter separasjon i OD2 (alternativ 1), separert og tørket kugjødsel (alternativ 1) i OD1, og gjødsel som har vært igjennom biogassreaktoren og deretter blitt separert i tørr og våt fraksjon OD0 (alternativ 2). Reduksjonen i pris vises i tabell 1. Kun husstandene i nærheten av gården på Kleppe vil berøres av lukt som forårsaker prisforandringer.

Tabell 1: Prisreduksjon ved luktplager (Eyckmans, 2011)

<i>Luktplager</i>	<i>Boligprisreduksjon</i>
OD0 – OD1	0%
OD2	5%
OD3	11,5%

Boligprisene i denne analysen regnes som gjennomsnittlig boligverdi. Den estimerte boligmengden i området analysert er et produkt av befolkningsmengden, antall husholdninger og personer pr husholdning i området. På Kleppe er dette henholdsvis 9245, 3743, og 2,47. Eyckmans m fl. (2011) antar at det blir spredt gjødsel hele året. Mens denne analysen tar utgangspunkt i at spredningen vil foregå 10 dager i året. Dermed så er vår beregning justert for dette.

I alternativ 1 går dyregjødselen igjennom en separasjonsmekanisme hvor våtfraksjonen separeres ut og brukes på jordene på Kleppe. Denne fraksjonen har samme nivå av lukt som ubehandlet kugjødsel. Derfor vil dette området beholde OD2-klassifikasjonen som ved referansealternativet. Dette gir ingen nytte i form av redusert lukt. På Kløfta så vil dette alternativet medføre at man går over fra å bruke mineralgjødsel som er luktfri til å bruke kugjødsel. Vi antar derfor at effekten av denne endringen vil gjøre at området går fra OD 0 til OD1. Her vil det heller ikke observeres noen effekt. Utrekningene finnes i vedlegg 2.

Siden biogassreaktoren fjerner lukten av dyregjødsel så antar vi at alternativ 2 medfører en luktreduksjon fra OD2 til OD0 på Klepp. Nyten av denne reduksjonen i lukt regnes til å være 15 326 090 kr som følge av at boligprisene antas å ville stige 5 prosent. På Kløfta vil dette alternativet medføre at OD0 opprettholdes som i nullalternativet. Dette gir en summert total nytte på 15 326 090 kr ved dette alternativet. Denne effekten vil inntreffe første året av tidshorisonten til denne analysen ettersom lukten bare kan fjernes en gang.

3.1.2 Energi utvunnet fra naturgass

Alternativ 2 innebærer utvinning av biogass på gården på Kleppe. Hanserud et al. (2017) estimerer et potensielt biogassutbytte på 260 normalkubikkmeter (Nm^3) per tonn tørrstoff og en tørrstoffandel på 10.4% av bløtgjødselen. Vår tenkte gård på Kleppe produserer 688.8 tonn bløtgjødsel per år, og vi finner den årlige produksjonen av biogass til å være 18625 Nm^3 .

Denne biogassen kan selges i et marked hvor betalingsvilligheten representerer nytten noen får ved å bruke gassen. I Norge er antallet anlegg som oppgraderer og utvinner biogass svært lavt ettersom infrastrukturen for biogass ikke er spesielt godt utbygd. Dermed finnes det ikke noe marked som gir en pris på rå biogass. Vår analyse baserer seg derfor på et anslag gjort ut ifra hvor mye det koster å oppgradere rågassen til fullverdig biometan. Rettere sagt antas det at kostnaden for å foredle gassen er kjøpsprisen tilbudt melkebonden på Kleppe. Tallene for dette er hentet fra K. Sund (2017). Denne studien avdekker forskjellige kostnader for anlegg av ulik kapasitet. Forskjellen består i at anlegg med stor kapasitet vil ha mye lavere kostnader enn anlegg med liten kapasitet. Gassen vil i alternativ 2 foredles ved IVAR IKS sitt sentralrenseanlegg på Nord-Jæren. Dette anlegget har en anslått kapasitet på 500 000 Nm^3 (IVAR, 2020) fullverdig biometan i året og 513,7 Nm^3 i timen. Ifølge K. Sund s. 32 (2017) er dette et anlegg med tilnærmet middels kapasitet. Sådan vil kostnaden for foredling ligge på 4,36 kr per Nm^3 . Justert for inflasjon gir dette en pris på 4,58 kr per Nm^3 . Vi antar som nevnt at gården på Kleppe er koblet til det eksisterende rågassnettet i området. Selv om dette anlegget er det eneste i området antar vi ikke monopolistisk atferd. Dette er fordi anlegget er heleid av kommunen og vi antar at det agerer i tråd med fylkets mål om å utvide kapasiteten for biogass. Transportkostnader for gassen er derfor ikke medregnet. Videre distribusjon og salg er også utenfor denne analysens omfang og er derfor heller ikke med i våre beregninger.

Gitt den antatte prisen på 4,26 kr per Nm³ og 18625 Nm³ produsert rågass vil alternativ 2 gi en nytteverdi på 85 265 kr per år.

3.1.3 Redusert import av råfosfat

Poenget med redistribusjon av dyregjødsel og dermed gjenvinning av fosfor er at man skal frigjøre seg fra en ikke-fornybar ressurs. Dermed så ligger det en prisbar nytte for samfunnet ved reduksjon i importen av råfosfat. Ettersom vår nytte-kostnads analyse har et nasjonalt perspektiv, er det mest hensiktsmessig å bruke prisen råfosfat importeres for. Med gjødselmengden produsert i vår simulering så er den totale mengden fosfor produsert pr år 482,16 kg, men dette tallet gjelder kun for referansealternativet ettersom prosessene i alternativ 1 og 2 påvirker hvor mye fosfor som blir igjen i de separerte fraksjonene. I tillegg til fosfor inneholder kunstgjødsel nitrogen og kalium. Mengden nitrogen og kalium i kugjødselen er ikke tilstrekkelig til at bonden på Kløfta kan dekke plantenes behov utelukkende med kugjødsel. Kugjødselen er følgelig et substitutt for råfosfatet i kunstgjødsel, mens nitrogen og kalium fortsatt må tilføres. Vi regner derfor ikke på nytten av redusert kunstgjødselproduksjon, men kun redusert import av råfosfat som en ingrediens som blir erstattet.

Den gjennomsnittlige importprisen på råfosfat for 2019 var ifølge Verdensbanken \$88 USD per tonn (2020c). Vi velger å bruke denne prisen som estimat fordi den påvirker prisen for alle som selger gjødsel i landet. Vi bruker også importprisen for 2019 for basisåret i vår analyse ettersom det ikke er laget noe årsgjennomsnitt for 2020. PPP-justert så gir dette en norsk pris på 844,36 kr per tonn (2020b). Dette er prisen vi bruker i startåret ($t=0$) for denne analysen. Ettersom råfosfat er en råvare med varierende mengde tilbudt og etterspurt fra år til år så vil prisen veksle fra år til år avhengig av hvordan markedet utvikler seg. For å ta hensyn til dette har vi brukt Verdensbanken sin «Commodities Price Forecast» (2020d). Disse prisene er oppgitt i konstante 2018 dollar, vi justerte dem om til 2019 dollar ved bruk av US Department of Labour sin inflasjonskalkulator (2020) og til kroner ved PPP-justering. Denne prognosen går frem til 2030 hvor prisen er tilsvarende 1069 kr per tonn råfosfat. I tidsrommet mellom 2026 til 2029 er det ikke oppgitt anslag. Dermed har vi ekstrapolert veksten i dette tidsrommet til å være 33 kr årlig. Siden tidshorisonten på denne analysen går frem til 2034 så antar vi også at den samme prisveksten på 33 kr årlig vil fortsette. Dette gir en pris på 1201 kr pr tonn råfosfat i 2034. Beregningen av prisene og prisutviklingen over tidsperioden vi ser på finnes i vedlegg 5.

Ettersom jorden på gården på Kleppe allerede er mettet med fosfor og den flytende fraksjonen av gjødselen i begge alternativer vil opprettholde denne metningen, så vil nytteverdien av redusert import av råfosfat bero på mengden fosfat i den tørre fraksjonen av gjødselen. Gitt gjødselmengden på 688,8 tonn per år og en mengde fosfor på 0,5 kg pr tonn i den tørre fraksjonen etter separasjon så er den totale mengden fosfor produsert igjennom et år 344,4 kg for begge alternativer. Vi antar at antall kyr og mengden fosfor produsert

på melkegården forblir konstant gjennom hele den aktuelle tidsperioden. Fosforbehovet på korngården er antatt å være på 380 kg fosfor i året, og blir dermed nesten dekket. Nyttien for begge alternativ regnes som mengden fosfor fra gjødsel multiplisert med prisen på råfosfat per kilo. I 2020 vil dette gi en nytte på 291 kr mens i 2034 vil det gi en nytte på 414 kr.

3.1.4 Redusert utslipp av klimagasser

Spredning av naturgjødsel som ikke har gjennomgått anaerobisk forråtnelse slipper ut klimagasser som Metan (CH_4) og Lystgass (NO_x). Disse er bidragsytere til global oppvarming og vi priser inn skadeeffekten ved utslippet av disse gassene. Gitt parameterne i alternativ 0 vil dagens situasjon forårsake et årlig utslipp på 84 kg CO₂ ekvivalenter (CO₂e) pr tonn produsert kugjødsel, mens alternativ 1 vil gi et utslipp på 64 kg CO₂e pr tonn og alternativ 2 vil gi et utslipp på 21 kg CO₂e pr tonn (O. Hanserud, 2017). Disse estimatene er fra deres livssyklusanalyse som medregner hele syklusen i alle alternativene våre – inkludert transport av gjødselen til Østlandet og spredning av gjødsel lokalt på Kleppe.

Det finnes en lang debatt om hva som er den minst uheldige måten å prise utslipp av klimagasser på. Deler av denne debatten finnes oppsummert i vedlegg 2 av NOU2018:17 «Klimarisiko og Norsk Økonomi». Dette utvalget konkluderer i sin anbefaling at «Hva som er rett kalkulasjonspris for klimagassutslipp, avhenger av hvilket spørsmål en ønsker at analysen skal gi svar på» (Klimarisikoutvalget, 2018). Videre konkluderer utvalget med at dersom «[...] det ikke foreligger bindende mål om utslippsbegrensninger, bør karbonprisbanen i prinsippet i stedet være basert på marginale skadekostnader» (Klimarisikoutvalget, 2018). Dermed baserer denne analysen seg på kostnaden av skader som konsekvens av utslipp (eng. social cost of carbon). Dette bryter ikke med prinsippet om at verdsetting skal reflektere alle individuelle betalingsvilligheter, fordi vi velger å se på Parisavtalen som et kollektivt uttrykk på betalingsvilligheten for å slippe konsekvensene av klimaforandringene. Den politiske målsettingen på verdensbasis per 2020 er å unngå mer enn 2 grader oppvarming. Norges (uforpliktende) mål er en reduksjon på 50% – 55% av utslippsnivået i 1990 innen 2030 (Klimadepartementet, 2020). Samtidig observerte man i 2019 en 1,1% økning sammenlignet med 1990-nivået (SSB, 2020c). Den eksistensielle risikoen klimaforandringene medfører og det faktum at utslippene øker, understreker det kritiske behovet for løsninger som minsker utslippene. K. Ricke et al. (2018) estimerer de klimarelaterte og sosioøkonomiske skadekostnadene i fremtiden for mange ulike land. Deres anslag for den marginale skadekostnaden på den skandinaviske halvøy er lavere enn middelverdiene deres. Men, gitt at denne nytte-kostnadsanalysen har et nasjonalt perspektiv og at Norge er avhengig av internasjonal handel, hvilket har næringskjeder som går igjennom områder med svært høye skadekostnader, så tilsier dette at middelverdiene bør brukes. Lokale utslipp av klimagasser får tross alt globale følger. Vi tar utgangspunkt i K. Ricke et al. (2018) sitt SSP2/RCP 6 scenario

og skadefunksjon BHR¹ SR RP². Dette scenarioet er den marginale skadekostnaden på kort sikt og har en medianpris på 417\$ pr tonn CO₂e i 2018 dollar som gir en PPP-justert 2019-pris på 4188,59 kr (2020b) pr tonn. Gitt at skadefunksjonen gjelder for kort sikt og dette prosjektet har en levetid på 15 år så antar vi at denne prisen er realskadekostnaden. Derfor er skadekostnaden av klimagassutslipp konstant i vår analyse.

For begge alternativ i denne analysen så vil nytten ligge i differansen mellom den totale skadekostnaden i nullalternativet og alternativ 1 og 2. Vi regner skadekostnaden ut ifra mengden CO₂e sluppet ut, total mengde gjødsel produsert per år og den marginale skadekostnaden. Gitt at den totale mengden gjødsel produsert pr år er 688,8 tonn så vil dette gi en årlig skadekostnad på 242 348 kr ved referansealternativet, 184 646 kr ved alternativ 1 og 60 587 kr ved alternativ 2. Dette gir en årlig nytte på 57 702 kr ved alternativ 1 og en årlig nytte på 181 760 kr ved alternativ 2.

3.2 Kostnader

Tiltakene i alternativ 1 og 2 har lagrings-, sprednings-, behandlings- og transportkostnader som er prissatt under. Prisene som brukes er hovedsakelig basert på Gitlesen et.al. (2019) sin rapport om biorestproduksjon som gjødselhåndteringsstrategi på Jæren, Erlandsen et.al. (2019) sin samfunnsøkonomiske analyse av økt bruk av biorest som klimatiltak og Lyng et. al. (2019) sin evaluering av pilotordningen for tilskudd til husdyrgjødsel som går til biogassproduksjon. Det er usikkerhet knyttet til kostnadsanslagene, som vil variere i forhold til eksisterende infrastruktur på gårdsbruket. Datagrunnlaget for lokale biogassanlegg på gårder er relativt lite, en naturlig konsekvens av at det ikke er særlig vanlig å ha i Norge. Gitlesen et.al. (2019) baserer sine data på resultater fra gårdsanlegget til Jæren Biogass og scenariene deres er utformet på bakgrunn av infrastruktur og andre forutsetninger spesifikke for Jæren. Etter vår vurdering er datagrunnlaget Gitlesen et.al. (2019) har brukt det som legger seg tettest opp mot våre scenarier. Transport og bruk av biorest er derimot ikke inkludert i deres analyse, og kostnadsanslag for den delen av verdikjeden er basert på Lyng et. al. (2019), Erlandsen et.al. (2019) og Hanserud et.al. (2017).

3.2.1 Lagringskostander

Husdyrbonden på Kleppe er lovpålagt å ha lagringskapasitet for åtte måneders produksjon av bløtgjødsel (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). Innenfor dette kravet vil utformingen og makskapasitet av eksisterende lagre variere mellom gårdsbruk og derfor vil investeringsbehovet i alternativ 1 og 2 variere veldig. Vi antar at bløtgjødselen samles opp og lagres i det eksisterende lageret i en måned før den blir behandlet i alternativ 1 og 2. Bonden bruker altså det eksisterende lageret til å lagre bløtgjødselen som kontinuerlig produseres. Separeringen av bløtgjødselen i alternativ 1 og 2 krever at den våte og den tørre

¹ Skadefunksjonen er en adaptert versjon Bruke et al. (2015).

² SR RP står for short run, rich-poor countries pooled. Skadefunksjonen er å anse som et felles internasjonalt estimat på kort sikt.

fraksjonen lagres separat. Gitlesen et.al. (2019) anslår en investeringskostnad for tørrlager og våtlager på respektive 200 000 kr. Vi går ut ifra at lagrene har en levetid på 25 år og at det ikke påløper noen nevneverdige drifts- eller vedlikeholdskostnader før den tid. Lagringskostnadene for husdyrbonden på Kleppe vil både i alternativ 1 og 2 være begrenset til investeringskostnadene som er 400 000 kr.

Kornbonden på Kløfta må også lagre den tørre gjødselen. Vi antar at bonden ikke har noe lagerplass tilgjengelig fra før og må investere i et tørrlager til 200 000 kr.

3.2.2 Spredningskostnader

Kostnaden av å spre gjødselen på Kleppe antas å være den samme som i nullalternativet, ettersom vi antar at husdyrbonden kan bruke samme utstyr. Kornbonden på Østlandet tar både i alternativ 1 og 2 imot gjødsel som krever annerledes spredeutstyr enn kunstgjødsel. Vi antar at bonden ikke investerer i eget utstyr, men leier til en pris på 35 kr/t (Erlandsen et.al., 2019). Vi antar at hele den tørre fraksjonen av gjødselen i alternativ 1 og 2 spres på jordene til kornbonden på Kløfta. I alternativ 1 tilsvarer dette 164 t per år og i alternativ 2 er det 162 t per år. Med en kostnad på 35 kr/ t, blir spredningskostnaden henholdsvis 5740 kr og 5670 kr per år.

3.2.3 Behandlingskostnader

Bløtgjødselen blir i alternativ 1 og 2 separert ved hjelp av en separator. Investeringskostnaden til en separator er ifølge Gitlesen et. al. 300 000 kr. Dette er for øvrig en skrupresse og ikke en dekanteringssentrifuge. Ifølge personlig korrespondanse med Ola Hanserud (13.02.20) vil en dekanteringssentrifuge være betydelig dyrere. Vi antar at investeringskostnadene til en dekanteringssentrifuge vil være dobbelt så mye, altså 600 000 kr. I alternativ 2 går bløtgjødselen først gjennom en råtningsprosess i en biogassreaktor. Vi har ikke lyktes i å finne et prisestimat på en gårdsreaktor som behandler bløtgjødsel, og går derfor ut ifra investeringskonstanter til en våtreaktor som ifølge Gitlesen et.al. (2019) er 600 000 kr. Totale investeringskostnader for alternativ 2 vil være 1 200 000 kr.

Driftskostnaden til separatoren er utelukkende knyttet til energien som trengs for å drifte den, husdyrbondens arbeidskostnader er ikke inkludert i denne analysen. Hanserud et.al. (2017) anslår et energibehov på 4,3 kWh/t. Antatt samme energipris som Gitlesen et.al. (2019), på 1,1 kr/kWh blir driftskostnaden 5 nok/t. Vi går ut ifra at bløtgjødselen lagres i en måned før den går gjennom separatoren. Basert på tall fra Hanserud et.al. (2017) vil mengden gjødsel som går gjennom separatoren i alternativ 1 være 1189 t i løpet av et år. Driftskostnaden for et år vil være 5945 kr. I alternativ 2 er det bioresten etter utråtningsprosessen i reaktoren som separeres. Utråtningen reduserer volumet noe og driftskostnaden for separatoren vil derfor være noe lavere, 5845 kr per år.

I alternativ 2 påløper det også driftskostnader for biorektoren. Lyng et.al. (2018) sitt prisestimat korrigert for prisstigning fra 2017 til 2019 resulterer i driftskostnader på 31 500 kr/år for biorektoren alene, og 37 345 kr/år totale driftskostnader for alternativ 2. Gassrørledningsnettet i Rogaland er godt utbygd og vi antar at melkegården er koblet til røret til Klepp Energi som ifølge en rapport utarbeidet for Rogaland fylkeskommune har potensialet til å «anvendes som rågassnett for lokal produksjon av biogass sentralt på Jæren» (Pederstad, 2018. s.28) Vi antar at eventuelle kostnader i forbindelse med leveringen av rågassen er inkludert i prisen for rågass.

3.2.4 Transportkostnader

Både i alternativ 1 så vel som 2 blir den tørre fraksjonen etter separasjon transportert til Kløfta. Vi antar en avstand på 500 km og at gjødselen transporteres via vei. Vi antar at gjødselen kan transporteres med kapellbil, og at kapellbilen benyttes til returtransport fra Østlandet til Vestlandet med andre varer. Ved utnyttelse av returtransport kan en kapellbil transportere 35 t gjødsel per tur til en kostnad på 13,8 kr/km (Haugli et.al., 2018). Begge alternativene vil kreve at fem kapellbiler kjører fra Kleppe til Kløfta hvert år for å transportere gjødselen. Totalkostnaden for transport i alternativ 1 og 2 per tur blir 6900 kr, med en pris på 0,39 kr/t/km. Årlig blir transportkostnaden i alternativ 1 lik 31 980 kr og for alternativ 2 lik 31 590 kr.

4 Ikke-prissatte effekter

4.1 Metode

I denne seksjonen legger vi frem effektene av samfunnsøkonomisk betydning som ikke lar seg prissette, eller som befinner seg utenfor omfanget av denne analyse. Disse effektene påvirker komplekse sammenhenger der den enkelte konsekvensen er urimelig å tallfeste i kroner. Selv om ikke disse effektene er prissatt er de fortsatt av betydning for å bedømme både nytten og kostnadene ved gjenvinning av fosfor. For å synliggjøre omfang og betydning av ikke-prissatte effekter i en enhetlig og systematisk oversikt, anbefaler DFØ sin veileder for samfunnsøkonomisk analyse (2018) at pluss-minusmetoden brukes. Vedlegg 3 angir matrisen de enkelte effektene er vurdert ut ifra i denne analysen.

4.2 Nytte

4.2.1 Mindre eutrofiering

Jorda har en metningsgrad for næringsstoffer som fosfor og nitrogen, overskrides denne pga. overgjødsling blir overskuddet lett skylt bort med nedbør. Menneskelig forårsaket næringstilførsel til naturen, og særlig utslipp til vann, kalles for eutrofiering (Artsdatabanken, 2019). Som nevnt i innledningen er fosfor et essensielt næringsstoff og dets tilgjengelighet setter begrensninger for artssammensetningen i for eksempel

en innsjø. En næringsfattig innsjø gir livsgrunnlag til andre arter enn en veldig næringsrik innsjø, og det er denne naturlige diversiteten vi ønsker å ta vare på i Biomangfoldskonvensjonen Norge underskrev i 1993. I tillegg har Norge med innlemmelsen av vannforskriften i EUs rammedirektiv for vann i 2007 (Vannportalen, 2019) forpliktet seg til å jobbe for god økologisk status i alle landets vannforekomster.

En innsjø blir potensielt tilført næring fra mange ulike kilder, noen konkrete, slik som avrenning fra en bestemt gård, og andre mer diffuse, som for eksempel nitrogenutslipp som transporteres langveisfra med lufta. Økt næringstilførsel kan, særlig i stillestående innsjøer der sirkuleringen av vannet er minimalt, medføre oppblomstring av giftige cyanobakterier som også minker innsjøens rekreasjonsverdi. Farestveit, Møyland og Daae (2015) peker på fosforavrenning som en av de mest sentrale kildene til eutrofiering. Den eutrofierende effekten og dens konsekvenser vil ikke bare varierer med mengden fosfor som havner på avveie som del av avrenning, men er også sterkt avhengig av lokale variasjoner i bl.a. geologi, husdyrtetthet, topografi, nedbørsmengde og vegetasjon rundt vassdrag. Det er derfor utfordrende å kvantifisere de samlede konsekvensene av avrenning fra én gård. Kleppe ligger i den sørligste delen av nedbørsfeltet Figgjovassdraget. Dette er et prioritert nedbørsfelt i den regionale forvaltningsplanen fordi det har en høy grad av forurensning og samtidig bl.a. er et viktig habitat for den rødlistede arten elvemusling (Strand, 2018). En mulighet for å prissette eutrofiering av vassdraget er å undersøke folks villighet til å betale (WTP) for forbedret vannkvalitet og økt nasjonal bestand av elvemuslingen. Men innenfor tids- og ressursrammen til denne analysen har vi tatt følgende vurdering: Tiltakene i alternativ 1 og 2 fører til at den totale mengden avrenning på Kleppe blir mindre enn i nullalternativet fordi fosforet flyttes til Kløfta der jorden ikke er mett med fosfor. Under antagelsen om at alt overflødig fosfor som tilføres på Kleppe havner i lokale vassdrag, vil alternativ 1 og 2 redusere eutrofieringen med ca. 480 kg fosfor årlig. I tillegg vil bruken av organisk gjødsel som kilde til fosfor på Kløfta kunne redusere avrenning der også, ettersom fosforet er mindre utsatt for avrenning slik enn i mineralsk form. Redusert eutrofiering er en nødvendighet for at Norge skal kunne etterfølger mål og forpliktelser i vannforskriften, og effekten vurderes som av middels betydning for samfunnet. Siden reduksjonen i eutrofiering er veldig liten i et område med veldig mange kilder til eutrofiering vurderes omfanget av effekten som liten, men positiv. I sum vurderes konsekvensen som (+) for begge alternativer.

4.2.2 Økt matsikkerhet og selvforsyningsevne

Ved å redistribuere fosforet i husdyrgjødsel slik at det kan erstatte råfosfatbasert kunstgjødsel, kan ikke bare matproduksjonen opprettholdes, men også matsikkerheten økes. 75% av verdens gjenværende råfosfatreserver befinner seg i Marocco og Vest-Sahara (S. Van Kauwenbergh, 2013). Et norsk jordbruk mindre avhengig av råfosfat som fosforkilde er mindre sårbar for endringer i tilgjengeligheten av en ikke-

fornybar ressurs som kontrolleres av et fåtall land. Resirkulering av fosfor vil også bidra til at de globale råfosfatlagrene varer lengre.

Regjeringen har et uttalt ønske om å opprettholde høy grad av matsikkerhet og å øke selvforsyningsgraden (Regjeringen, 2018). Økt gjenvinning av fosfor sammenfaller med denne prioriteringen ettersom det er en av de viktigste innsatsfaktorene i jordbruket. Det er dog viktig å poengtere at gjenvinning av fosfor ikke nødvendigvis automatisk øker selvforsyningsgraden i norsk jordbruk. Dette er fordi «selvforsyningsgraden beskriver hjemmemarkedsandelen målt på energibasis, dvs. hvor mye av det vi spiser som er produsert i Norge» (Regjeringen 2019, s. 61). Derimot øker gjenvinningen av fosforet den teoretiske *selvforsyningsevnen* igjennom at jordbruket blir mindre avhengig av import av en essensiell råvare. Ved en global oppvarming på mer enn 1,5°C så anslås det opp mot 29% prisstigning på kornprodukter frem mot 2050, lavere næringsinnhold i jordbruksvarer og reduserte avlinger av noen av de viktigste artene som soya, mais, solsikker, hvete og ris (IPCC 2019, s. 453 – 454). Sett fra et nasjonalt sikkerhetspolitisk ståsted så vil økningen av selvforsyningsevnen ha stor potensiell betydning, ettersom matsikkerheten i fremtiden mest sannsynlig vil avta. Vi vurderer derfor denne effekten som av stor betydning. Derimot er omfanget av denne effekten svært lite gitt scenariene i denne analysen. Importen og substitusjonen av råfosfat påvirkes ikke nevneverdig av at én gård begynner å bruke husdyrgjødsel istedenfor. Effekten anslås derfor som liten, men positiv (+) for begge alternativer.

4.2.3 Tilførsel av organisk materiale

I nullalternativet gjødsler kornbonden på Kløfta jordene sine med kunstgjødsel. Kunstgjødsel inneholder alle nødvendige plantenæringsstoffer, men tilfører ikke jorda organisk materiale. Organisk materiale er organiske karbonforbindelser. Karbon som er bundet i jorda bidrar ikke til oppvarming i atmosfæren. Andelen organisk materiale i jorda er altså noe vi ønsker å øke i et klimaperspektiv. Når husdyrgjødsel spres på jordene bindes en del av karbonet fra husdyrgjødselen i jorda. Denne nytten inngår i karbonregnskapet som er prissatt i delkapittelet om klimagassutslipp.

Når det dyrkes på jord uten at organisk materiale tilføres, vil matjorda over tid utarmes. En viss andel organisk materiale i jorda, også kalt humus, er altså helt nødvendig for å kunne produsere mat. En høy andel av organisk materiale er også positivt for jordstrukturen, ved at det øker jordas evne til å holde på vann og næringsstoffer og minker faren for erosjon (NIBIO, 2017). Det er derfor en korrelasjon mellom økt andel humus i jorda og økt langsiktig matsikkerhet, samt økt motstandsdyktigheten i lys av et mer ekstremt klima.

I alternativ 1 og 2 gjødsler kornbonden med husdyrgjødsel som inneholder organisk materiale. En mulig metode for prissetting ville vært å undersøke hvor mye penger kornbonden bruker på å kjøpe jordforbedringsprodukter som husdyrgjødselen substituerer. Den faktiske innvirkningen på avlingene vil

avhenge av flere faktorer, som bl.a. metodene som kornbonden bruker for jordbearbeiding, og kvantifiseres derfor ikke her. Betydningen av en langsiktig levende og produktiv matjord vurderes som stor. Tilførsel av organisk materiale i et område som Kløfta, der intensivt jordbruk bygger ned humusinnholdet i jorda, vurderes som positiv. Det finnes derimot alternative måter for kornbonden å øke humusandelen på, og hvor stor jordforbedringseffekten faktisk er, er usikkert. Omfanget vurderes derfor som intet og konsekvensen vurderes som null (0) for begge alternativene.

4.2.4 Substitusjon av nitrogen og kalium

Utover fosfat har kugjødsel også en viss evne til å substituere bruken av både nitrogen og kalium, men det er ikke en perfekt substitutt. Kugjødsel inneholder nemlig ikke nok av de to sistnevnte. Dermed ville ekstra kalium og nitrogen måtte brukes i tillegg. Det er heller ikke klart hva slags besparelser denne substitusjonseffekten vil føre til, da vi mangler betalingsvillighetsdata for kumøkk og dette ligger utenfor dette prosjektets definisjonsramme. Dermed setter vi denne effekten under ikke-prissatt. Betydningen av denne substitusjonseffekten vil være liten, men positiv for gården på Kløfta. Omfanget vil være null og dermed er den totale vurderingen av effekten (0) i begge alternativer.

4.3 Kostnader

4.3.1 Økt veitransport

Verdikjeden i alternativ 1 og 2 vil føre til økt veitransport. Dette fører igjen til økt drivstoff forbruk og andre negative eksternaliteter av veitransport som partikkelforurensning og mikroplast fra dekkene. Begge alternativene medfører en reisevei på ca. 500 km og at fem 35 t kapellbiler tilbakelegger denne distansen. I følge Hanserud et.al. (2017) så vil det totale utslippet av livssyklusen være lavere i både alternativ 1 og 2 jamfør nullalternativet. Men siden det kun er snakk om 5 lastebiler så er både de negative effektene av mer veitransport og de positive effektene av mindre klimagassutslipp så små at konsekvensen anses å være av null betydning og omfang. Total vurdering av konsekvenser er derfor null (0).

4.3.2 Økt jordpakking

I alternativ 1 og 2 sprer kornbonden på Kløfta rundt 163 tonn husdyrgjødsel i året. Kun 344,4 kg av dette er fosfor. I nullalternativet sprer kornbonden kun kunstgjødsel som har en omtrentlig vekt på 6,3 t. Vi antar et behov for tilførsel av 105 kg nitrogen og 50 kg nitrogen per hektar (Hanserud et.al., 2017). Ettersom husdyrgjødselen inneholder neglisjerbare mengder nitrogen og kalium må disse tilføres jordet i tillegg til de 163 t med husdyrgjødsel. I alternativ 1 og 2 sprer bonden følgelig 162,6 t mer masse på jordene sine enn i nullalternativet. Dette medfører økt jordpakking som følge av tyngre lass og flere turer med traktoren på jordet enn i nullalternativet. Høy grad av jordpakking har negative konsekvenser for plantenes rotvekst,

evnen til å binde karbon og biodiversitet i jorden, og øker risikoen for erosjon og avrenning. Spredning av gjødsel på Kløfta foregår om våren og da er jorda spesielt utsatt for pakking ettersom den ofte fortsatt er våt fra vinteren og sesongen typisk har mye nedbør (Schärer, 2016). Langvarige pakkeskader kan potensielt nulle ut verdien av å bruke organisk gjødsel. Matjord med god kvalitet og produksjonsevne vurderes som av stor betydning for samfunnet. Økt jordpakking har en stor negativ påvirkning på matjordas kvalitet, men grunnet prosjektets størrelse vurderes omfanget som lite negativt. Den totale vurderingen av effekten blir derfor én minus (-).

4.3.3 Biologisk forurensning

Kugjødsel inneholder potensielt sopp, bakterier og virus som kan være skadelig for planter og mennesker. I tillegg kan ugressfrø fraktes med kugjødselen. Råteprosessen i alternativ 2 reduserer mengden potensielle skadegjørere, men eliminerer ikke alle (Holgado, 2018). I alternativ 1 og 2 vil det følgelig være en mulighet for at spredning av husdyrgjødsel på Kløfta medfører helsemessig risiko og økonomiske tap grunnet biologisk forurensning. For å minimere den hygieniske risikoen stilles det krav til hygienisering av organiske gjødselprodukter som ikke brukes på eget eller leid areal (Forskriften om organisk gjødsel, 2003). Vi antar at skadeeffekten er tilnærmet null dersom myndighetenes krav følges. Derfor vurderes betydningen av effekten som liten og omfanget som intet. Konsekvensen vurderes som null (0).

4.4 Totalvurdering av ikke-prissatte effekter

Tabell 2 viser utredningen av ikke-prissatte effekter i en konsekvensmatrise. Konsekvensvurderingen for den enkelte effekten er et resultat av en vurdering av effektens betydning og omfang gitt alle antagelser som er gjort, og sett i forhold til nullalternativet. Både alternativ 1 og 2 er en positiv totalvurdering (+). Flertallet av de ikke-prissatte effektene har blitt vurdert som uten noe nevneverdig konsekvens. Dette er først og fremst et resultat av prosjektets skala, som i et samfunnsmessig perspektiv vil ha konsekvenser av svært begrenset omfang. Effektene “mindre eutrofiering” og “økt matsikkerhet og selvforsyningsgrad” har allikevel blitt vurdert som av stor nok betydning til at de har fått en konsekvensvurdering som liten positiv konsekvens (+). “Økt jordpakking” har blitt vurdert som lite negativt (-).

Tabell 2: Totalvurdering av ikke-prissatte effekter

	<i>Alternativ 1</i>			<i>Alternativ 2</i>		
	<i>Betydning</i>	<i>Omfang</i>	<i>Konsekvens</i>	<i>Betydning</i>	<i>Omfang</i>	<i>Konsekvens</i>
<i>Mindre Eutrofiering</i>	Middels	Lite positivt	+	Middels	Lite positivt	+
<i>Økt matsikkerhet og selvforsyningsevne</i>	Stor	Lite positivt	+	Stor	Lite positivt	+
<i>Tilførsel av organisk materiale</i>	Stor	Intet	0	Stor	Intet	0
<i>Substitusjon av nitrogen og kalium</i>	Liten	Intet	0	Liten	Intet	0
<i>Økt veitransport</i>	Intet	Intet	0	Intet	Intet	0
<i>Økt jordpakking</i>	Stor	Lite negativt	-	Stor	Lite negativt	-
<i>Biologisk forurensing</i>	Intet	Intet	0	Intet	Intet	0
<i>Samlet konsekvensutredning</i>			+			+

5 Netto nåverdi

For å kunne sammenligne nytte og kostnader som opptrer i ulike tidsperioder, skal man ifølge Finansdepartementet (2014) redusere fremtidige beløp med en kalkulasjonsrente som for hvert år fra begynnelsen av prosjektet, reduserer beløpet med en viss prosent. Årsaken til denne diskonteringen er at man som regel står overfor et valg når man skal investere penger. La oss for eksempel si at man kan investere penger i enten prosjekt A eller i prosjekt B. Prosjekt A innebærer å betale en sum nå, for å avverge en miljøkostnad senere. Prosjekt B innebærer å investere den samme summen som i prosjekt A, men denne gangen med avkastning over tid. Hvis avkastningen er stor nok til at man kan kompensere for miljøkostnaden senere, lønner det seg å velge prosjekt B, hvis den derimot ikke er det, lønner det seg å velge prosjekt A. Vi diskonterer altså framtidig netto nytte for å vurdere det opp mot alternativkostnaden, som er den alternative bruken av ressursene i prosjektet.

I litteraturen finner man imidlertid ulike forklaringer på hvorfor man skal diskontere fremtiden, og begrunnelsen om alternativkostnad som beskrevet ovenfor, hviler også på noen antagelser om substitusjonsforholdet mellom ulike former for kapital og offentlige prosjekters “crowding out”-effekt på privat investering (Angelsen, 1992). Vi forholder oss imidlertid i denne analysen til Finansdepartementets rundskriv (2014) og benytter oss av en diskonteringsrate på fire prosent. Denne vil vi i usikkerhetsanalysen justere for å se hvilke effekter en høyere eller lavere diskonteringsrate vil ha for netto nåverdien av prosjektet.

For å diskontere et fremtidig beløp bruker vi formelen:

$$Nåverdi = \frac{X}{(1 + r)^t}$$

Hvor x er beløpet som opptrer i år t med en diskonteringsrate lik r. Når vi skal diskontere flere beløp over ulike tidsperioder, summerer vi alle de diskonterte beløpene over perioden. I denne analysen estimerer vi nytte og kostnader og er derfor interessert i å diskontere netto nytte over prosjektets levetid. Nåverdien av nettonytten (NNV) uttrykker vi som:

$$NNV = \sum_{t=0}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1 + r)^t}$$

Hvor B_t og C_t er henholdsvis nytten og kostnaden i periode t, og r er diskonteringsraten. I vår oppgave er t_0 satt til år 2020 og T er lik 15 slik at levetiden på prosjektet er på til sammen 15 år, om man regner år 0 som det første året. For alternativ 1 kommer vi fram til en netto nåverdi på -1 033 897 kr og for alternativ 2 kommer vi fram til en netto nåverdi på 15 754 892 kr. Det er åpenbart at av de to alternativene vi har analysert, så kommer alternativ 2 best ut. Dette er i all hovedsak på grunn av nytten som oppstår ved redusert lukt på Kleppe, men også noe på grunn av biogassen som produseres i alternativ 2. Ikke bare er alternativ 2 å foretrekke framfor alternativ 1, nullalternativet kommer også bedre ut enn alternativ 1 ettersom kostnadene forbundet med å distribuere gjødselen slik det blir gjort i alternativ 1, er større enn nytten. Det er imidlertid ikke gitt at alternativ 2 er det beste alternativet som finnes. Det eneste vi kan si etter å ha konkludert denne analysen, er at av de to vi har analysert, så gir alternativ 2 høyest netto nåverdi.

6 Usikkerhetsanalyse

I en samfunnsøkonomisk analyse er man nødt til å estimere en del størrelser som for eksempel fremtidige priser og verdien av effekter som ikke prissettes i noe marked. I forbindelse med slike estimater vil det kunne oppstå betydelig usikkerhet. Hva er egentlig effekten av redusert eller økt lukt? Hvor sikre er vi på disse estimatene og hvordan vil analysen se ut om vi har over- eller undervurdert noen estimater? I denne

delen vil vi justere på noen av de mest usikre estimatene for å se hvor utslagsgivende usikkerhet om noen av de anslåtte beløpene vil være for analysen.

De effektene som innebærer størst usikkerhet er de som enten spår en prisutvikling i en vare eller tjeneste som er utsatt for store variasjoner eller rask teknologiutvikling, og de effektene som ikke lar seg kvantifisere gjennom et marked. I denne analysen vil vi derfor se på usikkerheten knyttet til tallene for verdien av reduserte klimagassutslipp, redusert lukt, endringer i investeringskostnader og endret pris på råfosfat. Av de ikke-prissatte effektene vil vi ta for oss eutrofiering, jordpakning og økt tilførsel av organisk materiale.

6.1 Prissatte effekter

6.1.1 Justering av karbonpris

For ethvert estimat for den marginale skadevirkningen av klimagasser så eksisterer det usikkerhet ved prisen. Dette er knyttet til klimasystemets mangfoldige og komplekse mekanismer. Ettersom karbonprisingen i denne analysen baserer seg på Ricke et.al. (2018) sine beregninger for karbonkostnad, så følger det at vi baserer usikkerheten i skadeomfanget som følge av klimagassutslipp på deres analyse i tillegg. De oppgir et 66% konfidensintervall for prisestimatene deres for alle scenarier. Prismessig strekker intervallet i scenario SSP2/RCP 6 seg fra 1004 kr og opp til om lag 8036 kr pr tonn CO₂. Tabell 3 viser endringen i nåverdien for både alternativ 1 og 2 gitt endringer i skadekostnaden.

Tabell 3: Variasjon i netto nåverdi som følge av endring i marginal skadekostnad av CO₂e utslipp

	<i>Alternativ 1</i>			<i>Alternativ 2</i>		
	Høy	Median	Lav	Høy	Median	Lav
<i>Prosent</i>	192 %	100 %	24 %	192 %	100 %	24 %
<i>Total skadekostnad pr år</i>	kr 110 699	Kr 57 702	kr 13 837	kr 348 702	kr 181 761	kr 43 588
<i>Netto nytte</i>	- kr 421 065	- kr 1 033 879	- kr 1 701 094	kr 17 685 255	kr 15 754 892	kr 14 157 177

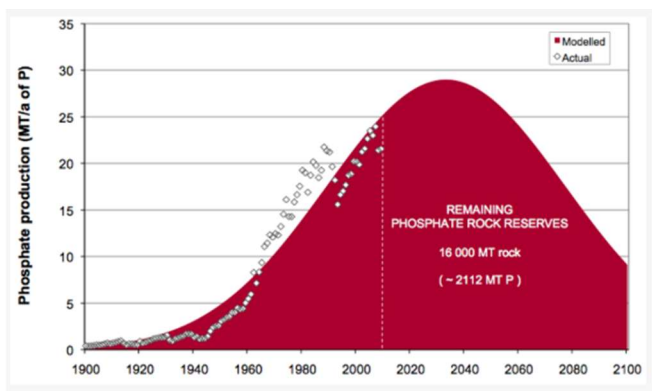
Vi observerer at alternativ 1 ikke er spesielt følsomt for de store endringene i prisen på karbon. Dette er naturlig da alternativ 1 kun fører til 20kg spart utslipp av CO₂e per tonn gjødsel, og alternativ 2 fører til 63 kg spart CO₂e utslipp per tonn gjødsel. Videre så kan man konkludere at alternativ 1 ikke får en positiv balanse selv ved bruk av en svært høy karbonpris. Alternativ 2 derimot vil ha en relativt stor positiv balanse

selv med den store variasjonen i marginal skadekostnad. I vedlegg 4 viser vi en utvidet versjon av tabell 3. Her kommer det frem at utfallet i alternativ 1 og 2 ikke endres selv om den marginale skadekostnaden er 0. Nåverdien viser liten grad av sensitivitet for endret marginal skadekostnad.

6.1.2 Endret pris på råfosfat

En av hovedmålene med tiltakene i alternativ 1 og 2 er å minke mengden råsfosfat Norge importerer til bruk i matproduksjon. I analysen vår ser vi at nytten av redusert mengde importert råsfosfat i begge alternativene er relativt liten. Nytten er en god del mindre utslagsgivende enn andre effekter for alternativenes totale netto nåverdi, og usikkerheter rundt den antatte prisen må følgelig være ganske stor for å endre på lønnsomheten. Siden effekten er en såpass sentral motivasjon for hele analysen, diskuteres effekten som del av usikkerhetsanalysen.

Råvareprisen for råsfosfat vil som andre råvarer på verdensmarkedet, være dynamisk som følge av svingninger i produksjon og etterspørsel. Vi går ut ifra at Verdensbanken tar hensyn til nåværende geopolitiske trender i sine estimater for råsfosfatprisen mellom 2020 og 2034, så selv om råvaren vurderes som sårbar for slike, antar vi at estimatet vi har brukt er relativt sikkert i forhold til det. Råsfosfat er som nevnt en ikke-fornybar kilde til fosfor med svært begrensede globale forekomster. Prisutviklingen vil avhenge av når det antas at produksjonen går ned ikke på grunn av endret etterspørsel, men fordi reservene begynner å bli tomme. Figur 2 viser en forventet utvikling i den globale produksjonen av råsfosfat med en topp i 2033. Usikkerhet i prisutviklingen etter toppen er svært stor. Ettersom toppen er forventet for 2033 ligger usikkerheten hovedsakelig utenfor levetiden lagt til grunne for dette prosjektet. Usikkerheten blir imidlertid mer relevant dersom man tar for seg nasjonale interesser og et tidsperspektiv som går forbi 2035. Figur 2 viser en nedgang i produksjon etter 2033 som kan tenkes å føre til en signifikant prisøkning dersom ikke etterspørsel minker betraktelig i takt med produksjonsfallet. En høyere pris på råsfosfat vil gjøre det mer lønnsomt å resirkulere fosfor fra husdyrgjødsel.



Figur 2. Forventet utvikling global råsfosfat produksjon og gjenværende reserver (Cordell & White, 2011).

6.1.3 Boligpriser ved reduksjon av lukt

Som det fremgår av beregningen av netto nåverdien ligger mye av lønnsomheten av alternativ 2 i luktreduksjonen på Kleppe. Denne har blitt prissatt gjennom økt boligverdi i området som følge av redusert lukt. Ettersom denne effekten er såpass utslagsgivende for den totale nytten av alternativet og er prissatt med anslag som er overført fra et annet land, er det hensiktsmessig å gjennomføre en usikkerhetsanalyse. Reduksjonen i luktgruppe fra OD2 (middels luktplager) til OD0 (ingen luktplager) i alternativ 2 anses som rimelig sikker. Påvirkningen av ulike prosentvise endringer i boligpris som følge av luktreduksjon er illustrert i tabell 4.

Tabell 4. Endring i nytte av redusert lukt som følge av endret estimat av prosentvis boligprisøkning på Kleppe og resulterende endring i netto nåverdi for alternativ 2.

	<i>Optimistisk verdi</i>	<i>Forventet verdi</i>	<i>Lav verdi</i>	<i>Pessimistisk verdi</i>
<i>Prisvekst</i>	6 %	5 %	1 %	0 %
<i>Total boligverdiøkning</i>	kr 18 391 308	kr 15 326 090	kr 3 065 218	kr -
<i>Netto nåverdi</i>	kr 18 820 015	kr 15 754 892	kr 3 493 925	kr 428 707

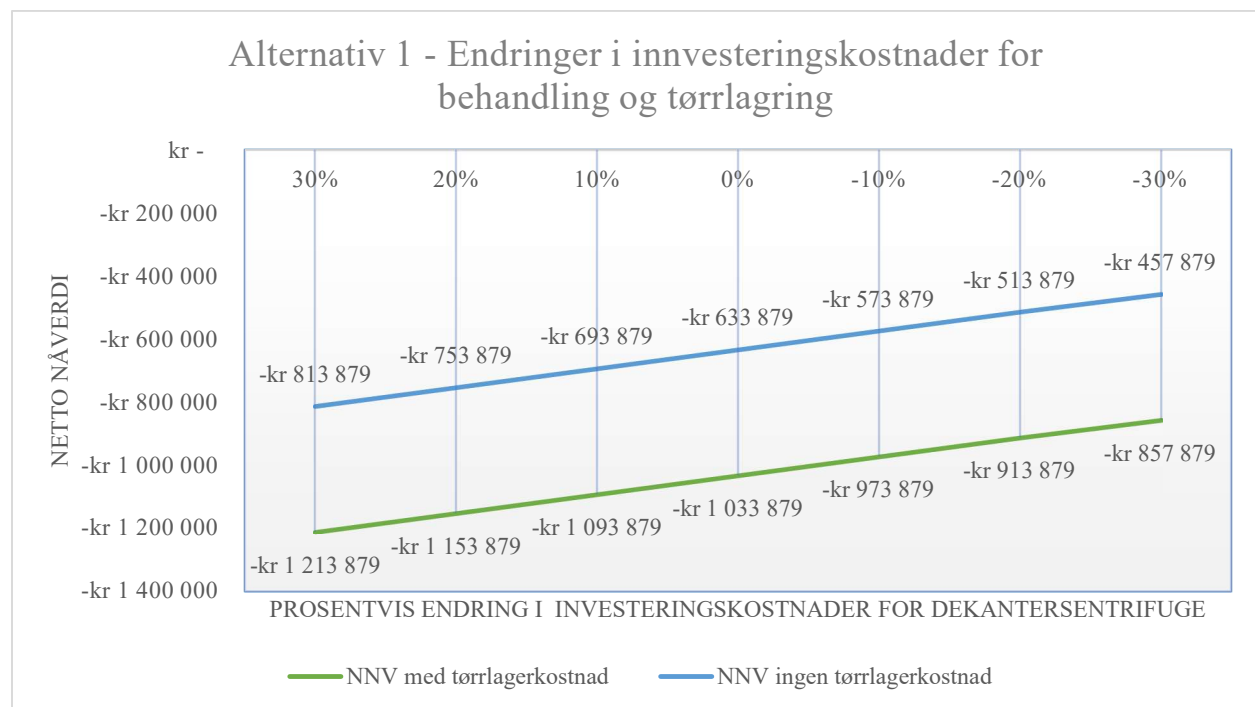
I analysen har vi, basert på Eyckmans et.al. (2011), regnet med en forventet prisøkning på 5% og følgelig en nytte på 15 326 090 kr. Hvor usikkert dette estimatet er vurderes ut ifra hvor stort utslag en prosentvis endring i pris har på alternativets netto nåverdi. Det kan være at boligkjøpere på Kleppe verdsetter en reduksjon i lukt mer eller mindre enn de gjør i Flanders i Belgia der studien til Eyckman ble gjennomført. Hvor følsom netto nåverdien er for en prisøkning på 1% mer enn forventet økning og 4% mindre enn forventet økning vises av differansen mellom netto nåverdien for de ulike estimatene. Selv under det mest pessimistiske estimatet av nytten av redusert lukt på Kleppe, så vil alternativ 2 fortsatt ha en høyere netto nåverdi enn alternativ 1. Vi observerer også at nåverdien er svært sensitiv for endringer i boligpris og at mesteparten av nytten observert i alternativ 2 stammer fra denne effekten.

6.1.4 Investeringskostnader

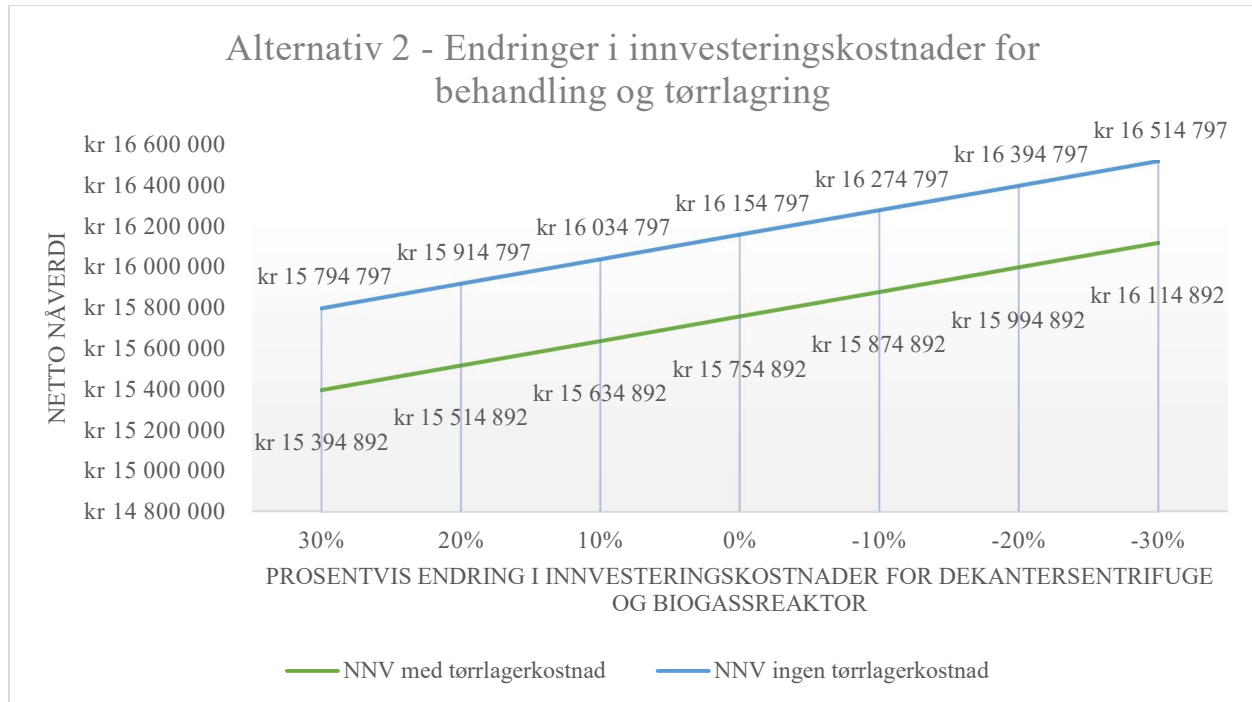
Investeringskostnadene for behandling og lagring av gjødsel er engangskostnader som påløper det første året. Det er relativt stor sikkerhet knyttet til lagerkostnadene ettersom de ikke innebærer en estimering av fremtidige priser og at man allerede har god oversikt over prisestimer for å bygge lagrene. Behandlingskostnadene knyttet til dekanteringssentrifugen derimot er det knyttet en viss mengde usikkerhet

til ettersom teknologien på dette området ikke er spesielt moden (Personlig korrespondanse med Knut Vasdal, 30.03.2020). Hvorvidt prisene på både dekanteringssentrifuge og biogassreaktor vil holde seg på dagens nivå eller om de vil synke i fremtiden, slik som man har observert i prisene på solcellepaneler og vindmøller kan ikke fastslås. Innkjøpsprisen eksisterer det også noe usikkerhet rundt. Gitt denne usikkerheten så bruker vi en 30% økning og reduksjon i pris på investeringskostnadene. Videre så er antagelsen om at alternativene medfører en investering i tørrlager for begge partene er noe usikker, ettersom loven tillater lagring av gjødselvarer med mer enn 25% tørrstoff (dette er tilfellet i begge alternativ) direkte på bakken. (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). Det presiseres for øvrig også her krav som kan medføre investeringskostnader for å skjerme gjødelsen fra overflatevann og nedbør. I figurene under vises endringene i nåverdi gitt endringene i pris på investeringskostnader og med og uten kostnadene til tørrlager, den reelle investeringskostnaden vil sannsynligvis ligge i intervallet angitt.

Figur 3. Endringer i netto nåverdi av alternativ 1 ved endrede investeringskostnader.



Figur 4. Endring i netto nåverdi av alternativ 2 ved endrede investeringskostnader.



Vi observerer at selv med en prisendring på 30% og uten tørrlagerkostnad så vil alternativ 1 fortsatt medføre større prissatte kostnader enn nytte. Alternativ 2 vil opprettholde sin høye nytteverdi og den eneste forskjellen her er at med en 30% reduksjon i pris på investeringskostnadene av dekantersentrifugen og biogassreaktoren og ingen kostnader til tørrlager så blir tiltaket mye billigere spesielt for bonden på kløfta. Men sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er det ikke her mesteparten av nytteverdien kommer fra. Ettersom kostnaden av tørrlageret fjernes fra begge alternativene, vil ikke lønnsomhetsforholdet mellom de to alternativene endres. Endringen av driftskostnadene for dekanteringssentrifugen og biogassreaktoren vurderes som ikke tilstrekkelig for å endre lønnsomheten til alternativene.

6.2 Ikke prissatte virkninger og usikkerhet

6.2.1 Eutrofiering

Vi har vurdert konsekvensen av redusert eutrofiering til én pluss (+) for begge alternativene. Den positive effekten beror derimot på antagelsen om at den mengden fosfor som fjernes fra Kleppe og spres på Kløfta ikke fører til eutrofiering i alternativ 1 og 2 og at den ville ført til eutrofiering i nullalternativet. Videre krever en positiv vurdering av effekten en antagelse om at eutrofiering på Kleppe har negative effekter på den økologiske statusen til vassdragene i området. Ettersom avrenning og eutrofiering på Jæren er et kjent problem, hadde det ikke vært urimelig å anta at husdyrbonden allerede har gjort tiltak for å minimere avrenning fra jordene. Bedret drenering, fangdammer og etablering av vegetasjonssoner er miljøltiltak som

bonden kan få tilskudd til gjennom for eksempel SMIL (Tilskudd til spesielle miljøtiltak i jordbruket). I alternativ 1 og 2 spres det like mye husdyrgjødsel og fosfor som i nullalternativet, mengden fosfor som potensielt kan føre til eutrofiering er altså ikke redusert. Hvor mye omfordelingen har å si for omfanget av redusert eutrofiering er usikkert og avhengig av flere faktorer enn de som er vurdert her. Vi vurderer det som sannsynlig at effekten på eutrofiering ligger i spennet mellom null og én pluss (0/+).

6.2.2 Jordpakking

Vi har vurdert konsekvensen av økt jordpakking på Kløfta til én minus (-) for begge alternativene. Det er bred enighet i litteraturen om at jordpakking påvirker matjordas kvalitet negativt. Antagelsen om at jorda på Kløfta blir mer komprimert enn i nullalternativet er også rimelig, ettersom rundt 160 t mere masse blir transportert rundt på jordene. Om disse 160 t per år har en merkbar negativ effekt på avlingen innenfor tidsrammen til prosjektet er derimot vanskelig å si og avhenger blant annet av hvor våt jorda er når gjødselen spres. Den negative effekten vil veie tyngre i et mer langsiktig jordforvaltningsperspektiv, ettersom pakking over lengre tid er mest problematisk. Betydningen av levende matjord vurderer vi som stor, usikkerheten ligger i vurderingen av omfanget, altså i hvilken grad de tiltakene som er vurdert her påvirker matjordas kvalitet negativt. Det er derfor mulig at effekten ligger mellom null og én minus (0/-).

6.2.3 Tilførsel av organisk materiale

Vi har vurdert konsekvensen av tilførsel av organisk materiale til matjorda på Kløfta til null (0). Det er hovedsakelig stor usikkerhet knyttet til omfanget av effektens betydning for jordkvaliteten. Matjord av god kvalitet er resultatet av finstemte og svært komplekse biologiske prosesser og deres samspill med de uorganiske komponentene i jorda, vannet og lufta. Organisk materiale er viktig for livet i jorda som igjen påvirker plantenes trivsel. Hvor mye betydning som tillegges jordas egen evne til å forsørge avlingene med næring, luft og vann vil avhenge av hva slags landbruk en driver, men effekten vil uansett ikke være negativ for kornbonden på Kløfta. Hvilken virkning tilførsel av organisk materiale i form av husdyrgjødsel har på den enkelte gården er avhengig av jordas forutsetninger og agronomisk praksis. Vi vurderer det som mulig at konsekvensen ligger i spennet mellom null og to pluss (0/++).

6.2.4 Andre ikke-prissatte effekter

De resterende effektene vi har vurdert konsekvensene av er ikke inkludert i usikkerhetsanalysen. Dette er fordi vi vurderer usikkerheten knyttet til dataene under antagelsene som er lagt til grunne for vurderingene som lav. Vi vurderer redegjørelsen skrevet i kapittel 4 som utfyllende for disse effektene. Basert på usikkerhetsanalysen ligger totalvurderingen av ikke-prissatte effekter i spennet mellom null og fire pluss (0/++++).

Hvilke ikke-prissatte effekter som er inkludert i denne analysen er basert på data og bakgrunnsinformasjon samlet med et relativt begrenset tidsbudsjett. Med mer tid og ressurser til rådighet ville en ekspertvurdering vært å foretrekke, men vi er allikevel trygge på at antagelser og vurderinger har blitt gjort rede for på en tilfredsstillende måte.

6.3 Oppsummerende om usikkerhetsanalysene

Oppsummert er analysen mest sensitiv for boligprisendringer. Videre så viser analysen middels sensitivitet i endring av investeringskostnader, liten sensitivitet mot endringer i marginal skadekostnad av klimagassutslipp og nærmest ingen sensitivitet mot endringer i fosfatprisen i løpet av prosjektets levetid. Det ble også utført usikkerhetsanalyser på forlengelse av levetiden på prosjektet, endring i kjøpsprisen på rågass og endret transportrekkevidde. Ettersom kostnadene og nytten fra endring disse effektene ikke endret utfallet på analysen på noen nevneverdig måte ble de ikke tatt med. Dette har å gjøre med at mesteparten av både kostnadene og nytten i begge alternativ består av investeringskostnader og økning i boligverdier. Begge disse effektene inntreffer også i startåret av analysen ($t = 0$) så deres effekt diskonteres ikke heller. Det skal dog nevnes at endringer i investeringskostnader vil ha mye å si for den enkelte bonde både på kløfta og på kleppe, og med store nok endringer på dette feltet så vil alternativ 2 kunne bli bedriftsøkonomisk lønnsomt.

7 Fordelingseffekter

En samfunnsøkonomisk analyse skal vise om et tiltak er lønnsomt for samfunnet som helhet. Effektene av tiltakene kan imidlertid påvirke grupper i samfunnet ulikt. Ifølge Finansdepartementet (2014) skal det vurderes i hvilken grad fordelingseffekter bør beskrives og dersom det vurderes som nødvendig gjøres rede for hvordan effektene fordeles mellom de ulike interessegruppene. I tillegg skal behovet for kompensasjon vurderes.

Denne analysen fokuserer på en verdikjede som går fra en bestemt melkegård i Kleppe og til en bestemt korngård på Kløfta. Bøndene er dermed de to interessegruppene som blir berørt mest av flest effekter. I alternativ 1 så vel som 2 påløper det store investeringskostnader, transport og behandlingskostnader for bøndene, og i særlig stor grad bonden på Kleppe. Samtidig drar bøndene også nytte av tiltakene, melkebonden blir kvitt overskuddsgjødselen sin, og kan gjødsle jordene sine med et gjødselprodukt som er bedre tilpasset avlingenes behov. I tillegg kan bonden selge rågass i alternativ 2. Kornbonden bruker samlet sett ikke mindre penger på gjødslingen enn før, men kan bedre kvaliteten på jorda si. Den største nytteeffekten av alternativ 2, antatt økning i boligpris, er begrenset til lokalbefolkningen på Kleppe. Mindre eutrofiering er også en nytte som først og fremst til gode kommer befolkningen rundt Kleppe. Mindre utslipp av klimagasser og økt selvforsyningssevne er en nytte for det norske samfunn generelt. Den største

delen av nytten i alternativ 1 og 2 tilfaller det norske samfunn og befolkningen som bor på Kleppe. Kostnadene av prosjektet faller i aller største grad på bøndene som spesielt i begge alternativ har store investeringskostnader. Gitt det skjeve forholdet mellom nytten bøndene får av tiltakene og kostnadene de står ovenfor, finnes det et godt samfunnsøkonomisk argument for å kompensere bøndene slik at tiltaket i det minste ikke er et bedriftsøkonomisk tapsprosjekt.

8 Konklusjon

I denne analysen har vi sett på den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av å omfordele fosfor fra husdyrgjødsel fra et område med overskudd til et område med underskudd for å kunne nyttiggjøre seg av ressursoverskuddet. Vårt beslutningskriterie har vært netto nåverdi og vi har funnet at en prosessering av gjødselen på Kleppe før den transporteres til Kløfta for videre bruk, gir en netto nåverdi på 15 754 892 kr. En distribusjon av gjødselen uten uträttning på Kleppe vil gi en negativ netto nåverdi på 1 033 878 kr. Denne forskjellen skyldes i all hovedsak nyttegevinst av redusert lukt i alternativ 2, som man ikke finner i alternativ 1.

Netto nåverdien av de to tiltakene sier kun noe om lønnsomheten av å omfordele fosfor fra én fiktiv gård på Vestlandet til én fiktiv gård på Østlandet. Vi kan derfor ikke konkludere noe om lønnsomheten av å omfordele alt overflødig fosfor fra Vestlandet til Østlandet. Dersom flere husdyrgårder i Rogaland går sammen om å behandle gjødselen sin, slik at den kan transporteres til Østlandet, kan en anta at behandlingskostnadene synker som følge av sentralisert behandling. Dersom mer overskuddsfosfor transporteres og brukes på Østlandet vil mer råfosfat erstattes. Med avtagende globale fosfatreserver vil nytten av redusert norsk råfosfatavhengighet antageligvis øke ila. de neste 50 årene.

9 Referanser

Angelsen, A. 1991. Cost-Benefit Analysis, Discounting, and the Environmental Critique: Overloading of the Discount Rate? R 1991:5. Bergen: Chr.Michelsen Institute Department of Social Science and Development

Artsdatabanken. 2019. 7EU Eutrofiering. Beskrivelsessytemer for natursystemer. Et underklassifisering av tilstandsvariasjon. Tilgjengelig fra: <https://www.artsdatabanken.no/Pages/181914/Eutrofiering> (Lest: 04.05.20)

Blytt, L.D., Brod, E., Øgaard, A.F., Johannessen, E., Estevez, E.M.E., Paulsrud, B. (2017). Bedre utnyttelse av fosfor, M-846|2017. Rapport på oppdrag fra Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M846/M846.pdf> (lest: 30.03.20)

Brod, E. 2016. The recycling potential of phosphorous in secondary resources. PhD thesis Norwegian University of Life Sciences, Ås.

Brod, E. 2018. Manure-based recycling fertilisers. A literature review of treatment technologies and their effect on phosphorus fertilisation effects. NIBIO rapport, vol. 4, no.91, 2018. N I NIBIO report |

Burke, M., Hsiang, S. M. & Miguel, E. 2015. Global non-linear effect of temperature on economic production. Nature, 527, 235-239.

Cordell D. & White, S. 2011. Peak Phosphorus: Clarifying the Key Issues of a Vigorous Debate about Long-Term Phosphorus Security. Sustainability 2011, 3(10), 2027-2049.

Cordell, D., Drangert, J.-O. & White, S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. Global Environmental Change, 19, 292-305.

Cordell, D., Drangert, J.-O., & White, S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought.

US Department of Labour. 2020. CPI Inflation calculator. Tilgjengelig fra: <https://data.bls.gov/cgi-bin/cpicalc.pl> (lest 2020).

Direktoratet for økonomistyring (DFØ). 2018. Veileder i samfunnsøkonomiske analyser. Tilgjengelig fra: <https://dfo.no/filer/Fagomr%C3%A5der/Utreddinger/Veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser.pdf>

Erlandsen, A. E., Haavardsholm, O., Rosnes, O., Skjelvik, J.M., Skøien, S. 2019. Samfunnsøkonomisk analyse av økt bruk av biorest som klimatiltak. Vista analyse, 2019/41. Tilgjengelig fra:

https://www.vista-analyse.no/site/assets/files/6748/va-rapport_2019-41_samfunnsokonomisk_analyse_av_okt_bruk_av_biorest_som_klimatiltak-1.pdf (lest: 29.04.20)

Eyckmans, J., De Jaeger, S. & Rousseau, S. 2011. Hedonic valuation of odor nuisance using field measurements, a case study of an animal waste processing facility in Flanders. Hogeschool-Universiteit Brussel, Faculteit Economie en Management.

Farestveit, T., Møyland, E. & Daae, I. A. 2015. Bedre utnyttelse av fosfor i Norge (Rapport nr. M-351). Oslo: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M351/M351.pdf> (lest: 04.05.20)

Finansdepartementet. 2014. Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv. (Rapport nr. R-109/14). Oslo: Statsministerens kontor.

Forskrift om hold av storfe. 2004. Forskrift om hold av storfe av 22.04.2004 - 665. Tilgjengelig fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-04-22-665#KAPITTEL_3 (lest: 06.04.2020)

Forskrift om organisk gjødsel. 2003. Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav av 04.07.2003 - 951. Tilgjengelig fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951/KAPITTEL_3-1?q=gj%C3%B8dsel#KAPITTEL_3-1 (lest: 06.04.2020)

Fylkesmannen i Rogaland. (2018). Vil mangle over 100 000 dekar spreieareal for husdyrgjødsel. Tilgjengelig fra: <https://www.fylkesmannen.no/nb/Rogaland/Landbruk-og-mat/Jordbruk/Vil-mangle-over-100-000-dekar-spreieareal-for-husdyrgjodsel/> (lest: 23.04.20)

Gitlesen, S., Callewaert K. L., P., Krøvel, A. 2019. Biogass/biorestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren Norwegian Research Centre As & Østfoldforskning.

Hamilton, H.A., Brod, E., Hanserud, O.S., Gracey, E.O., Vestrum, M.I., Bøen, A., Steinhoff, F.S., Müller, D. B. Brattebø, H. (2016). Investigating Cross-Sectoral Synergies through Integrated Aquaculture, Fisheries, and Agriculture Phosphorus Assessments: A Case Study of Norway. *Journal of Industrial Ecology* 20 (4): 867-881

Hanserud, O.S, De Vries, K. L., J., Ødegaard, A.F., Brattebø, H. 2017. Redistributing Phosphorus in Animal Manure from a Livestock-Intensive Region to an Arable Region: Exploration of Environmental Consequences. *Sustainability*, 9, 595.

Hanserud, O. S. 2018 Fosforregnskapet De skumle utsiktene for global matsikkerhet. Rapport for Støttekomiteen for Vest-Sahara, Norsk Bonde- og Småbrukarlag og Framtiden i våre hender. Tilgjengelig fra: <https://www.framtiden.no/aktuelle-rapporter/851-fosforregnskapet/file.html> (lest: 30.03.20)

- Hanserud, O.S., Brod, E., Øgaard, A.F., Müller, D., Brattebø, H. 2016 A multi-regional soil phosphorus balance for exploring secondary fertilizer potential: The case of Norway. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 104, 307–320.
- Haugli Larsen, K., Byhrø, K., Helgestad, A., Rosenberg, J. 2018. Gjenbruk av fiskeslam som gjødsel - En nytte-kostnadsanalyse. Semesteroppgave ECN 271 Samfunnsøkonomisk prosjektanalyse og verdsetting av miljøgoder. Handelshøyskolen NMBU, Ås.
- Helsedirektoratet. 2019. Utviklingen i norsk kosthold 2019. Rapport IS-2866. Tilgjengelig fra: <https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/utviklingen-i-norsk-kosthold> (lest: 15.04.20)
- Hjorth, M., Nielsen, A.M., Nyord, T., Hansen, M.N., Nissen, P., Sommer, S.G. (2008) Nutrient value, odour emission and energy production of manure as influenced by anaerobic digestion and separation. *Journal of Agronomy for Sustainable Development* 2008;29:329–38.
- Holgado, R. 2018. Literature review for assessing whether os Mesophilic Processes on a Biogas Plant will reduce or eliminate *Avena fatua* (Floghavre), *Echinochloa Crus-Galli* (Hønsehirse), *Synchytrium endobioticum* (Potetkreft), *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* (Potato Cyst Nematode). NIBIO rapport nr. 4/22/2018.
- IPCC 2019. Special Report: Special Report on Climate Change and Land - Chapter 5 Food Security. IPCC Special Report. IPCC.
- IVAR. 2020. Vi lager biogass. Tilgjengelig fra: <https://www.ivar.no/vi-lager-biogass/category843.html> (Lest 30.04 2020).
- K. Sund, B. U., N. Christen, P. Birr-Pedersen 2017. Muligheter og barrierer for økt bruk av biogass til transport i Norge. Sund Energy.
- Karlengen, I. J., Svihus, B., Kjos, N. P. & Harstad, O. M. 2012. Husdyrgjødsel; oppdatering av mengder gjødsel og utskillelse av nitrogen, fosfor og kalium. Sluttrapport. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, UMB.
- Klimadepartementet. 2020. Klimaendringer og norsk klimapolitikk. Regjeringen.no. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (Lest 21.04 2020).
- Klimarisikoutvalget 2018. Klimarisiko og norsk økonomi. In: Finansdepartementet (ed.). Regjeringen.no.

Landbruksdirektoratet. 2018. Forslag til nye forskrifter levert: Gjødelse – større ressurs, mindre ulempe. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/jordbruk-og-miljo/gjodsling/regelverk/forslag-til-nye-forskrifter-levert-gjodsel-storre-ressurs-mindre-ulempe> (lest: 16.04.20)

Landbruksdirektoratet. 2019. Antall husdyr – melkekyr. Statistikk basert på søknad om produksjonstilskudd 2017,2018 og 2019. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/utvikling/antall-dyr/antall-husdyr-melkekyr--9252> (lest: 06.04.2020)

Lyng, K.A., Bjerkestrand, M., Stensgård, A.E., Callewaert, P., Hanssen, O.J. (2018). Optimising Anaerobic Digestion of Manure Resources at a Regional Level. Sustainability Journal.

Lyng, K.A., Prestrud, K., Stensgård, A.E. 2019. Evaluering av pilotordning for tilskudd til husdyrgjødelse til biogassproduksjon. Rapport Østfoldforskning. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/media/2124/or-0419-evaluering-av-pilotordning-for-tilskudd-til-husdyrgjoedse-til-biogassproduksjon-v2.pdf> (lest: 29.04.20)

Miljødirektoratet. 2020. Biogass har stort potensial. Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2020/mars-2020/biogass-har-stort-potensial/> (Lest: 15.04 2020).

Miljøstatus 2019. Klimagassutslipp fra jordbruk. Tilstandsoversikt. Faglig ansvarlig: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-jordbruk/> (lest: 07.04.2020)

Nesheim, L. & Sikkeland, E. H. 2013. Mengd utskilt husdyrgjødelse – forslag til nye standardtal. Bioforsk rapport, vol. 8 Nr. 109 2013.

NIBIO. 2017. Jordforbedringsmidler. Temaside. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/jordforbedringsmidler> (lest: 05.05.20)

OECD. 2020. Purchasing power parities. OECD. Tilgjengelig fra: <https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm>

Pederstad, A., Vandenbussche, V., Rambech, E., Fiksen, K., Lossius, T., Halvorsen, F., Isakova, I. (2018). Tilrettelegging for bruk av biogass i Rogaland. Rapport Carbon Limits. Tilgjengelig fra: <https://www.fylkesmannen.no/globalassets/fm-rogaland/dokument->

fmro/landbruk/arrangementsdokument/2018---div/180522---tilrettelegging-for-bruk-av-biogass.pdf (lest: 30.04.20)

Regjeringen 2019. Prop. 120 S (2018–2019) - Endringer i statsbudsjettet 2019 under Landbruks- og matdepartementet (Jordbruksoppkjøret 2019). In: Matdepartementet, L.-O. (ed.). Den Norske Regjering.

Regjeringen 2018. Matsikkerhet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/mat/innsikt/matsikkerhet/id2357158/> (Lest: 01.05.20)

Ricke, K., Drouet, L., Caldeira K. & Tavoni, M. 2018. Country-level social cost of carbon. *Nature Climate Change*, 8, 895-900.

Schärer J. 2016. Pakker jord – reduserer avling. Nyheter på NIBIOs nettsider. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/nyheter/pakker-jord--reduserer-avling> (lest: 06.05.20)

SSB. 2020a. Familier og husholdninger. SSB. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/familie/> (Lest: 14.04.20)

SSB. 2020b. Prisindeks for brukte boliger i 2019 (Kleppe). SSB. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/06035/tableViewLayout1/> (Lest: 2020).

SSB. 2020c. Utslipp til luft. SSB. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/klimagassn> (Lest: 21.04 2020).

Statistisk sentralbyrå (SSB). 2019. Husdyrhald, 14.05.2019. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/jordhus> (lest: 06.04.2020)

Strand, K.T. 2018. Hovudplan for vatn, avløp og vassmiljø 2019 – 2028. Asplan Viak AS. på oppdrag fra Klepp kommune. Tilgjengelig fra: <https://www.klepp.kommune.no/globalassets/teknisk-eiendom-naring/va/hovedplan-2017-2022/hovudplan-va-klepp-2019-2028-hoveddokument.pdf> (lest: 04.05.20)

Van Kauwenbergh, S., Mikkelsen, M. S., R. 2013. World Reserves of Phosphate Rock...a Dynamic and Unfolding Story. *Better Crops*, 93, 19.

Vannportalen. 2019. Vanndirektivet. Temaside under regelverk. Tilgjengelig fra: <http://www.vannportalen.no/regelverk/vanndirektivet> (lest: 04.05.20)

Vasdal, K. 2020. RE: Personlig korrespondanse med Knut Vasdal 30.03.2020.

Vik, J. og Flø, B.E. 2017. Scenarioer for norsk landbruksproduksjon. En snål rapport, et tverrfaglig eksperiment, og et diskusjonsgrunnlag. NIBIO Bok vol. 3, nr. 3, 2017.

World Bank. 2020. World Bank Commodities Price Data (The Pink Sheet). The Pink sheet. Tilgjengelig fra: <http://pubdocs.worldbank.org/en/992071585858056509/CMO-Pink-Sheet-April-2020.pdf>

World Bank. 2020. World Bank Commodities Price Forecast. 2020 ed.: World Bank. Tilgjengelig fra: <http://pubdocs.worldbank.org/en/633541587395091108/CMO-April-2020-Forecasts.pdf>

10 Vedlegg

Vedlegg 1: Oversikt over antagelser gjort i skaleringen av prosjektet

Dimensjonering	Data	Mengde	Enhet
Melkegård på Kleppe (A)	Areal	24.54	Hektar [Ha]
	Avling [Gress DM]	10000	Kg gress/hektar
	Gjødslingsbehov N	270	Kg/hektar
	Gjødslingsbehov P	0	Kg/hektar
	Gjødslingsbehov K	168	Kg/hektar
	Antall kyr	35	Kuer
	Mengde gjødsel ku/år	19.68	Tonn/år
	Total mengde gjødsel/år	688.8	Tonn/år
Korngård på Kløfta (B)	Areal	37.9	Hektar
	Gjødslingsbehov N	105	Kg/hektar
	Gjødslingsbehov P	10	Kg/hektar
	Gjødslingsbehov K	50	Kg/hektar
	Avling [Hvete DM]	4000	Kg/hektar
	Avling [Hvete DM]	151.6	Tonn
	Distanse A til B	500	Km
Behandling alternativ 1	Masse våt fraksjon	1020.8016	Tonn/år
	Masse tørr fraksjon	163.9344	Tonn/år
	P våt fraksjon	137.76	Kg/år
	P tørr fraksjon	344.4	Kg/år
Behandling alternativ 2	Masse våt fraksjon	1004.2704	Tonn/år
	Masse tørr fraksjon	161.868	Tonn/år
	P våt fraksjon	137.76	Kg/år
	P tørr fraksjon	344.4	Kg/år
	Gass fremstilt	18625	Nm ³

Vedlegg 2: Beregning av gjennomsnittlig boligpris og luktreduksjon på Kleppe

Kleppe

Pris pr kvm eneboliger (SSB, 2020b)	Pris pr kvm småhus (SSB, 2020b)	Pris pr kvm blokkleiligheter (SSB, 2020b)	Gjennomsnittlig pris pr kvm	Gjennomsnittlig størrelse på husstand i Norge
24374	30 473	35 523	30 123	99,23 kvm
Gjennomsnittlig pris pr kvm			$\frac{24\,374 + 30\,473 + 35\,523}{3} = \mathbf{30\,123}$	
Gjennomsnittlig verdi på bolig			$\mathbf{30\,123 * 99,23 = 2\,989\,126}$	

Kleppe

Befolkning (SSB, 2020a)	Personer pr husstand (SSB, 2020a)	Økning i boligpris OD2-OD0 (Eyckmans, 2011)	Snittpris Bolig
9245	2,47	5%	2 989 126
Nytte på Kleppe		$\frac{9245}{2,47} * (2\,989\,126 * 0,05) * \frac{10}{365} = \mathbf{15326090}$	

Vedlegg 3: Pluss-minus metoden

Konsekvensmatrisen har en nidelte skala for å vurdere konsekvens:

- ++++ Meget stor positiv konsekvens
- +++ Stor positiv konsekvens
- ++ Middels positiv konsekvens
- + Liten positiv konsekvens
- 0 Ubetydelig/ingen konsekvens
- Liten negativ konsekvens
- Middels negativ konsekvens
- Stor negativ konsekvens
- Meget stor negativ konsekvens

Tabell 5: Konsekvensmatrisen for pluss-minusmetoden. Direktoratet for økonomistyring (2018) s. 111-112

Betydning Omfang	Liten	Middels	Stor
Stort positivt	+ / ++	++ / +++	+++ / ++++
Middels positivt	0 / +	++	++ / +++
Lite positivt	0	0 / +	+ / ++
Intet	0	0	0
Lite negativt	0	0 / -	- / --
Middels negativt	0 / -	--	-- / ---
Stort negativt	- / --	-- / ---	--- / ----

Vedlegg 4: Endring i netto nåverdien ved ulik karbonpris

Alternativ 1				Alternativ 2		
<i>Prosentandel av</i>				<i>Prosentandel av</i>		
<i>median</i>	<i>Karbonpris</i>		<i>Netto nåverdi</i>	<i>median</i>	<i>Karbonpris</i>	<i>Netto nåverdi</i>
0 %	kr	-	-kr 1 701 175	0 %	Kr 0	kr 14 610 847
24 %	kr	13 837	-kr 1 541 172	24 %	kr 43 588	kr 15 114 858
25 %	kr	14 425	-kr 1 661 175	25 %	kr 45 440	kr 15 136 279
50 %	kr	28 851	-kr 1 681 175	50 %	kr 90 881	kr 15 661 710
75 %	kr	43 276	-kr 1 686 175	75 %	kr 136 321	kr 16 187 142
100 %	kr	57 702	-kr 1 686 175	100 %	kr 181 761	kr 16 712 574
122 %	kr	70 396	-kr 1 682 875	122 %	kr 221 753	kr 17 175 004
144 %	kr	83 091	-kr 1 674 823	144 %	kr 262 072	kr 17 641 214
166 %	kr	95 785	-kr 1 657 430	166 %	kr 302 390	kr 18 107 425
192 %	kr	110 699	-kr 421 147	192 %	kr 348 702	kr 18 642 936

Vedlegg 5: Nytte-kost analyse

Alternativ 1

År	Biogass	Redusert import fosfat		Redusert utslipp klimagasser		Unngå lukt	Behandlingskostnader	Lagringskostnader	Spredningskostnader	Transportkostnader	Bt - Ct	Diskonteringsfaktor	Nåverdi	NNV t=15
2020		kr	291	kr	57 702		-kr 605 945	-kr 600 000	-kr 5 740	-kr 31 980	-kr 1 185 672	1	-kr 1 185 672	-kr 1 033 879
2021		kr	271	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 308	0,96	kr 13 758	
2022		kr	281	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 318	0,92	kr 13 238	
2023		kr	288	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 325	0,89	kr 12 735	
2024		kr	298	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 335	0,85	kr 12 254	
2025		kr	311	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 348	0,82	kr 11 793	
2026		kr	323	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 360	0,79	kr 11 349	
2027		kr	334	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 371	0,76	kr 10 921	
2028		kr	345	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 382	0,73	kr 10 509	
2029		kr	357	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 394	0,70	kr 10 113	
2030		kr	368	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 405	0,68	kr 9 732	
2031		kr	380	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 417	0,65	kr 9 365	
2032		kr	391	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 428	0,62	kr 9 012	
2033		kr	402	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 439	0,60	kr 8 672	
2034		kr	414	kr	57 702		-kr 5 945		-kr 5 740	-kr 31 980	kr 14 451	0,58	kr 8 345	

Alternativ 2

År	Biogass	Redusert import fosfat		Redusert utslipp klimagasser		Unngå lukt	Behandlingskostnader	Lagringskostnader	Spredningskostnader	Transportkostnader	Bt - Ct	Diskonteringsfaktor	Nåverdi	NNV t=15
2020	85265,25	kr	291	kr	181 761	kr 15 326 090	-kr 1 237 345	-kr 600 000	-kr 5 670	-kr 31 590	kr 13 718 802	1	kr 13 718 802	kr 15 754 892
2021	85265,25	kr	271	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 693	0,96	kr 185 281	
2022	85265,25	kr	281	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 703	0,92	kr 178 164	
2023	85265,25	kr	288	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 709	0,89	kr 171 318	
2025	85265,25	kr	311	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 733	0,82	kr 158 412	
2024	85265,25	kr	298	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 719	0,85	kr 164 737	
2027	85265,25	kr	334	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 755	0,76	kr 146 478	
2026	85265,25	kr	323	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 744	0,79	kr 152 328	
2028	85265,25	kr	345	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 767	0,73	kr 140 853	
2029	85265,25	kr	357	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 778	0,70	kr 135 443	
2030	85265,25	kr	368	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 790	0,68	kr 130 242	
2031	85265,25	kr	380	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 801	0,65	kr 125 240	
2032	85265,25	kr	391	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 812	0,62	kr 120 430	
2033	85265,25	kr	402	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 824	0,60	kr 115 805	
2034	85265,25	kr	414	kr	181 761		-kr 37 345		-kr 5 670	-kr 31 590	kr 192 835	0,58	kr 111 357	