

GIS-baserad metod för etablering av centraliserade biogasanläggningar baserad på husdjursgödsel



Julia Olsson

2010
Institutionen för Geo- och Ekosystemvetenskaper
Naturgeografi och Ekosystemanalys
Lunds Universitet
Sölvegatan 12
223 62 Lund



Julia Olsson (2010). GIS-baserad metod för etablering av centraliserade biogasanläggningar baserad på husdjursgödsel.

Seminarieuppsatser nr 219

Master-examenarbete i Naturgeografi och ekosystemanalys, 30 hp. Lunds Universitet.

A GIS- method for establishing a centralized biogas plant based on livestock manure from a social, environmental and logistical perspective

Master degree thesis, seminar series 219, 30 credits in Physical Geography and Ecosystem Analysis

Department of Earth and Ecosystem Sciences, Physical Geography and Ecosystems Analysis, Lund University

GIS-baserad metod för etablering av centraliserade biogasanläggningar baserade på husdjursgödsel

Julia Olsson

Examensarbete i Naturgeografi och Ekosystemanalys, 30 p

Handledare, Lunds Universitet:

Andreas Persson

Handledare, Fylkesmannen i Sør-Trøndelag:

Espen Sveen

Handledare Biogass Midt Norge:

Kvam Ketil, Tor Morten Solem, Atle Wormdal, Nils Nyborg

Institutionen för naturgeografi och ekosystemanalys

Lunds Universitet, 2010

Förord

Detta arbetet utgör den sista delen av min masterutbildning inom Naturgeografi och Ekosystemanalys. Jag fick möjlighet att göra detta projektet vid Fylkesmannen i Sør-Trøndelag i samarbete med Fosen Næringshage. I projektet har jag fått ta ibruk många av de kunskaper jag fått med mig från min utbildning vid Lunds Universitet. Projektet har väckt stor uppmärksamhet i Norge vilket har lett till många resor och konferanser där jag har knutit nya spännade kontakter. Men arbetet har också väckt internationellt intresse vilket har gett mig möjligheten att få presentera på världens största GIS-konferens” ESRI international user conference” i San Diego.

Det är många som har hjälpt och stöttat mig genom detta projekt, först vill jag tacka Espen Sveen som har gjort detta arbete möjligt genom att ge mig tillgång till geografisk data och som med sitt stora kontaktnät hjälpt mig komma i kontakt med rätt personer vid rätt tid. Jag vill också rikta ett stort tack till styrelsegruppen för Biogass Midt-Norge, Kvam Ketil, Tor Morten Solem, Atle Wormdal och Nils Nyborgm och min handledare vid Lunds Universitet, Andreas Persson. Mina medarbetare vid Lantbruksavdelningen hos Fylkesmannen i Sør-Trøndelag ska ha ett tack för det varma välkommandet och för de många givande samtalen under arbetets gång. Jag vill också rikta ett stort tack till Carsten Magnusson som har gjort ett stort jobb med korrekturläsning. Men mest av allt vill jag tacka min kära sambo Henrik Holmberg, för stort stöd genom hela arbetet, utan dig hade jag nog aldrig kommit i mål.

Abstract

Climate change because of increased greenhouse gases in the atmosphere is widely recognized and is our times biggest environmental, social and economical threat worldwide. Converting livestock manure into a renewable energy resource such as biogas contributes to lowering greenhouse gases emissions and takes advantage of local energy resources in a sustainable way. Norway has a national goal to produce biogas from 30% of the manure in the country within the next 10 years. Livestock manure has a relatively low energy density and contains large quantities of water, therefore the geographical localization of the biogas plant and the transport logistics are critical factors when planning a centralized biogas plant.

In this study a Geographic information system (GIS) based assessment method for mapping biogas potential from livestock manure has been developed with the aim to locate suitable sites for biogas plants from an environmental, social and logistic perspective. The method has been applied to 3 areas within 5 municipalities in Norway. The result shows that from the most suitable site in each area, enough biogas potential can be reached to establish a medium size biogas plant (15-40 Gwh). There are also several farmers in each municipality with enough potential to establish a farm based biogas plant (> 0,5 Gwh). None of the areas have enough biogas potential to establish a large size biogas plant (>100 Gwh). A centralized biogas plant based on the potential in the study areas requires a large amount of farmers to reach a sufficient quantity of substrate. This would result in an intensive and logistically complicated transport. In each area there is a potential for utilization of the produced biogas, and in Sømna all energy used in the road traffic and in houses could be covered by the biogas potential in the municipality.

Keywords: *Geography, Physical Geography, GIS, Network analys, Biogas, Manure, Renewable energy*

Sammanfattning

Den globala klimatförändringen är vår tids största utmaning och det största miljömässiga, sociala och ekonomiska hotet världen över. Genom att använda husdjursgödsel för produktion av förnyelsebar energi i form av biogas kan utsläppen av växthusgaser minskas, samtidigt som lokala resurser utnyttjas på ett hållbart sätt. Norge har som nationellt mål att 30 % av husdjursgödseln ska användas till produktion av biogas inom 10 år. Husdjursgödsel innehåller stora mängder vatten och har en relativt låg energitäthet. Detta innebär att den geografiska placeringen och transportlogistiken är två kritiska faktorer vid etablering av en centraliserad biogasanläggning.

I denna studie har Geografiskt Informationssystem (GIS) använts för att ta fram en metod för att geografiskt analysera biogaspotentialen och för att identifiera en optimal lokalisering av en biogasanläggning från ett miljömässigt, socialt och logistiskt perspektiv. Metoden har applicerats på tre försöksområden i fem kommuner i Norge. Resultaten i rapporten visar att från det bäst lämpade området i varje kommun kan en tillräckligt stor biogaspotential nås för att kunna driva en medelstor biogasanläggning (15-40 Gwh). Det finns dessutom ett flertal gårdsbrukare med potential för etablering av en gårdsbaserad anläggning (>0,5 Gwh). Inget av områdena har en tillräckligt stor biogaspotential för etablering av en storskalig biogasanläggning (>100 Gwh). En centraliserad anläggning baserad på biogaspotentialen i försöksområdena kräver ett stort antal gårdsbrukare för att uppnå minsta mängd substrat. Detta skulle resultera i en intensiv och logistiskt komplicerad transport. I samtliga kommuner finns det en potentiell marknad för avsättning av gasen och i Sømna är biogaspotentialen tillräcklig för att täcka hela kommunes användning av energi inom både vägtrafik och hushåll.

Nyckelord: *Geografi, Naturgeografi, GIS, Nätverks analys, Biogas, Gödsel, Förnyelsebar energi*

Innehållsförteckning

Inledning.....	8
Biogass Midt-Norge	8
Syfte	8
Målet med projektet	9
Begränsningar och antaganden.....	9
Nomenklatur.....	10
Bakgrund och teori	11
Energianvändning i Norge.....	11
Utsläpp av växthusgaser i jordbruket	12
Utsläpp av metan och lustgas från gödsel	14
Biogas.....	15
Så fungerar en biogasanläggning	15
Sammansättning av biogas	17
Användning av biogas	17
Rötrest (biogödsel)	18
Biogas i Europa	19
Biogas i Norge.....	19
Levande landsbygd.....	21
Biogasanläggningar i jordbruket	22
Dimensioneringen av biogasanläggning	23
Logistik.....	24
Logistikkostnader	25
Logistik av transport.....	27
Vad är GIS.....	29
Optimal placering av biogasanläggning	30
Positiva och negativa faktorer	30
Studieområde.....	31
Ørland.....	31
Meldal och Orkdal.....	31
Sømna och Brønnøy	31
Metod	37
Djur.....	37

Gödsel och torrsubstrat.....	37
Biogasutbyte.....	38
Rötrest	40
Urval av gårdar.....	41
Geografisk placering av gårdar med djur.....	41
Geografiska analyser.....	41
Densitetsanalys.....	42
Optimal placering av biogasanläggning.....	43
Positiva och negativa faktorer	43
Transport	46
Serviceområde.....	47
Nätverksanalys	47
Resultat.....	49
Ørland.....	49
Meldal och Orkdal.....	53
Sømna och Brønnøy	60
Diskussion	64
Underlag för beräkning av substrat mängd	64
Lokalisering av lämpliga områden.....	65
Utvidgning av biogasanläggning.....	66
Potential för avsättning av gasen.....	67
Vägdata.....	67
Lager.....	69
Slutsats	69
Referenser.....	71
Bilaga 1: Beräkning av gödselvolymer	74
Bilaga 2: Beräkning av torrsubstrat (ts).....	75
Bilaga 3: Arealplaner	76
Bilaga 4: ArcGIS modell	79

Inledning

Förnyelsebar energi har blivit allt viktigare under de senaste åren, främst för att minska utsläppen av växthusgaser från fossila bränslen, men också på grund av osäker tillgång till dessa i en kommande framtid. Förnyelsebar energi, är energi som utgör en del av naturens kretslopp och som hela tiden nyskapas allt eftersom det använts. Genom att producera förnyelsebar energi i form av biogas från gödsel kan fossila bränslen ersättas, samtidigt som utsläppen av metan minskas. Metan är en stark växthusgas som bildas naturligt vid t.ex. lagring av gödsel i jordbruket. Genom att jordbruken kan producera sin egen energi skapas egenvärden i form av självförsörjande och lokal produktion av förnyelsebar energi, samtidigt som det medför klimatvinster. Förutom biogas, bildas också en rötrest, denna kan då spridas på åkermarkerna som gödsel, men till skillnad mot gödsel är näringsämnen i rötresten mer lättillgängliga för växterna (Staurem et al. 2009; Baky et al. 2006). Dessutom minskar andelen illaluktande komponenter vilket gör att rötresten luktar betydligt mindre än stallgödsel (Bioenergiportalen 2008). Användning biogas för produktion av el, värme eller fordonsgas bidrar inte till växthuseffekten. Biogaspotential från gödsel har oftast en komplicerad geografisk spridning samtidigt som det har en relativt låg energitäthet per volymenhet. Detta gör att Geografiskt informationssystem (GIS) anses vara ett effektivt verktyg vid planering av en centraliserad biogasanläggning (Shi et al. 2008).

Biogass Midt-Norge

Biogass Midt-Norge är ett samarbetsprojekt mellan fyra kommuner, Sømna (Brønnøy), Ørland, Meldal och Orkdal baserat på lokala målsättningar om att utveckla och bygga en biogasanläggning baserad på gödsel från lantbruk. Projektet drivs av Fosen Næringshage AS som har fått ekonomiskt stöd av Statens landbruksförvaltning (SLF) för att under året 2010 ta fram en modell för placering av en biogasanläggning med hjälp av Geografiskt Informationssystem (GIS) från ett logistiskt perspektiv.

Samarbetspartners i projektet är Fosen Næringshage AS, Orkla lantbruk, Sømna kommun, Fylkesmannen i Sør-Trøndelag och Lunds Universitet. Detta dokument utgör slutrapporten för projektet Biogass Midt-Norge, men är också en masteruppsats på 30 högskolepoäng skriven vid Lunds Universitet vid Institutionen för naturgeografi och ekosystemanalys.

Syfte

Syftet med projektet är att utveckla och testa en GIS-modell för kartläggning av biogaspotential från husdjursgödsel utifrån ett miljömässigt, socialt och logistiskt perspektiv. Modellen ska kunna användas för att lokalisera lämpliga områden för biogasanläggningar, samt för att optimera transporten av gödsel och biorest till och från jordbruken och biogasanläggningen. Den färdiga GIS-modellen ska vara oberoende av plats och ha en relativt låg användartröskel. Tanken är att GIS-modellen ska skapa möjligheter för att på ett bra sätt kunna ta till vara den biogaspotential som finns i husdjursgödsel. Metoden ska implementeras på tre försöksområden i de fem kommunerna Meldal, Orkdal, Ørland, Sømna och Brønnøy.

Målet med projektet

- Kartlägga den geografiska fördelningen av husdjursgödseln i de fem kommunerna samt densiteten av denna.
- Beräkna storleken av biogaspotentialen från husdjursgödsel i de fem kommunerna och om denna är tillräcklig för att driva en biogasanläggning.
- Undersöka hur många gårdar det finns per kommun som har tillräckligt med gödsel för att driva en gårdsbaserad biogasanläggning.
- Undersöka om det finns en potential för att kunna utnyttja gasen i varje kommun.
- Avgöra om det är möjligt att med GIS hitta en optimal plats för biogasanläggningar utifrån transport- och bygglovsbegränsningar som avstånd till känsliga områden och sociala faktorer.
- Optimera transporten av gödsel och biorest till och från biogasanläggningen samt undersöka hur mycket transporten kommer att kosta.
- Undersöka om det finns ett överskott av biorest för försäljning till odlingsbönder.

Begränsningar och antaganden

Projektet kommer endast att fokusera på biogas från gödsel, andra alternativa källor kommer inte att utvärderas. Logistiska perspektiv innefattar framförallt transporter och utplacering av anläggningar, men också en del bakgrundsinformation om företagslogistik och exempel på hur logistiken för en biogasanläggning kan lösas. Möjligheterna är många och lokalspecifika; därför ges endast exempel för hur varje biogasanläggning ska kunna utnyttja de alternativ som passar dem bäst. Vad gäller transportkostnaderna så innefattar detta arbete enbart transporten av gödsel och biorest. Inköp av fordon och löner kommer inte att tas med i beräkningen, inte heller kommer kostnaderna kring biogasanläggningen att vara medberäknade.

I rapporten antas biogasanläggningarna vara anpassade för flytande substrat då denna teknik är mer etablerad än den för fast substrat (Roth et al. 2009). Det har också antagits att all transport av gödsel och rötrest sker med lastbil då detta är det vanligaste transportmedlet, men också andra alternativa transporter kommer att diskuteras.

Nomenklatur

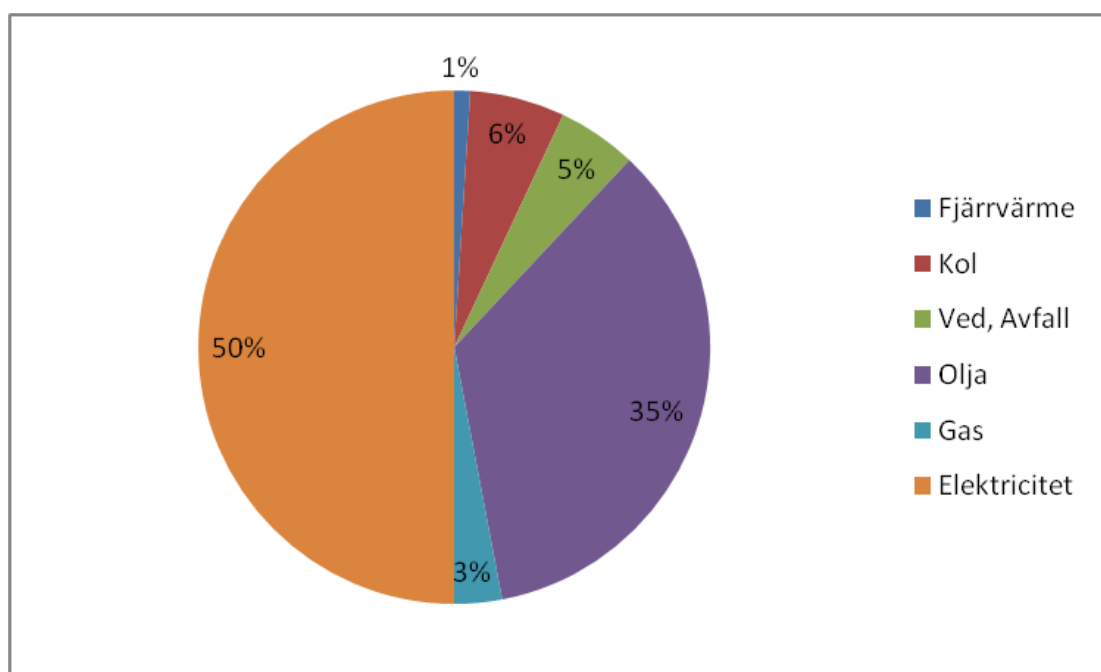
Nm³	Normalkubikmeter – gasvolymen vid 0 °C och 1,01325 bar
ts	Torrsubstans – andelen torrt material som finns kvar efter fullständig torkning av ett material.
Rötrest	Restprodukt vid rötning av organiskt material för framställning av biogas.
Biogödsel	Rötrest baserad på gödsel, slaktavfall eller annat organiskt restavfall från jordbruket, som lämpar sig att använda till gödning av åkermark vid produktion av livsmedel
Röt slam	Rötrest från reningsanläggningar och annat organiskt restavfall som inte är lämpligt att använda till gödning av åkermark vid produktion av livsmedel
Flytgödsel	Gödsel med låg ts-halt (<12%) innehållande urin och e.v. tillsats av vatten, kan pumpas
Fastgödsel	Gödsel med en relativt hög ts-halt (>20%) ofta p.g.a avskiljning av urin eller tillsats av strö. Kan staplas 1 meter
Djupströgödsel	Gödsel med hög ts-halt (>25), fås vid djurhållning på djupströbädd. Kan staplas mer än 1,5 meter
Fackling	Förbränning av överskottsgas som inte kan tas tillvara för att undvika att gasen släpps ut som metan i atmosfären
CO₂e	CO ₂ -ekvivalenter anger klimatpåverkan för en gas uttryckt i den mängd koldioxid som ger samma klimatpåverkan.
SOSI	En standardisering av geografisk vektordata som används i Norge för lättare utbyte av data.
Vektor-lager(shape)	Objekt i punkt-, linje-, eller polygon-format. Data är lagrade i en databas-tabell med information om det rumsliga objektet och dess geografiska placering.
Rasterdata	En matris av celler (pixlar) bestående av rader och kolumner där varje cell har ett tematiskt värde och en geografisk utbredning.
DEM	D igital E levation M odell även kallad D igital T errain M odel (DTM) och är en digital representation av markytans topografi eller terräng.
GIS	G eografiskt I nformations S ystem – Ett databaserat system för lagring, analysering och visualisering av geografisk data

Bakgrund och teori

Energianvändning i Norge

I likhet med många andra länder i världen ökar Norges energibehov för varje år. Norges sammanlagda energikonsumtion under 2008 var 228 TWh, vilket är 17 procent högre jämfört med 1990. Norges genomsnittliga förbrukning av energi per invånare är tio gånger högre än världsgenomsnittet, detta är ett resultat av en energiintensiv industri och att elektricitet för uppvärmning av hus är vanligare än i många andra länder (SSB.2).

Figur 1 visar Norges sammanlagda energikonsumtion fördelad på landets olika energikällor, och figuren visar att användning av elektricitet utgör 50 procent av Norges energianvändning. Närmare 98-99 procent av produktion av elektricitet i Norge kommer från vattenkraft och är därmed att betrakta som förnyelsebar energi. Fossila bränslen står för 44 procent av den totala energikonsumtionen (SSB.2).



Figur 1: Norges sammanlagda energikonsumtion under 2008 fördelat på olika energikällor.

Intresset för produktion av och användningen av bioenergi har blivit allt större de senaste åren både nationellt och internationellt. Det växande intresset beror framför allt på att det anses spela en stor roll i arbetet med att reducera utsläppen av växthusgaser (Held et al. 2008) och att Norge som storproducent av olja har ett stort ansvar för att vara med och utveckla förnyelsebar och klimatneutral energi för framtiden (Staurem et al. 2009).

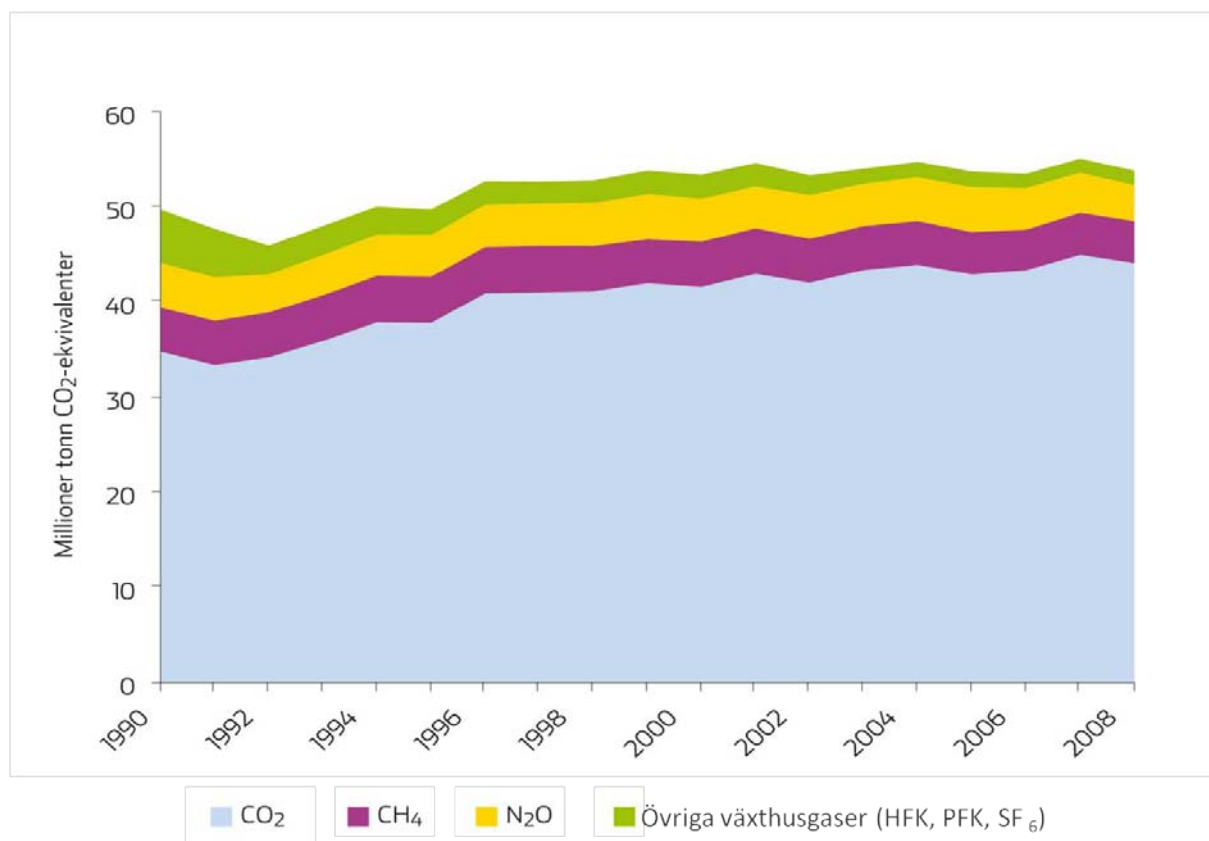
Ett antal politiska dokument har publicerats de senaste åren som debatterar möjligheterna för ökad produktion och användning av bioenergi i Norge och målet är att bioenergin ska stå för 14 TWh inom 10 år (St-meld-39 2009), vilket motsvarar 6 procent av 2008 års sammanlagda energianvändning. Norge har också ett nationellt mål att 30 % av husdjursgödseln ska användas till biogas innan 2020 (St-meld-39 2009).

Utsläpp av växthusgaser i jordbruket

Jordbruk är en naturnära verksamhet som människan har behärskat och ägnat sig åt i tusentals år för sin försörjning. Jordbruket bidrar dock till klimatförändringen genom de biologiska processer som producerar växthusgaser i form av koldioxid, metan och lustgas samt övergödning av vattendrag, förändrad biologisk mångfald, och en förändrad markanvändning (Bioenergienheten 2009).

Jordbruket i Norge har under de senaste åren genomgått en drastisk förändring mot färre men mer effektiva jordbruk. Denna förändring har ägt rum utan att jordbruksarealen har minskat. Under de senaste 25 åren har produktionen av kött ökat med 75 procent och genomsnittsarealen per gårdsbruk har gått upp med 140 procent (SSB.1).

Norges totala utsläpp av växthusgaser motsvarar 53,8 miljoner ton CO₂-ekvivalenter (CO₂e) per år, se figur 4 (med en ökning på 8 procent under perioden 1990-2008). Utsläppen från enbart jordbruket är 4,8 miljoner ton CO₂e, vilket motsvarar 9 procent av de totala utsläppen (Klimakur2020 2010). Dessutom sker utsläpp i andra länder vid produktion av mineralgödsel och foder som importerats till norska jordbruk (Hillestad 2008).



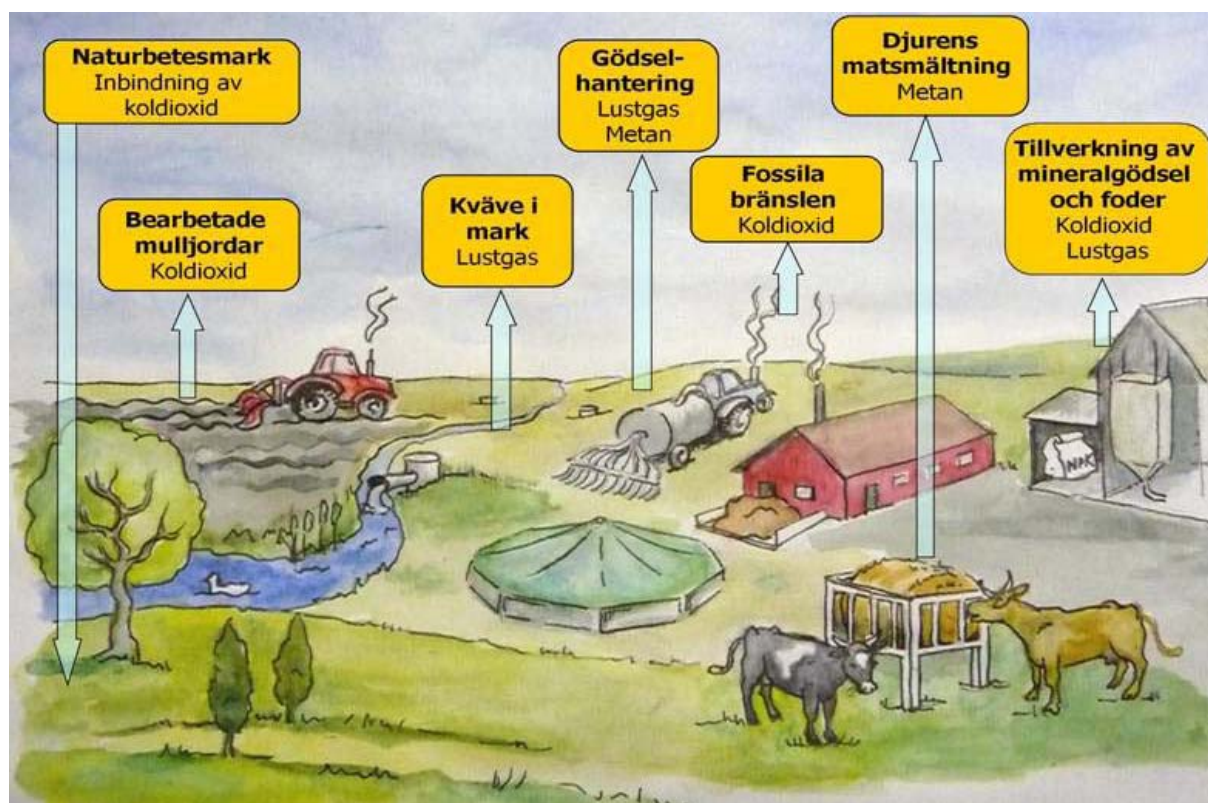
Figur 4: Norges utsläpp av växthusgaser under perioden 1990 till 2008 (skog är inte med i beräkningen) (Klimakur2020 2010).

Utsläppen av metangas i Norge kommer huvudsakligen från jordbruket och nedbrytning av organiskt avfall i avfallsdeponier (Klimakur2020 2010). Globalt har mängden metangas i atmosfären ökat med ca 150 procent sedan 1750 och dagens halt är den högsta under åtminstone de senaste 650 000 åren (NE). Jordbruket är också den största källan till utsläpp av

lustgas som har ökat med 17 procent sedan 1750 och en tredjedel av utsläppen kommer från mänskliga aktiviteter. En del av ökningen beror på en ökad användning av kvävehaltig handelsgödsel som påverkar markens mikroorganismer och ökar deras förmåga att bryta ner oxiderande kväveföreningar till gasformig lustgas.

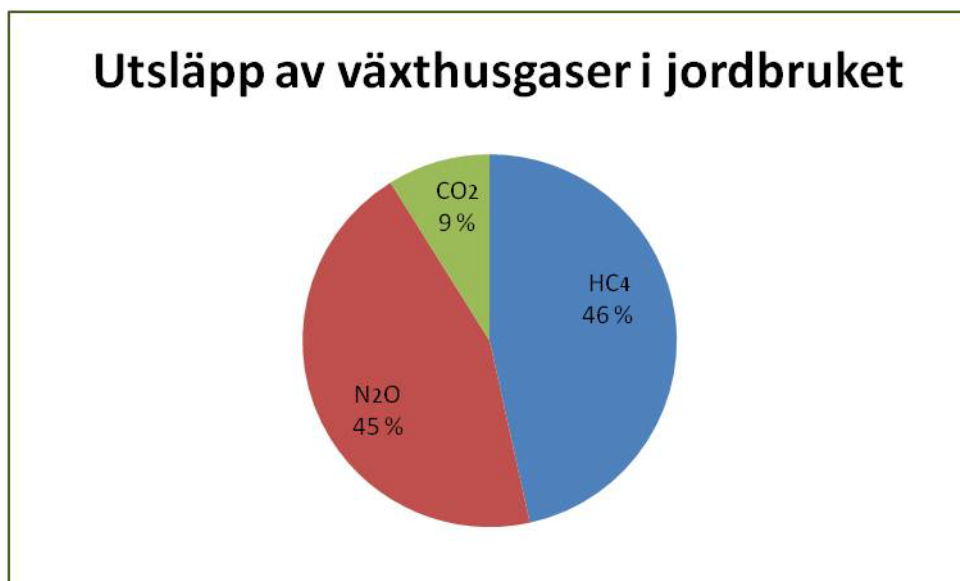
Användningen av mineralgödsel i Norge har ökat med 67 procent från 1959-2005 (Hillestad 2008). Även andra aktiviteter i jordbruket ökar utsläppen som t.ex. utfodring av boskap (NE), och kvalitén på fodret vilket påverkar utsläppen av växthusgaser från djurens respiration. Användningen av proteinkraftfoder har stadigt ökat sedan det började användas på 30-talet och har ökat med 48 procent under perioden 1959-2006 (Hillestad 2008).

Figur 5 visar utsläppskällor och inbindning av växthusgaser i jordbruket. Störst klimatpåverkan kommer från lustgas som bildas vid kvävet omsättning i marken. En stor påverkan har också koldioxiden som bildas vid odling av mulljordar och metanutsläpp som sker vid djurens fodermältning, samt koldioxidutsläpp vid förbränning av fossila bränslen i traktorer och lastbilar. Metan- och lustgas släpps också ut från hantering av stallgödsel. (Bioenergienheten 2009).



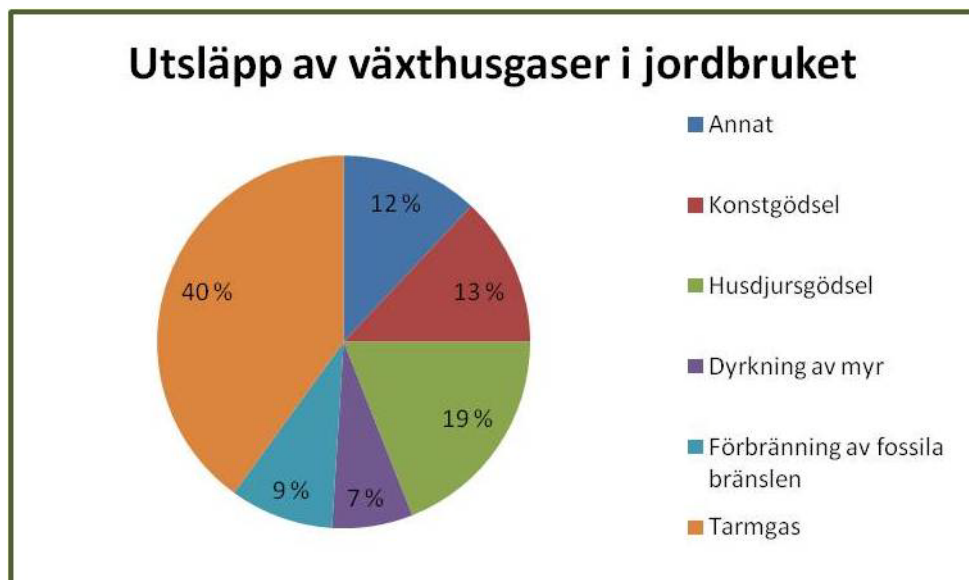
Figur 5: Utsläppskällor och inbindning av växthusgaser i jordbruket (Bioenergienheten 2009). Bilden används med tillstånd av Jordbruksverket. Illustratör S. Degaardt

Av de 4,8 miljoner ton CO₂e som släpps ut i det norska jordbruket består 47 procent av metangas (HC₄) omräknat till CO₂e, 45 procent dikväveoxid (N₂O) omräknat till CO₂e och 9 procent koldioxid, (figur 6) (Hillestad 2008).



Figur 6: Norges utsläpp av växthusgaser i jordbruket 2005 (Hillestad 2008)

Under år 2006 var det totala utsläppet av växthusgaser från jordbruket fördelat enligt figur 7. Utsläppen från husdjursgödsel var 19 procent, tarmgas stod för 40 procent, konstgödsel 13 procent, uppodling av myrmark 7 procent och endast 9 procent kom från fossila bränslen (Hillestad 2008).



Figur 7: Fördelning av utsläpp från jordbruket i Norge under 2006 (Hillestad 2008))

Utsläpp av metan och lustgas från gödsel

Gödseln i jordbruket släpper ut växthusgaser i form av metan och lustgas under lagring och spridning på åkrarna. Lustgas släpps ut från gödsel vid nitrifikation av ammoniumkväve och denitrifikation av nitratkväve samt då lustgas bildas av ammoniak och kväveoxider som faller

ned med nederbörden. Metan bildas i gödsel när metanbildande bakterier bryter ner det organiska materialet under anaeroba (syrefria) förhållanden.

Hur mycket lustgas som bildas vid hantering av gödsel beräknas utifrån mängden kväve som djuren utsöndrar i gödseln samt vilken typ av gödselhantering som används. I djupströgödsel är bildningen av lustgas ca 5 kg CO₂e per kg kväve och för fast- och flytgödsel ca 2,5 kg CO₂e per kg kväve. En mjölkko utsöndrar ca 120 kg kväve per år. Hur mycket av den totala mängden kväve som släpps ut varierar beroende på djurslag, gödseltyp och temperatur (Bioenergienheten 2009). Mängden kväveutsläpp för olika djurslag kan ses i metodavsnittet i tabell 5.

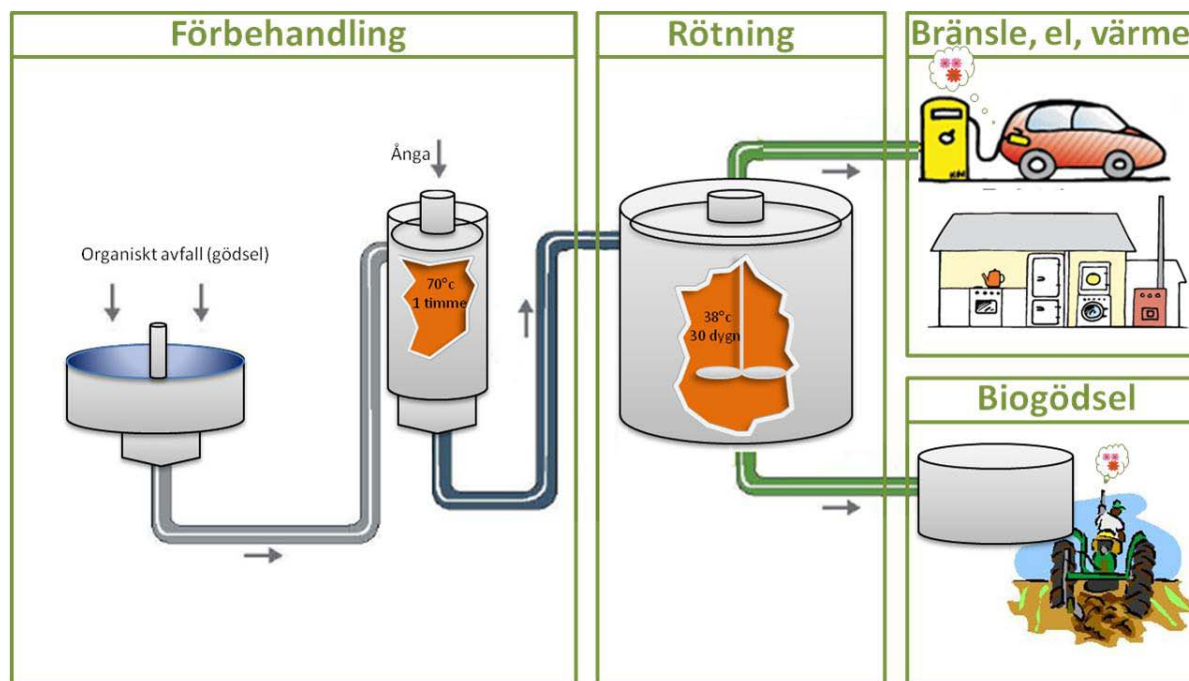
Mängden metan som släpps ut vid hantering av gödsel beräknas utifrån hur mycket organiskt material gödseln innehåller samt sammansättningen av det organiska materialet och vilken form av gödselhantering som används. Gödsel från gris och fågel genererar ca dubbelt så mycket metan jämfört med gödsel från idisslare, detta beror på att idisslarnas gödsel innehåller mindre ämnen som kan bilda metan än det från enkelmagade djur, vilket i sin tur beror på att idisslarna redan har avgett en del av materialet som metan i våmmen. Hanteringssystemet har också betydelse för hur mycket växthusgaser som kan släppas ut. Från flytgödsel kan 10-20 procent av det maximalt möjliga metanutsläppet ske medan från djupströgödsel och fastgödsel 2-3 procent, samt 1 procent från gödsel som hamnar på betesmarken (Bioenergienheten 2009). Maximalt möjliga metanutsläppet från olika djurslag kan ses i metodavsnittet i tabell 4.

Biogas

Biogas bildas naturligt i naturen när organiskt material bryts ner av metanproducerande mikroorganismer under anaeroba förhållanden, och sker i till exempel våtmarker, risodlingar, sjösediment och i våmmen hos kor. Biogasprocessen är ett sätt att under kontrollerade former, i en biogasanläggning, utnyttja mikroorganismernas naturliga förmåga att framställa biogas. Organiskt avfall som gödsel, avföring, avloppsvatten från industrier, slam från reningsverk, hushållsavfall och växter omvandlas i biogasanläggningen till förnyelsebar energi i form av biogas i en process som kallas rötning (Held et al. 2008).

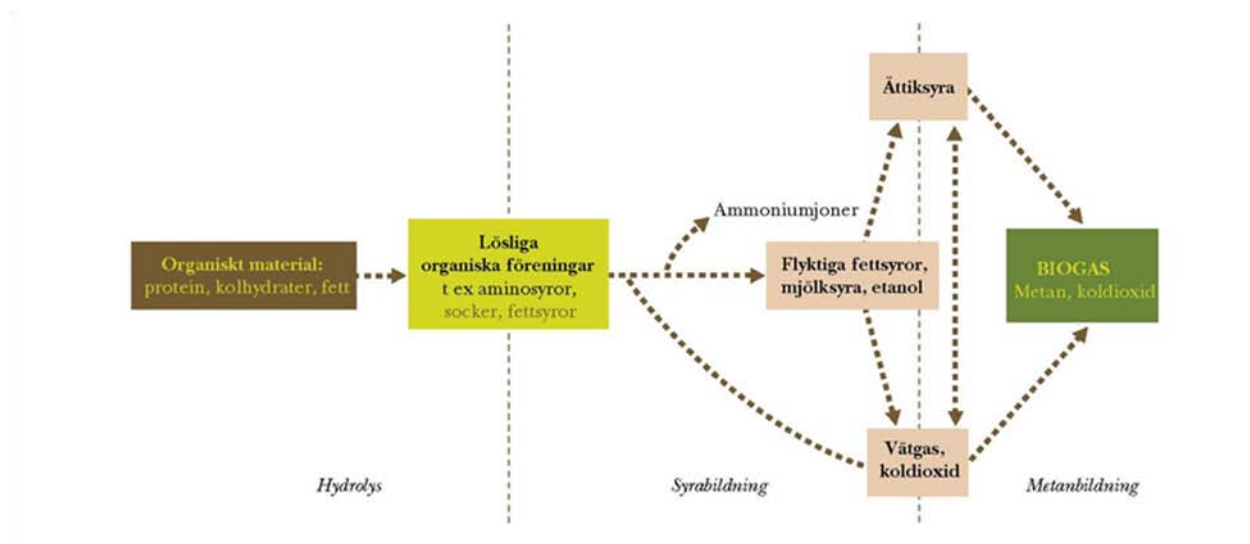
Så fungerar en biogasanläggning

Figur 8 visar en generell bild för en biogasanläggning. Innan substratet matas in i röt-kammaren måste det normalt förbehandlas. I förbehandlingen sönderdelas vid behov materialet för att sedan hygieniseras vid 70 grader. Substratet förs sedan vidare till röt-kammaren och det är här den största delen av biogasprocessen sker. Biogasen pumpas till ett biogaslager, där den lagras innan den används (Svensk.biogas 2009). Gaslagret brukar normalt vara dimensionerat till motsvarande ett dygns biogasproduktion (Edström & Nordberg 2004). Rötresten, också kallad biogödsel lagras normalt i ett lager innan den sprids på åkrarna. Lagret bör vara gastätt för att fånga upp gas som bildas i efterhand. Enligt Lantz (2004) kan detta i vissa fall vara så mycket som 20 % av den totala biogasproduktionen.



Figur 8: En förenklad bild över hur en biogasanläggning, baserad på substrat från jordbruket, fungerar.

Förenklat sett sker nedbrytningen av det organiska materialet i tre steg: hydrolys, syrabildning och metanbildning (figur 9). Det är olika mikroorganismer som står för nedbrytningen genom processen (Jansson 2008).



Figur 9: En förenklad bild över nedbrytningsprocessen av biologiskt avfall (Jansson 2008). Bilden används med tillstånd av LRF. Illustratör Kim Gutekunst

Biogasprocessen kan delas in i flera olika röttningsmetoder som framförallt kännetecknas av temperaturen i biogasreaktorn och hur ofta reaktorn förses med substrat. Röttningsprocesserna delas normalt upp i tre temperaturintervaller: psykrofil (4-25 grader) mesofil (25-45 grader) och termofil (50-60 grader), varav mesofil och termofil är de två vanligaste. Tillförsel av substrat till röttkammaren kan antingen ske kontinuerligt eller i omgångar. Tillförsel i omgångar innebär att röttkammaren fylls med substrat och körs tills satsen är klar för att sedan

fyllas på nytt (Berglund 2006). En kontinuerlig tillförsel av substrat är den mest förekommande metoden vid storskaliga biogasanläggningar. Hur lång tid det tar att röta ett substrat beror framförallt på substratets innehåll, temperaturen och inmatningsprocessen. En högre temperatur, ger generellt sett en snabbare nedbrytning. Flytgödsel tar ca 20 dagar att röta medan biomassa som innehåller växttråd tar något längre tid, rötning av stärkelse går snabbast. Upphållstiden i en mesofil röttningsprocess blir densamma (20-30 dagar) med de olika inmatningsmetoderna (Berglund 2006; Jansson 2008).

Biogasanläggningen bör inte köras på enbart lättnedbrytbart substrat, detta på grund av att syrebildande mikroorganismers förökningstid är snabbare än metanbildande, vilket resulterar i ett sänkt pH-värde i reaktorn som medför att mikroorganismerna hämmas eller dör (Jansson 2008).

Sammansättning av biogas

Den producerade biogasen består normalt av ca 60 volymprocent metan och ca 40 volymprocent koldioxid samt små mängder svavelväte, kväve, ammoniak, syre, vätgas och hydrogensulfid (NE), (Raadal et al. 2008). Sammansättningen av gasen kan variera beroende på vilka substrat som rötas samt hur länge materialet rötas. Rötning av enbart gödsel kan ge en något högre volymprocent av metan (65 procent) medan rötning av endast växtmaterial kan ge något lägre (55 procent) (Lantz 2004). Mängden metan som kan utvinnas från gödsel beror på hur rötningen sker och vad för slags gödsel som används. Gödsel från storboskap kan ge en volymprocent av metan på 60 procent, medan svin och fågelfän kan ge 65-70 procent på grund av ett högre proteininnehåll. Exempel på hur mycket biogas som kan utvinnas från 1 kg av olika substrat samt gassammansättningen kan ses i tabell 1 (Raadal et al. 2008) (det är viktigt att komma ihåg att värdena kan variera mellan olika källor och litteratur). I processen skapas också en rötrest som består av svårnerbrytbart material vilket kan fungera som ett näringsrikt gödningsmedel (NE).

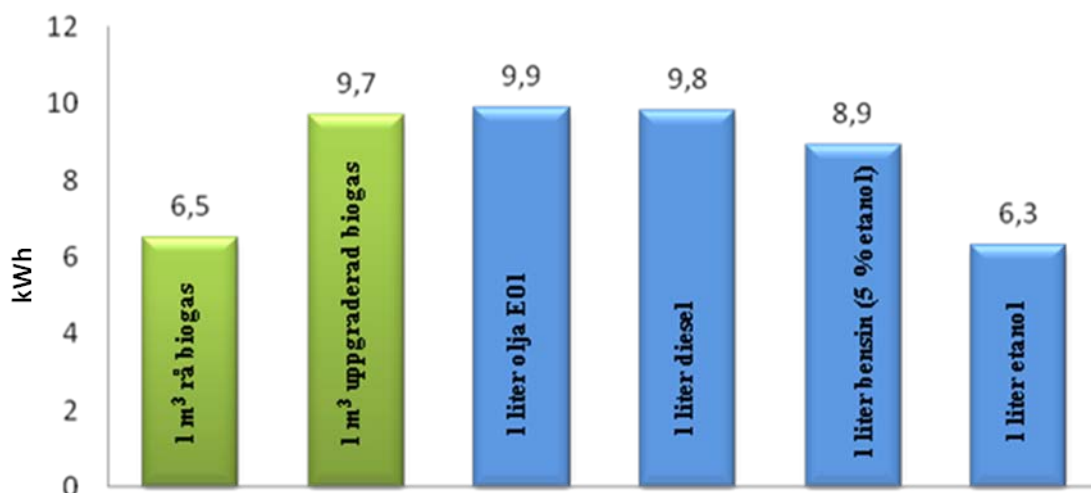
Tabell 1: Gasmängd och gassammansättning vid anaerob nedbrytning av 1 kg organiskt substrat (Raadal et al. 2008).

Substrat	Nm ³ biogas	Metan (%)	Koldioxid (%)
Fett	1,25	68	32
Kolhydrater	0,79	50	50
Protein	0,70	71	29

Användning av biogas

Biogasens innehåll och sammansättning har betydelse för hur den kan användas. Biogas kan omedelbart efter produktion användas till el- och/eller värmeproduktion, men eftersom den har en hög halt av koldioxid klassas den som en lågvärdegas. Energivärdet för biogas är 20-23 MJ/Nm³ medan motsvarande värde för naturgas är 35-38 MJ/Nm³(NE). Biogasen kan även användas som bränsle i förbränningsmotorer, men då krävs en renare gas med ett högre metaninnehåll. För att uppnå detta måste biogasen uppgraderas vilket innebär att gasen rensas från koldioxid, svavelväte, vatten och partiklar. Detta ger en nästan ren metangas med en volymprocent på ca 96 – 98 %. Metangas är också huvudbeståndsdelen i naturgas. Men till

skillnad från naturgas och olja är biogas en förnyelsebar resurs som ingår i naturens kretslopp (NE). Figur 10 visar en volymjämförelse mellan olika energiformer i kWh, och där kan ses att 1 m³ uppgraderad biogas har nästan samma energiinnehåll som en liter diesel (Jansson 2008).



Figur 10: Volymjämförelse mellan olika energiformer (Jansson 2008)

Den enklaste användningen för biogas är uppvärmning, problemet med att använda gasen till uppvärmning är att behovet varierar över året och under årets varmare månader måste överflödet facklas (förbränning av överskottsgas) för att undvika utsläpp av metan. Biogasen kan också användas till kraftvärmeproduktion för att producera el, vilken har en jämnare förbrukning över året (Raadal et al. 2008) i likhet med uppgraderad biogas för fordonsbränsle. En nyligen publicerad studie av (Börjesson et al. 2010) visar att biogas som produceras från gödsel och använts som fordonsbränsle kan ge en klimattnytta på ca 148% jämfört med fossila bränslen. Att klimattnyttan kan överstiga 100 % beror på att metan- och lustgasläckage från flytgödselager minskar vilket gör att biogasen blir mer än klimatneutral.

Rötrest (biogödsel)

I biogasprocessen skapas också en rötrest. Den näring som fanns i substratet innan det fördes in i rötammaren finns också kvar i rötresten efter biogasprocessen. Då det organiska avfallet består av gödsel, växter eller rent hushållsavfall, kallas rötresten för biogödsel eller biomull, och ger en rötrest som fungerar bra som gödningsmedel i jordbruket. Att sprida rötad stallgödsel på jordbruksmark istället för orötad stallgödsel har flera fördelar eftersom det organiskt bundna kvävet omvandlas till ammoniakkväve som kan tas upp av växten direkt, vilket i sin tur minskar urlakningen av näringsämnen som är ett stort miljöproblem i många områden och som leder till övergödning av vattendrag (Staurem et al. 2009; Baky et al. 2006). Dessutom bidrar rötresten till mindre ogräs jämfört med rent gödsel eftersom andelen ogräsfröer minskar under röttningsprocessen. Användning av rötrest bidrar också till en minskad användning av konstgödsel (Hansson & Christensson 2005). Dessutom minskar andelen illaluktande komponenter vilket gör att rötresten luktar betydligt mindre än stallgödsel (Bioenergiportalen 2008).

Det finns en lagstiftning inom EU som heter animaliska biproduktförordningen (APB) om hur olika animaliska biprodukter får hanteras för att undvika smittspridning från avfallet. Vid biogasproduktion från husdjursgödsel, slaktavfall och matavfall måste substratet hygieniseras vid 70°C i en timme med en maximal partikelstorlek på 12 mm, men det är möjligt att få andra hygieniseringsmetoder godkända. Ett undantag är om husdjursgödsel från bara en gård ska rötas i en biogasanläggning, då behöver inte substratet hygieniseras, men vid samrötning av gödsel från flera gårdar bör substratet hygieniseras (Roth et al. 2009).

När substratet i biogasanläggningen består av avloppsslam, restdelar ifrån självdöda djur eller andra svårkontrollerade organiska material kallas bioresten oftast för rötslam och är inte godkänd som gödningsmedel på jordbruksmarker för livsmedelproduktion. Men den kan användas vid t.ex. gödning av energigrödor (Bioenergiportalen 2008).

Biogasproduktion från organiskt avfall har under de senaste åren blivit allt mer intressant som en effekt av klimatdebatten och de stigande priserna på fossila bränslen, samt ett ökat intresse för lokalproducerat. Den anaeroba processen minskar mängden avfall och gör att avfall kan betraktas som en resurs.

Biogas i Europa

Finland, Sverige och Tyskland producerar och använder stora mängder biogas. I Norden produceras det idag mer energi från biogas än från vattenkraft. En viktig drivkraft för utvecklingen av biogasanvändning i Danmark, Tyskland och till viss del Sverige har varit problem med jordbrukets försurning och övergödning av vattendrag (Randeberg et al. 2005). Tyskland, Danmark och Finland är de tre länderna i världen som satsar mest på biogas. Bara i Tyskland finns över 4000 biogasanläggningar (AEBIOM 2009) medan det i Norge endast finns 65 (Randeberg et al. 2005).

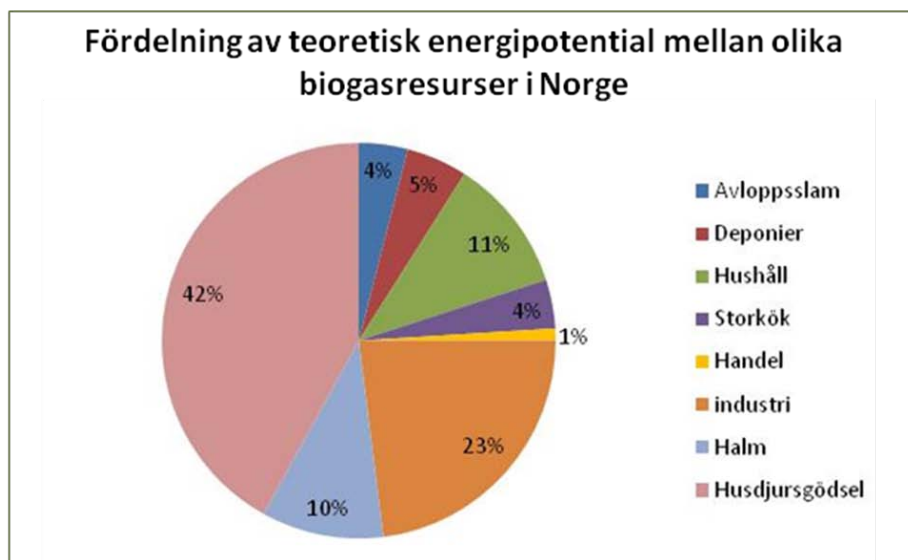
De flesta biogasanläggningarna i Tyskland är lokaliserade på gårdsbruk för produktion av kraftvärme, i Sverige däremot finns de flesta biogasanläggningarna på reningsverk. På grund av låga elpriser har det mesta av gasen använts till uppvärmning (50 procent) och endast en mycket liten del till elproduktion (8 procent). Sverige har också satsat stort på att uppgradera biogas för drivmedel till fordon och under 2009 användes 25 procent till detta och det är en accelererande trend (AEBIOM 2009).

Biogas i Norge

Av Norges idag 65 biogasanläggningar producerar 40 anläggningar biogas från deponier (soptippar) och är mestadels ett resultat av miljömyndigheternas krav på sänkning av metangasutsläpp. Den största delen av deponigasen som produceras facklas direkt och endast en mycket liten del utnyttjas. Huvudanledningen är att det i många sammanhang finns begränsade möjligheter för användning av gasen då avståndet från deponierna till potentiella användare av gasen är för stort. Det finns 18 biogasanläggningar i Norge som är baserade på avloppsslam, och huvudsyftet är att reducera volymen av avloppsslam. Reningsverken är oftast mer centralt lokaliserade än deponier, därför så finns här en större möjlighet för användning av gasen. (Randeberg et al. 2005).

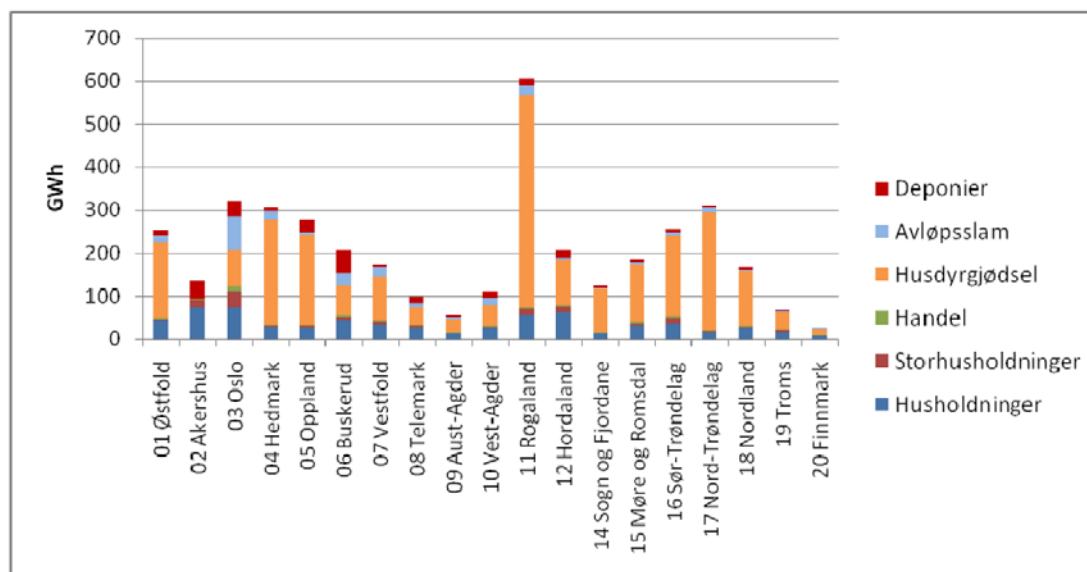
Den teoretiska biogaspotentialen i Norge är enligt Raadal et al. (2008) 5,9 TWh varav 2,5 TWh kommer ifrån husdjursgödsel, vilket motsvarar 42 % av den totala potentialen. Trots den stora biogaspotentialen i jordbruket finns nästan inga biogasanläggningar i det norska jordbruket och ännu färre baserade på husdjursgödsel (Randeberg et al. 2005).

Figur 11 visar den teoretiska energipotentialen i procent mellan olika biogasresurser i Norge framräknad av Raadal et al. (2008). Husdjursgödsel utgör den största biogaspotentialen följt av avfall från industrin.



Figur 11: Norges fördelning av teoretisk energipotential för biogasresurser (Raadal et al. 2008).

Det har också blivit beräknat fördelningen av biogaspotential i varje län och resultatet kan ses i figur 12, potentialen från industri och halm är dock inte med i denna beräkning då det är svårt att fördela detta länsvis. Figur 12 visar att biogaspotentialen i Sør-Trøndelag ligger på ca 250 GWh och att husdjursgödsel är den dominerande biogasresursen följt av hushållsavfall. I Nordland är biogaspotentialen lägre, ca 150 GWh, även här är husdjursgödseln den ensamt dominerade biogasresursen. (Raadal et al. 2008).



Figur 12: Länsvis fördelning av teoretisk biogaspotential fördelat på olika biogasresurser (Raadal et al. 2008).

Levande landsbygd

Lokal produktion av biogas medför inte bara klimatvinster, det bidrar också till att lokala råvaror utnyttjas på ett hållbart sätt utan långa transporter eller import. Gårdsbrukare kan genom att etablera en egen biogasanläggning producera sin egen energi vilket skapar egenvärden i form av självförsörjande och lokal produktion av förnyelsebar energi. Genom att röta husdjursgödsel i en biogasanläggning innan spridning på åkern minskas luktproblemen avsevärt då biogasprocessen tar bort lukten. Detta kan vara till stor fördel för lantbruksföretagen, särskilt om spridningsarealen ligger i närheten av tätbebyggelse, detta kan till och med ha en avgörande betydelse för jordbrukarnas möjlighet att överleva som djurproducenter (Held et al. 2008).

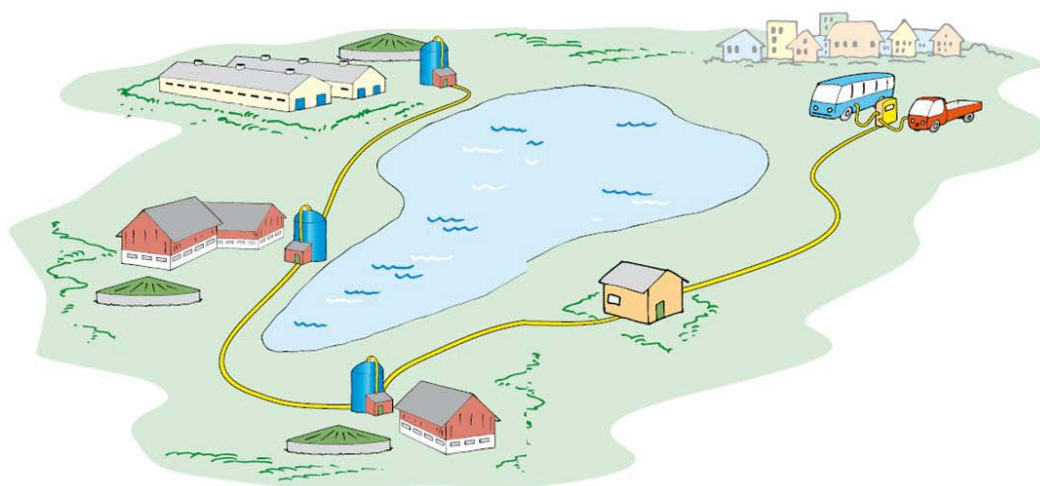
Överskottsarealer eller marker som ligger i träda kan riskera att på sikt försummas och växa igen. Genom att använda gräset på dessa marker till biogasproduktion för att sedan plöja ner rötresten i marken betyder att också marker som ligger i träda eller för tillfället inte används kan komma till nytta och till och med generera inkomster, samtidigt som näringsämnen i jorden blir mer lättillgängliga för växterna än om bara gräset hade plöjts ner i jorden utan att ha rötats som det görs idag. Dessa arealer kan också användas för produktion av energigrödor för att hålla jordbruksarealen i brukbart tillstånd vilket också kan bidra till att arealer bevaras för framtida livsmedelsodlingar (Held et al. 2008).

Genom att jordbrukarna kan producera sin egen energi för energianvändning eller försäljning kan lönsamheten i lantbruksföretagen öka. Fler företag kan överleva, detta kan i sin tur leda till en mer levande landsbygd och en ökad sysselsättning i regionen (Held et al. 2008).

Biogasanläggningar i jordbruket

Biogasanläggningar finns i ett stort spektra av storlekar. Roth et al. (2009) har tagit fram typiska storlekar för biogasanläggningar baserat på substrat från jordbruket i Sverige. Den minsta kategorin av biogasanläggning är vad man brukar kalla en gårdsbaserad biogasanläggning som drivs med substrat som produceras på en enskild gård, dessa anläggningar har enligt Roth et al. (2009) normalt en kapacitet på ca 0,5-3GWh biogas per år. Gårdsbaserade anläggningar drivs normalt med organiskt substrat som gödsel, vall och odlingsrester. Det kan också vara möjligt att tillföra externa material som slaktavfall och matrester, detta är fördelaktigt då det ger ett högre biogasutbyte och mer näring till rötresten. Nackdelen är att det ställs högre krav på hygieniseringen (Roth et al. 2009).

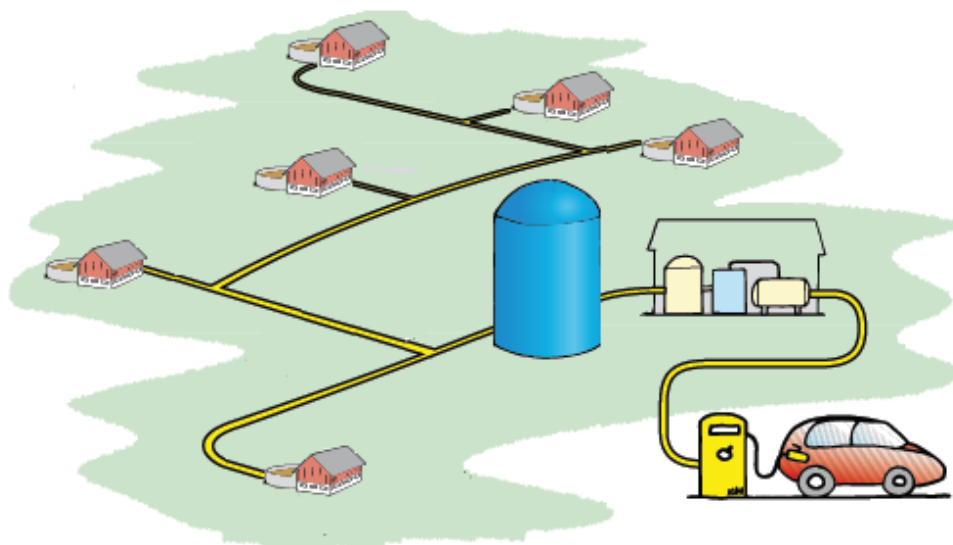
Det är normalt inte ekonomiskt hållbart att producera fordonsgas från en liten gårdsbaserad biogasanläggning, men det går att sammanlänka flera små biogasanläggningar med ett rågasnät till en gemensam uppgraderingsanläggning, se exempel figur 13. Rötprocessen och bioresten hanteras och används på den egna gården, detta betyder att all typ av transport av gödsel, vilket är dyrt, undviks, den enda extra kostnad som tillkommer är den för rågasnätet. Gödsel och biorest behöver inte hygieniseras eftersom den endast sprids på den egna gården. Genom att samköra gasen fås en tillräckligt stor mängd biogas för att det ska bli ekonomiskt hållbart att uppgradera den till fordonsbränsle, men det krävs en gasmängd motsvarande minst 15-40 GWh (Roth et al. 2009). I Skåne, Halland och Dalsland finns det planer på ett genomföra ett samkörningsprojekt av denna typ (Roth et al. 2009).



Figur 13: Exempelbild på samkörning av biogas från flera gårdsbruk. Biogasen pumpas i ett rågasnät till en gemensam uppgraderingsanläggning för att sedan användas som fordonsbränsle (Jobacker et al. 2008). Bilden används med tillstånd av LRF. Illustratör Kim Gutekunst

Om en gård är för liten för en egen biogasanläggning eller om gårdsbrukarna inte vill investera i en egen anläggning kan ett antal gårdar gå ihop och gemensamt etablera en större anläggning (15-40 GWh) (figur 14). Då det är dyrt att transportera gödsel är avståndet mellan gårdarna och anläggningen viktigt att värdera (Roth et al. 2009). Gödsel transporteras normalt med lastbil men det är också möjligt att transportera gödsel med rörledningar (Berg 2000;

Roth et al. 2009; Wennerberg 2009). En gemensam biogasanläggning innebär att gödsel/rötresten måste hygieniseras för att undvika smittospridningar mellan gårdar.



Figur 14: Exempel på en centraliserad biogasanläggning för uppgradering av biogas till fordonbränsle (Jansson 2008). Bilden används med tillstånd av LRF. Illustratör Kim Gutekunst

Vid storskaliga biogasanläggningar (>100 GWh), så kallade centraliserade biogasanläggningar, levererar gårdsbrukarna också till en centraliserad biogasanläggning men i detta fall krävs mer substrat och fler gårdar, (figur 14). Här krävs det en noggrann kvalitetssäkring av gödsel och eftersom det är många gårdsbruk som är involverade är hygien extra viktig för att inte sprida sjukdomar. Syftet med en biogasanläggning i denna storlek är vanligtvis produktion av fordonbränsle. För anläggningar av denna storlek är inte bara placeringen i förhållande till gårdsbrukarna viktig, här är det minst lika viktigt att det finns närhet till infrastruktur för distribution av biogasen. Vid transport av gödsel och biorest till och från centraliserade anläggningar kan det vara aktuellt med rör (Roth et al. 2009).

Dimensioneringen av biogasanläggning

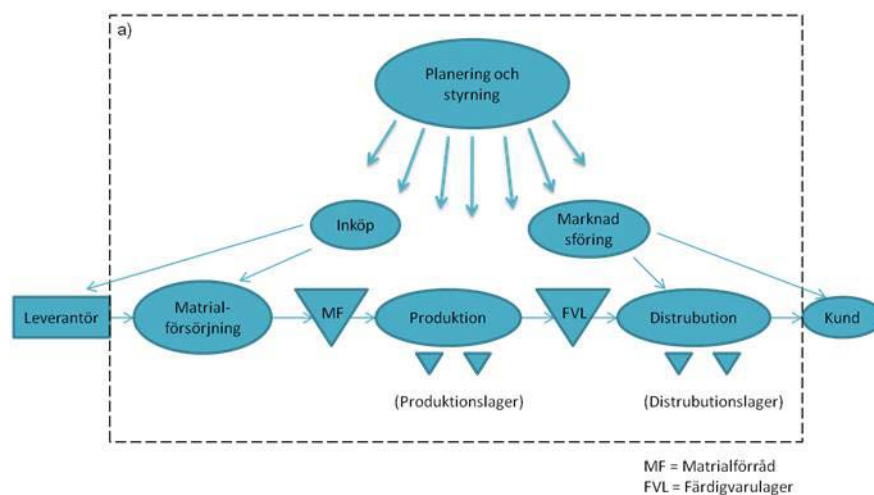
Dimensioneringen av en rötchamber är beroende av mängden substrat som ska rötas, men generellt bör diametern vara 1,5 gånger höjden (Dalemo 1996). Det är sedan fördelaktigt att öka rötchammarvolymen med 10 % efter att den har dimensionerats utifrån mängden substrat, detta görs för att få plats med en del av den producerade gasen samt ha en viss säkerhetsmarginal (Lantz 2004). På gårdsbruken där biogasanläggningen ska etableras finns normalt ett gödsellager, detta är i de flesta fall dimensionerat för att klara av gårdens gödselproduktion för 6-10 månader. Det är därför bra att dimensionera rötrestslaget efter hur mycket gödsel som produceras på gården så att det befintliga gödsellaget kan användas som rötrestslager, vilket innebär att gårdsbrukaren måste investera i ett litet färskgödsellager med en kapacitet på ca 1-2 månaders gödselproduktion.

Logistik

En väl fungerande logistik är viktig för att öka lönsamheten och skapa konkurrenskraft i ett företag. Logistik är ett område som är under ständig utveckling men grundstommen är alltid densamma, att effektivisera för att skapa ett mer lönsamt företag. Logistiken blir allt mer viktig i dagens rationaliserade och konkurrenskraftiga samhälle (Banken & Aarland 2003).

Ett producerande företags logistiksystem startar vid råvaran och slutar hos konsumenten, detta gäller också för en biogasanläggning. Figur 15 visar en förenklad modell av ett producerande företags logistiksystem. När det gäller logistik är det vanligt att dela in företaget i tre huvudfunktioner: försörjning, produktion och distribution, mellan dessa huvudfunktioner finns oftast lager med olika funktioner och storlekar. Det första lagret är materialförråd (MF) också kallat råvarulager, följt av ett antal produktionslager. Mellan produktionsanläggningen och distributionen finns oftast ett färdigvarulager (FVL), i det flesta fall finns också ett flertal lager inom distributionen, normalt i form av större centrallager och mindre regionala lager närmare marknaden (Aronsson et al. 2004).

Logistiken för en biogasanläggning liknar på många sätt logistiken för ett producerande företag. I en biogasanläggning finns ett förlager, bestående av alla gödsellager hos varje gårdsbrukare, varifrån gödseln ska levereras till materialförsörjningen. Gödseln kan behöva lagras i ett förlager i form av MF, här kan också substratet förbehandlas och hygieniseras vid behov. Om det är mycket fibrer eller större delar i substratet som växtdelar, slaktavfall eller torrs substratgödsel kan det behöva malas, innan det pumpas eller skottas in till rötchammaren.



Figur 15: Ett Producerande företags logistiksystem (Edström & Nordberg 2004)

Det som gör logistiksystemet lite unikt för en biogasanläggning är att produktionen resulterar i två produkter som delar in FVL och distributionen i två grenar. Den ena produkten är biogasen som ska ut till slutkonsumenten i olika form och den andra produkten är rötresten som ska tillbaka till gårdsbrukarna, vilket innebär att "Leverantör" även måste behandlas som en kund. I en biogasanläggning finns egentligen inget konkret "inköp" som i det flesta företag, det handlar snarare om koordination av transport.

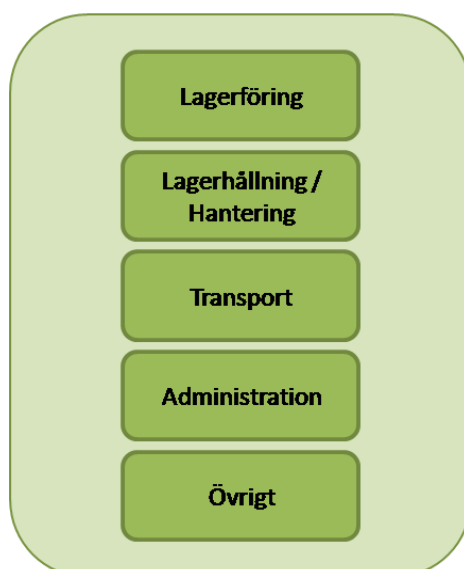
Kopplingen mellan marknadstänkande och distribution är viktigt, det är kunden som ska försörjas på ett bra och effektivt sätt (Edström & Nordberg 2004; Banken & Aarland 2003). I biogassystemet är det återigen två grenar av detta. Leverantörerna som även är kunder och som på ett effektivt och lönsamt sätt ska få tillbaka en biorest, de andra kunderna är bensinmackar, elföretag och slutligen slutkonsumenten i form av elförbrukare eller bilförare som ska få levererat biogas. Det är viktigt att kunden, oavsett om det är gårdsbrukaren som ska ha tillbaka en rötrest, eller om det är en bilförare som ska tanka, ska få låga priser och hög service. Detta är ett nyckeltänkande inom logistik och är det som krävs för att ett företag ska gå bra på lång sikt. I praktiken handlar det framförallt om att identifiera lämpliga avgränsningar mellan funktionstänkande och processtänkande (Aronsson et al. 2004).

Inköp är ett långsiktigt planerande med målet att hitta lämpliga leverantörer att skriva kontrakt med, detta innebär i ett biogassystem att kunna utvärdera en bondgårds gödselproduktion för att sedan utvärdera om produktionen av gödsel är tillräckligt stor och jämn för att det ska kunna ingå i biogassystemet för att sedan skriva kontrakt med lämpade gårdsbruk för att säkerställa leverans.

Logistikkostnader

I logistiken måste det göras en kostnadsutvärdering som beaktar alla kostnaderna i ett företag. Vilka kostnader detta innefattar kan variera, men i figur 16 visas exempel på kostnader i en totalkostnadsmodell, de kostnader som är representerade är de vanligaste kostnaderna, (Aronsson et al. 2004) vilket också är en förenklad modell av de olika kostnader som belastar en biogasanläggning.

Totala logistikkostnader



Figur 16: Exempel på kostnader i totalkostnadsmodellen (Aronsson et al. 2004)

Lagerföringskostnader innefattar kostnaderna för att lagra gödseln. I det flesta logistiksystem skulle dessa kostnader innefatta kostnaden för kapitalbindning (Aronsson et al. 2004), detta är oftast inte fallet för en biogasanläggning där man i det flesta fall inte betalar några direkta

pengar för gödseln utöver transportkostnaden. Däremot är det i en biogasanläggning aktuellt att diskutera riskkostnader i form av inkurans, vilket innebär att mängden biogas som kan utvinnas från gödsel minskar med tiden. Färskare gödsel ger en högre biogasutdelning, det är därför kostsamt att lagra gödsel för länge innan produktion. Detta innebär även att den förlorade mängden biogas försvinner som utsläpp av metan till atmosfären.

Lagerhållningskostnader och hanteringskostnader innefattar kostnaderna för att driva ett lager, t.ex. kostnaderna för att äga ett lager samt för att driva lagerbyggnaderna. Här ingår också eventuell förbehandling av gödseln, samt kostnader för personal som ska arbeta med lagret. En vanlig uppdelning är: kostnader för mottagning av gödseln samt lasting och tömning, kontroll av gödseln och i vissa fall hantering av gödseln i form av förbehandling och slutligen kostnaderna för utlastning/pumpning av gödseln till produktion (Aronsson et al. 2004).

Transportkostnader omfattar allt från administrationskostnader till direkta kostnader relaterat till transporterna. Logistiken kring transporten är en av de viktigaste delarna när det gäller en biogasanläggning baserad på gödsel. Gödsel har relativt låg energitäthet och innehåller stora mängder vatten, vilket bidrar till höga transportkostnader som medför att gödseln inte kan transporteras långa sträckor (Berglund & Börjesson 2003; Roth et al. 2009), samtidigt som den har en relativt stor (komplicerad) geografisk spridning. Det är dessutom viktigt att planera transporten väl med ett bra informationsflöde för att få en säker och pålitlig leverans för att undvika produktionsstopp och ökat behov av säkerhetslager (Banken & Aarland 2003; Aronsson et al. 2004).

Administrativa kostnader innefattar kostnader för ordermottagning, fakturering, löneutbetalningar, ekonomisk uppföljning och andra administrativa kostnader. Dessa kostnader kan delas upp på enskilda ordrar som sedan kan delas upp i inkommande gödsel och utgående varor, varje order resulterar i en del administrativt arbete vid orderläggning och mottagning som kvalitetskontroll av gödsel. Kvalitetskontroll av utgående varor från, utsändning av biorest, samt utsändning av biogas, här kommer också fakturakontroll och betalning in i bilden (Aronsson et al. 2004).

Övriga logistikkostnader kan inrymma många olika saker, några av dessa som kan ha en stor påverkan på totalkostnaderna kan vara: informationskostnader och materialkostnader. Informationskostnaderna innefattar informationssystem som stödjer och driver materialflödet i alla faser av biogasanläggningen, från planering av leverans, inmatning, tömning och utleverans (Aronsson et al. 2004). Materialkostnaderna har i en biogasanläggning oftast inga direkta kostnader, men det är ändå viktigt att utvärdera energiutvinningen från gödslet mot de logistikkostnader som uppstår vid hämtning och hemtagningen av gödslet.

Alla dessa olika logistikkostnader som har tagits upp ovan är relaterade till varandra, vilket innebär att en förändring av en kostnad kan resultera i flera andra kostnader förändras samtidigt, det är viktigt att ha en bra översikt över detta och att se helhetsperspektivet eftersom en sänkning av en kostnad på ett ställe behöver inte innebära kostnadsänkningar på andra ställen utan kan till och med innebära kostnadsökningar (Aronsson et al. 2004).

Logistik av transport

Att transportera en produkt är komplicerat och innehåller många frågetecken som måste klaras ut. Det finns många olika transportalternativ för att leverera en vara från en plats till en annan, de fem vanligaste är lastbil, tåg, flyg, båt och rörledning. Alla dessa olika sätt att transportera en vara har sina olika för och nackdelar och vid många transporter kombineras dessa. Det viktiga är att hitta den kombination som ger den bästa balansen mellan kostnad, ledtid och leveransservice (Aronsson et al. 2004). När det gäller transport av gödsel i Norge är det egentligen bara lastbil, rörledningar och eventuellt båt som är relevanta, då tåget bortgår på grund av geografiska begränsningar liksom flyg eftersom det är det dyraste transportsättet av de fem och endast är aktuellt vid betydligt längre transporter än bara inomlands i Norge.

Vid transport av gödsel är lastbil och rörledningar det vanligaste alternativen (Berg 2000; Roth et al. 2009; Wennerberg 2009). Men också båt har stora möjligheter i Norge då en stor del av landet är kust, men båttransporter kan endast vara aktuellt vid transport av stora kvantiteter över betydligt längre sträckor än vad man normalt transporterar gödsel och rötrest. Detta kan ändå vara ett alternativ för en stor centraliserad biogasanläggning där inte bara gårdar från en kommun går samman, utan även ett större antal kommuner.

När man studerar olika transportsätt är det viktigt att se på transportledtiden, vilket är den tid det tar att transportera något från leverantör till kund. De olika transportsätten kan skiljas åt beroende på om de kan klara direktleverans eller inte. Till exempel kan båtfrakt bara gå mellan olika hamnar, det krävs oftast ytterligare en transport för att varorna ska nå fram till slutdestinationen. För att studera vilket transportalternativ som är bäst för ändamålet är det viktigt att beakta hela flödet från leverantör till slutdestination. Om råvaran körs med lastbil är det endast transporttiden som beräknas, om råvaran transporteras med båt så ska även omlastningstiden och väntetiden vid båthamnen inkluderas i en jämförelse (Aronsson et al. 2004).

En jämförelse mellan lastbilstransport och pumpning i rör visar att mängden substrat som ska transporteras och den geografiska spridningen av gårdarna har stor betydelse vad det gäller för och nackdelar med de två transportalternativen. Pumpning av substratet i rörledningar ställer krav på korta avstånd (under 5 km) och att substratet inte har en torrsubstanshalt över 10% då detta försvårar pumpningen (Wennerberg 2009). Med transport av lastbil kan avstånden vara större, men när det är gödsel som transporteras som innehåller en relativt låg energimängd per volymenhet bör avståndet med lastbil inte överstiga 10-30 km (Berglund & Börjesson 2003). För lastbilstransport består kostnaderna framförallt av rörliga utgifter i form av timkostnader, medan det för rörledningar till största delen utgörs av kapitalkostnader till följd av höga investeringskostnader, detta är därför mer ekonomiskt vid transport av stora volymer (Johansson & Nilsson 2007). Som nämnts tidigare så är transportledtiden viktig att ta med i en jämförelse. Transport med lastbil innebär att substratet måste lastas vilket medför extra tid och därmed en extra kostnad vilken kan vara större än kostnaden för själva transporten (Kelsberg 2010). Vid korta transporter som utförs vid låga hastigheter så har avståndet inte så stor betydelse för totalkostnaden (Hanssen 2010). Enligt Johansson & Nilsson (2007) ligger lastningstiden för en lastbil på 40 ton med flytande substrat på ca 15 minuter, och enligt Linné

& Ekstrandh (2006) 30 ton på 20 minuter inklusive utvändigt tvätt av lastbil, medan det för rörledning är noll. I en jämförelse mellan de två alternativen för en biogasanläggning är lastbil det billigare alternativet enligt Johansson & Nilsson (2007). Men i dagens samhälle har logistiken också börjat handla allt mer om miljö och om vilka miljövinster olika alternativ kan ge (Aronsson et al. 2004), detta är extra viktigt för en biogasanläggning där miljö oftast står i centrum och normalt är den huvudsakliga anledningen för uppbyggnad av anläggningen. När man utvärderar miljövinster i sammanhanget är pumpning med rörledning det mest miljövänliga alternativet ur många aspekter. Rörledningar bidrar inte till utsläpp av växthusgaser, extra belastning på vägnätet eller potentiell ökad risk för trafikolyckor (Johansson & Nilsson 2007).

Vid transport av gödsel och rötrest till och från en biogasanläggning är valet av transportmetod beroende av om det ska byggas en mindre anläggning i en kommun, där gödsel ska hämtas och fraktas i små kvantiteter till många inom ett litet geografiskt område, eller en större anläggning med flera kommuner utspridda över en stor geografisk yta, där större kvantiteter kan skickas över ett större område. I det förstnämnda fallet är endast lastbilstransport eller rörledningar aktuellt, medan det däremot i det andra fallet kan vara aktuellt med båttransport, det kommer dock fortfarande att vara så att varje kommun har mindre kvantiteter som ska hämtas med antingen lastbil eller pumpas med rör för att sedan fraktas i större kvantiteter i t.ex. båt. Enligt Kelsberg (2010) ligger transportkostnaderna med lastbil på ca 100 kr per m³ substrat medan det med båt kostar ca 17 öre per m³ (Kvam 2010). Men för att kunna transportera substrat med båt krävs större volymer än vad man normalt får från endast gödsel, genom att lägga till alternativa substrat som t.ex. fiskrens som det finns gott om i Norge, kan tillräckligt mycket substrat fås för att transport med båt ska bli ett hållbart alternativ.

Det finns många olika logistiklösningar kring transport av gödsel och rötrest mellan biogasanläggningen och gårdsbrukarna. En av de vanligaste lösningarna är att varje jordbrukare själv levererar gödsel och får en lika stor mängd rötrest tillbaka. En annan lösning är att lantbrukarna köper tillbaka rötresten, då står anläggningen för alla transportkostnader, både vid hämtning och vid leverans. Ett tredje alternativ är att lantbrukarna får en ersättning för att de tar emot rötrest mot att det själva står för transporten. Vilken som är den bästa lösningen måste gårdsbrukarna och biogasanläggningen själva komma fram till, det finns inget rätt eller fel (Roth et al. 2009).

Verkligheten för alla transporter är att varje lastbil måste köra fram och tillbaka. I biogasanläggningar där transporten görs med lastbil körs lastbilen fullastad åt en hållet och tom tillbaka då gödslet och bioresten inte får blandas på grund risk för smittspridning eftersom rötresten är värmebehandlad för att ta bort smittor. Detta är förstås slöseri med både pengar och energi att lastbilen ska köra halva tiden olastad, därför är det önskvärt att även kunna fylla lastbilen också på tillbakavägen. Rötresten kan alltså inte köras i en lastbil som har använts för gödseltransport utan att ha tvättats innan. Men det är möjligt att transportera gödsel i en bil som innan dess har transporterat rötrest, men detta förutsätter att bilen tvättas noggrant efter varje transport.

En studie gjord av Linné & Ekstrandh (2006) visar att det lönar sig att köra två separata lastbilar för rötrest och biorest, den extra kostnaden detta innebär är lägre än kostnaden vid transport med en lastbil då detta ofta innebär dålig arbetsmiljö vid tvättning samt ökad risk för smittspridning. Vid korta transporter inom en liten kommun kan tvättning och hygienisering innebära en fördubbling av transporttiden. Transport med två lastbilar innebär då att dubbelt så många transporter kan utföras samtidigt som smittorisken elimineras.

Det är viktigt att utvärdera, beskriva och analysera de olika flöden som kommer att ingå i biogasanläggningen, som kartläggning av material- och informationsflöden för att kunna klargöra hur många aktiviteter och lagerpunkter flödet kommer att innehålla, hur många alternativa flödesvägar som kan tänkas finnas samt vad för personal och/eller avdelningar som är inblandade i flödet (Aronsson et al. 2004).

Som diskuterats tidigare är ett viktigt mål med logistiken att skapa en bra och pålitlig leverans och leveransservice till en så låg kostnad som möjligt. Leverans- servicenivåerna är därför intressanta att mäta. Fyra konkreta mätbara element inom leveransservice är ledtid, lagertillgänglighet, leveranspålitlighet och leveranssäkerhet. Vid en analys och kartläggning är problemet ofta att det är svårt att definiera vilka kostnader som är relevanta att ta med. Det är dessutom ofta svårt att få fram en total kostnad för en viss aktivitet eller flöde. Det som måste göras är att konstruera några olika logistikförslag och sedan jämföra dessa för att kunna identifiera vilka kostnader som kommer att påverkas av förändringen och med hjälp av ett totalkostnadsresonemang få fram hur kostnaderna kommer att förändras (Aronsson et al. 2004).

Till biogasanläggningen kommer det "alltid" att vara ett konstant inflöde av råmaterial och utflöde av rötrest. För att detta ska fungera i praktiken gäller det att efterfrågan på biogasen är konstant. Vid produktion av värme och el är detta inte fallet, överflödigt biogas måste då facklas. Genom att göra bilbränsle av biogasen kommer efterfrågan troligtvis att vara mer konstant över tiden. Här finns också möjlighet att blanda gasen med fossil gas för att ytterligare säkerställa leveransen, det som kan leda till problem är om efterfrågan plötsligt går ner istället för upp då ökad efterfrågan är lättare att buffra (Banken & Aarland 2003).

Vad är GIS

GIS står för Geografiskt Informations System och är ett system för att hantera, analysera och visualisera stora mängder rumslig information och attribut. Ett av syftena med rapporten är att ta fram en GIS-metod för att geografiskt analysera ett biogassystem från husdjursgödsel. All information måste därför samlas in och kopplas geografiskt i en databas. Förenklat kan man säga att GIS-databasen består av geografiska datalager som avspeglar verkligheten som t.ex. vägar, vattendrag, markanvändning o.s.v. De olika datalagren kan läggas på varandra för att visualisera eller analysera deras rumsliga fördelning i förhållande till varandra. GIS har ett brett användningsområde och används bland annat inom forskning, miljöfrågor, planeringsarbete och räddningstjänsten (Harrie 2008).

GIS-databasen byggs upp i flera steg, först insamlas relevanta data. Den insamlade informationen bearbetas, sorteras och lagras i olika geografiska datalager. De olika datalagren

kan sedan kombineras och analyseras med olika metoder för att få fram önskad information och resultatet kan sedan redovisas i olika tematiska kartor.

Optimal placering av biogasanläggning

En bra metod för att optimera placeringen av en biogasanläggning är viktig ur många aspekter, men är en komplex uppgift som innefattar miljömässiga, ekonomiska och sociala faktorer och begränsningar som måste tas hänsyn till.

Rapporter från tidigare gjorda analyser för optimal lokalisering av biogasanläggningar med hjälp av GIS visar att framförallt två olika metoder använts. Metod ett bygger på analyser som tar utgångspunkten i avstånds begränsningar och avståndskrav till olika negativa och positiva faktorer så som markanvändningar, vägar o.s.v. med hjälp av buffertzoner och överlagringar (Ma et al. 2005). Metod två bygger på analyser som tar utgångspunkt i att hitta ett optimalt område utifrån avstånd till biomassa baserat på framförallt transportkostnader med hjälp av olika nätverksanalyser (Shi et al. 2008; Paudel et al. 2009; Gao et al. 2006). Det bästa resultatet borde fås vid en kombination av båda dessa metoder, vilket också har varit utgångspunkten för detta arbete i likhet med Perpina et al. (2009).

Positiva och negativa faktorer

Animaliskt avfall som gödsel har länge blivit kritiserat för att bidra till både luft och vattenföroreningar. Detta har lett till både miljömässiga och sociala problem. En biogasanläggning baserad på gödsel bör därför lokaliseras så att känsliga områden undviks. Men vid etablering av en biogasanläggning är det också viktigt att hitta ett område som är så ekonomiskt som möjligt, detta innebär att området måste lokaliseras där det finns en bra infrastruktur (vägar) samt att avståndet till gårdsbrukarna ska vara så kort som möjligt (Ma et al. 2005).

På grund av lukt, ljud och andra störningar som kan uppstå vid drift av biogasanläggningen samt tillhörande transporter bör en anläggning inte vara placerad för nära tätbebyggda områden (Svärd et al. 2008; Ma et al. 2005; Perpina et al. 2009). Enligt norsk lagstiftning ska anläggningar som kan bidra till luktproblem placeras så att detta undviks (Forskrift om gjödselvarer mv. av organisk opphav § 18) men det finns inte angivet några konkreta avstånd. Vid etablering av biogasanläggningar i Sverige, Spanien och USA används ett avstånd på minst 500 m från tätbebyggda områden (Lantz 2004; Ma et al. 2005; Perpina et al. 2009; Moe 2005). I Tyskland används 300 m (Moe 2005), vilket kan vara ett resultat av en högre befolkningsdensitet. Andra känsliga områden är strandzonen kring hav, sjö, åar och bäckar samt myrmark, kulturminnen och naturskyddsområden (Ma et al. 2005; Perpina et al. 2009) och enligt norsk lag får det inte byggas närmare än 100 meter från strandzonen till hav, sjö, åar och bäckar (Lov om planlegging og byggesaksbehandling § 1-8). En annan parameter som är viktig att ta hänsyn till är lutning. En brant terräng ställer högre krav vid byggnationen, därför är det optimalt enligt Ma et al. (2005) och Perpina et al. (2009) att hitta en yta som inte har en lutning överstigande 15 procent.

Studieområde

Ørland

Ørland kommun är en halvö som ligger på Fosenhalvøya i Sør-Trøndelag, (karta 1), kommunen består av ett större landområde samt många små öar, varav 3 större, (karta 2). Kommunen gränsar till Bjung kommun i öst. Ørland är en relativt liten kommun med en sammanlagd areal på 73,59 km² och hade i april 2010 en befolkningsmängd på 5117 invånare (SSB.5 2010). Landskapet är huvudsakligen plant och består till 55 procent av jordbruksareal, jordbruket är en av de dominerande sysselsättningarna i kommunen. Av kommunens 202 jordbrukare bedriver 80 uppfödning av djur. Ørland hade under 2008 en sammanlagd energiförbrukning för hushåll (bostadshus, stugor och fritidshus) på 52,9 GWh, samt en energiförbrukning för vägtrafik på 33,5 GWh (SSB.4 2010), se tabell 2 och 3 som visar energiförbrukningen för de två olika kategorierna fördelat på energibärare.

Meldal och Orkdal

Meldal och Orkdal är två angränsande kommuner i Sør-Trøndelag, (karta 1). De är båda inlandskommuner och gränsar till Agdenes och Sinlffjord i norr, Hemne, Rindal i väster, Rennebu i söder och Midtre Gauldal, Melhus och Skaun i öster. Meldal och Orkdal är båda kuperade kommuner med en sammanlagd areal på 1208,70 km² och hade i april 2010 en total befolkningsmängd på 15150 invånare (SSB.5 2010). Karta 3 visar Meldal och Orkdal kommuner. Tillsammans har de båda kommunerna 6,3 procent jordbruksareal och 278 jordbrukare varav 205 som bedriver uppfödning av djur vilket också är de gårdar som har tagits med i denna studie. Meldal och Orkdal hade under 2008 en sammanlagd energiförbrukning för hushåll (bostadshus, stugor och fritidshus) på 153,1 GWh, samt en energiförbrukning för vägtrafik på 150,9 GWh (SSB.4 2010) Tabell 2 och 3 visar energiförbrukningen för de två kategorierna fördelat på energibärare.

Sømna och Brønnøy

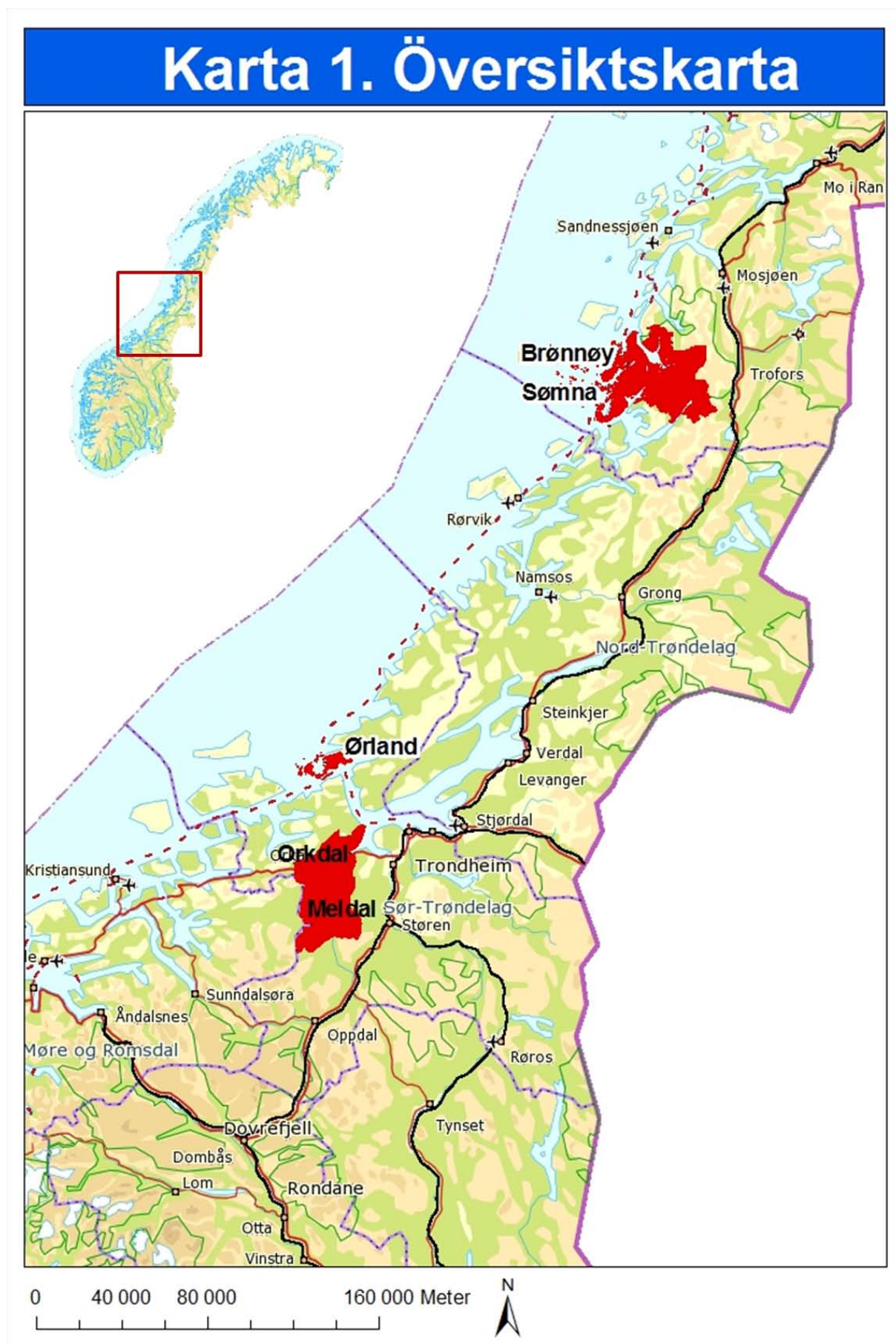
Sømna och Brønnøy är två angränsande kommuner som ligger på Hegeland i Nordland,(karta1). De är båda kustkommuner och består av ett större landområde omgivet av ett stort antal småöar. Kommunerna gränsar till Bindal och Grane i öster och Vefsn, Vevelstad och Vega i norr. Jordbruket är en viktning näring i kommunerna och nord-norges största mejeri ligger i Sømna. Karta 4 visar Sømna och Brønnøy kommun. Kommunerna har en sammanlagd areal på 1234,71 km² och hade i april 2010 en befolkningsmängd på 9717 invånare (SSB.5 2010). Tillsammans har de båda kommunerna 4,1 procent jordbruksareal och 228 jordbrukare varav 202 bedriver uppfödning av djur. Sømna och Brønnøy hade under 2008 en sammanlagd energiförbrukning för hushåll (bostadshus, stugor och fritidshus) på 103,9 GWh samt en energiförbrukning för vägtrafik på 80,9 GWh, (SSB.4 2010) Tabell 2 och 3 visar energiförbrukningen för de två kategorierna fördelat på energibärare. Vid etablering av en biogasanläggning finns önskemål från kommunen att anläggningen ska vara lokaliserad till Sømna.

Tabell 2: Energiförbrukning för hushåll (bostadshus, stugor och fritidshus) i GWh (SSB.4 2010)

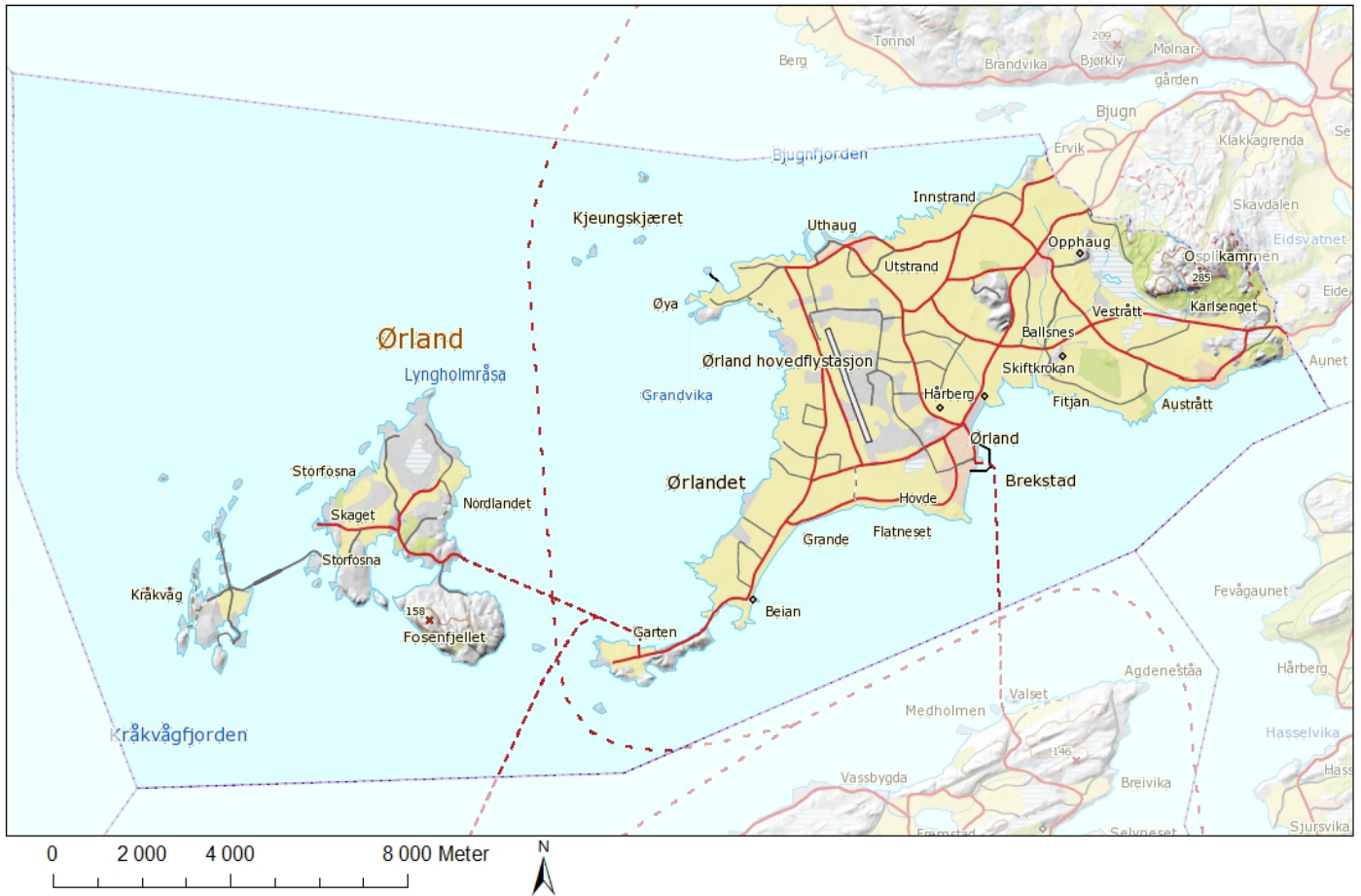
Energikällor	Örland	Meldal	Orkdal	Sömna	Brännöy
Elektricitet	36,7	27,5	79,6	22,3	60,9
Ved	14,8	13,5	25,8	5	14,3
Gas	0,1	0,4	0,5	0,1	0,2
Bensin	0,7	1,1	1,8	0,1	0,4
Disel	0,6	0,6	2,3	0,1	0,5
Summa	52,9	43,1	110	27,6	76,3

Tabell 3: Energiförbrukning för vägtrafik i GWh (SSB.4 2010)

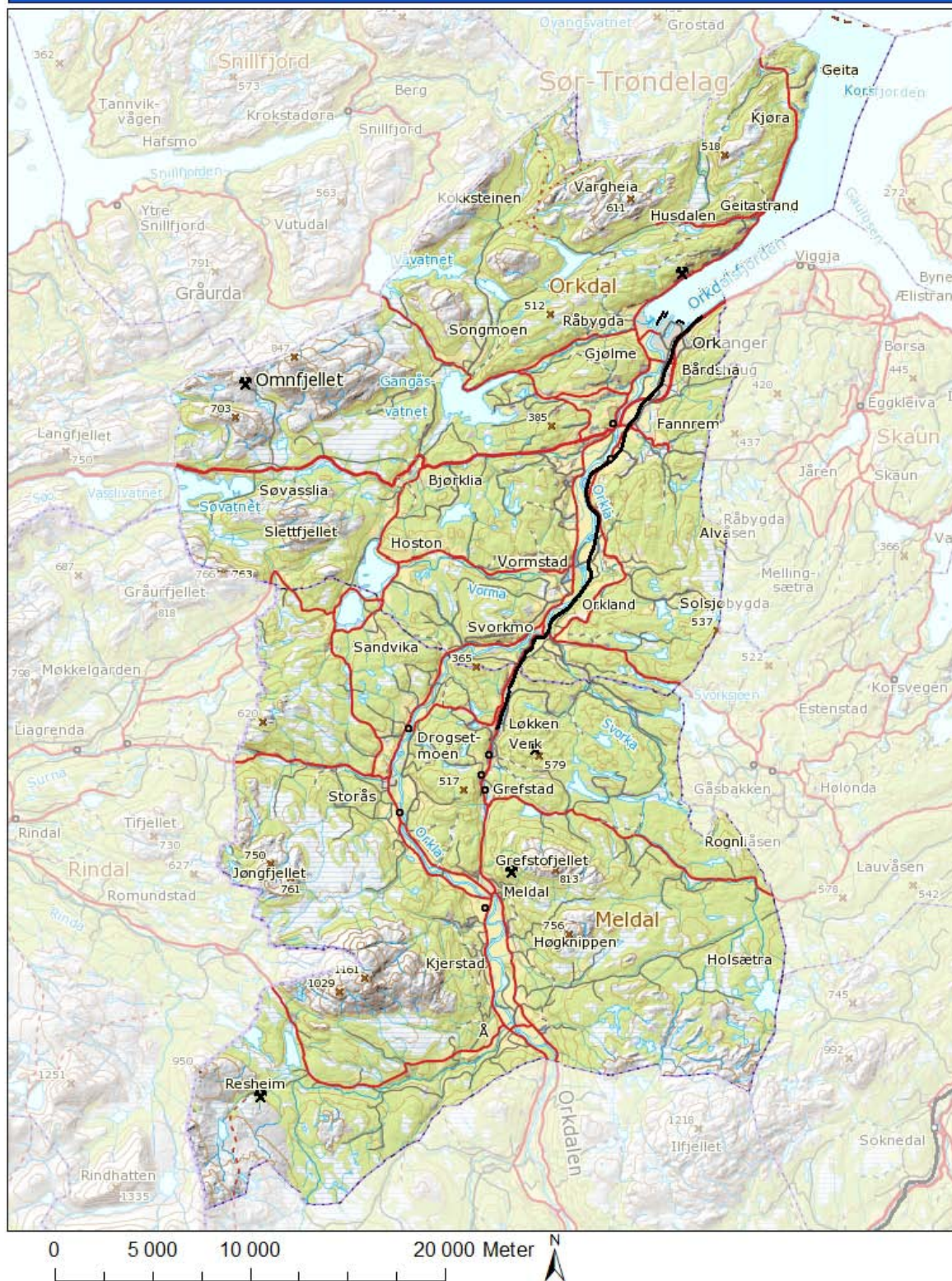
Energikällor	Örland	Meldal	Orkdal	Sömna	Brännöy
Bensin	13,8	14,9	45,2	4,9	24,9
Disel	19,7	21,7	69	7,9	43,1
Gas	0	0	0,1	0	0,1
Summa	33,5	36,6	114,3	12,8	68,1



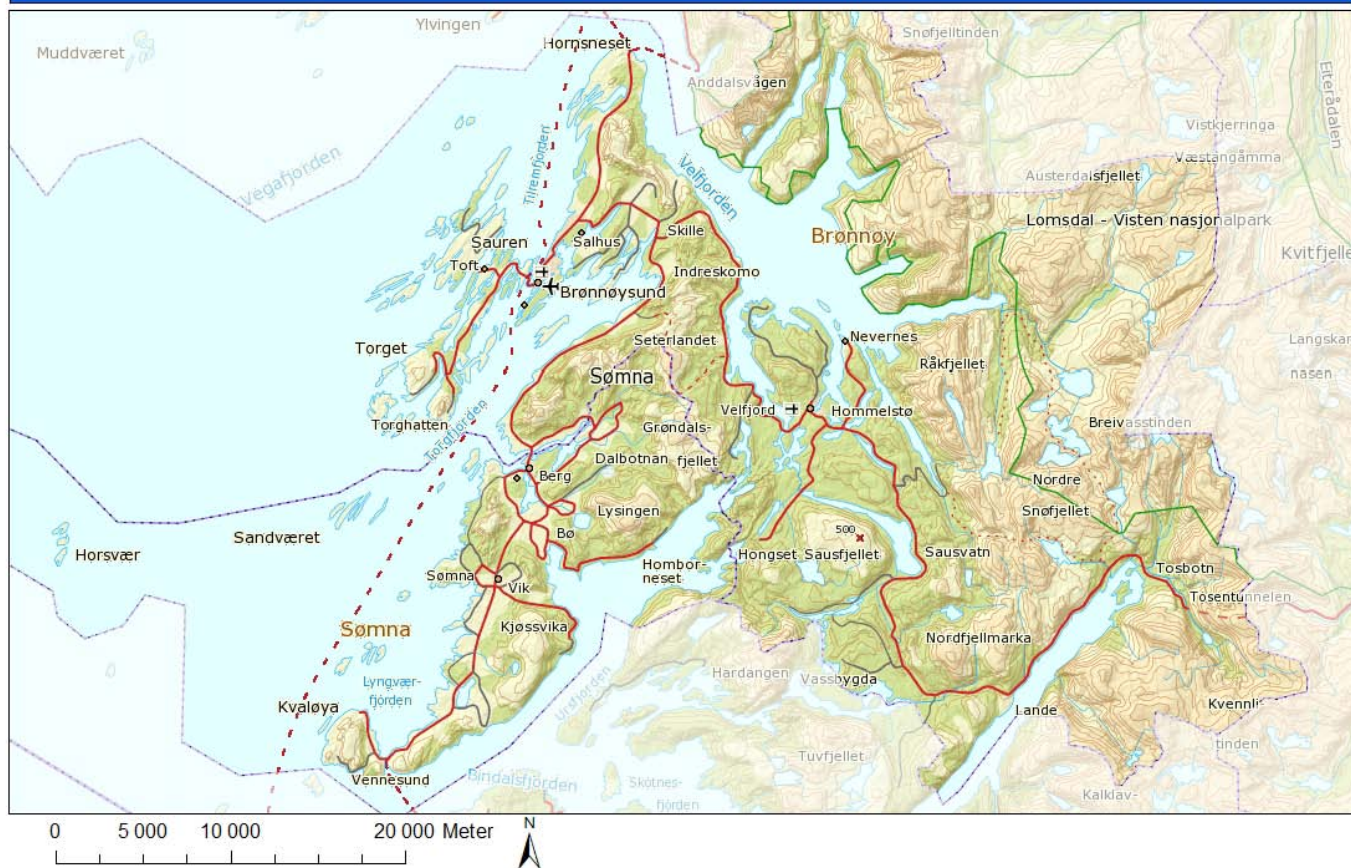
Karta2. Översiktskarta Ørland



Karta 3. Översiktskarta Meldal och Orkdal



Karta 4. Översiktskarta Sømna och Brønnøy



Metod

Djur

För att beräkna hur mycket djur som finns i de fyra kommunerna har data tagits från Lantbrukets Informations Databas (LIB). LIB innehåller data över jordbruksgårdar som har sökt ekonomiskt stöd. Registret innehåller information om antal djur på varje gård samt ålder. Risken finns att det existerar gårdar som inte söker ekonomiskt stöd, dessa kommer då inte med i registret. Det är svårt att avgöra hur många gårdar det rör sig om men enligt (Solstad 2010) är detta troligtvis ett litet antal gårdar som dessutom är mycket små och därför inte kommer att påverka resultatet nämnvärt.

De djur som har tagits med i denna studie är: hästar, mjölkkor, dikor, övriga nötkreatur (oxar, kvigor och kalvar), får (baggar och tackor), lamm, getter (bockar och ungdjur), grisar (suggor och galtar), smågrisar (< 20 mån), slaktsvin, värphöns (>20 veckor) kalkoner, gäss, och kycklingar vilket representera de djur som finns i de fem försökskommunerna. Några djur har dock uteslutits från studien, t.ex. utegående får samt djur för pälsproduktion som mink och räva. Detta på grund av svårigheter att samla in gödsel från utegående djur samt bristande information om gödselproduktion från mink och räva.

Gödsel och torrsubstrat

För att räkna ut hur mycket gödsel som produceras på varje gård krävs information om genomsnittlig gödselproduktion för de olika djurslagen. Det finns mycket litteratur kring detta men värdena har stor spridning. Produktionen av gödsel från respektive djurslag kan variera beroende på produktionsintensitet, foderstatus och system för gödselhantering. Gödselvärdena i denna rapport kommer ifrån Jordbruksverket (1995:10); Albertsson (2009); Börjesson (2007) och Linné et al. (2008). I de fall det varit möjligt har ett medelvärde beräknats baserat på de olika rapporterna.

Stallgödsel brukar delas upp i fyra olika kategorier: flytgödsel, kletgödsel, fastgödsel och djupströgödsel. Vilken typ av gödsel som produceras från olika djur kan variera beroende på system för gödselhantering (Jordbruksverket 1995:10). I denna studie antas att gris och nötkreatur producerar flytgödsel medan fågelfän, får och getter antas producera fastgödsel och hästar djupströgödsel. Detta är baserat på tillgänglig litteratur (Jordbruksverket 1995:10; Albertsson 2009; Börjesson 2007) och (Linné et al. 2008).

I biogassammanhang brukar man också tala om torrsubstrat (ts), detta avser andelen torrt material då allt vatten har avlägsnats från gödseln. Detta används för att beräkna biogaspotentialen för en specifik gödseltyp.

I Jordbruksverket (1995:10) och Albertsson (2009) presenteras andelen gödsel per djur och år i kubikmeter, och i Börjesson (2007) ton ts per år, medan det i Linné et al. (2008) är representerat i ton ts och gödsel per år. För att få allt i samma enhet räknas värdena om till ton per år. För att kunna beräkna transportvolym och biogaspotential måste dessutom alla djurslag finnas representerade i både gödsel och ts-halt. För att kunna göra detta behövs volymvikten för olika gödselslag, se tabell 4 samt ts-halten i tabell 5

Tabell 4: Volymvikten för olika gödseltyper

Gödsel	Volymvikt
Flytgödsel ¹	1 ton/m ³
Djupströgödsel ²	0,5 ton/m ³
Fastgödsel höns ¹	0,9 ton/m ³
Fastgödsel får ³	0,5 ton/m ³

(1) (Jordbruksverket 1995:10)

(2) (Albertsson 2009)

(3) (Albertsson 2007)

Tabell 5: ts-halt för flytgödsel för olika djur

Flytgödsel	ts-halt
Nötkreatur	9 %
Slaktsvin	6 %
Suggor	8 %
Sinsuggor	10 %

Värden från: (Jordbruksverket 1995:10)

För att beräkna om mängden gödsel till ts behövs uppgifter om hur många procent ts gödseln innehåller. Som kan ses i tabell 5 så har information om detta bara hittats för nötkreatur och gris och för dessa har ett medelvärde använts baserat på flera rapporter (Albertsson 2009; Börjesson 2007; Linné et al. 2008). För övriga djur har färdiguträknade värden för ts-halt tagits direkt ifrån Börjesson (2007).

För vissa av djuren finns gödsel och ts-halt bara representerade i en av rapporterna, i dessa fall har det värdet använts. Getter finns inte representerade i någon av rapporterna, men efter rådgivning med Hansen (2010) vid universitetet för miljö och biovetenskap (UMB) har ett antagande gjorts att getter producerar lika mycket gödsel och ts som får. Lamm finns bara presenterat som ts-halt i Börjesson (2007), men genom att beräkna procentskillnaderna för gödseln mellan får och lamm har ett ts värde beräknats. Kategorin ”övrig nötkreatur” är bred och innehåller flera olika djur (oxar, kvigor och kalvar), vid beräkningar har det använts ett medelvärde baserat på: kvigor > 2år, kvigor 1-2 år, tjurar&stutar >2 år, tjurar&stutar 1-2 år, kalvar <1 år (Börjesson 2007), kviga/stut < 1år, kviga/stut > 1år, gödtjur 1-12 mån, vallfodertjur 1-16 mån och betestjur 1-18 mån (jordbruksverket 2009). En noggrann beskrivning över beräkningarna som gjorts återfinns i bilaga 1.

Biogasutbyte

Gödselmängden för varje gård ger information om hur mycket gödsel som kan komma att transporteras, men detta ger ingen information om biogaspotentialen för varje gård. Olika gödseltyper har olika biogaspotential. För att kunna räkna ut en gödselmängds biogaspotential måste den räknas om till ton ts, som är beskrivet i kapitlet ovan, se också bilaga 2. Hur mycket biogas man kan utvinna från olika gödseltyper varierar kraftigt mellan olika studier, detta kan bero på att olika försök har utförts under olika reaktionsfigurationer och varierande processparametrar som uppehållstid, omrörning, belastning och temperatur (Linné et al. 2008). Det är dessutom viktigt att notera att värdena för biogasutbyten för enskilda gödseltyper ofta kommer från laboratorieförsök under optimala förhållanden, i praktiken används oftast en blandning av olika gödseltyper. Genom att blanda olika gödseltyper kan det

också vara möjligt att uppnå en mer eller mindre optimal miljö för mikroorganismerna vilket kan göra att biogasutbytet kan variera (Linné et al. 2008). I denna rapport har metanproduktionen i normalkubikmeter (Nm^3) från respektive gödseltyp beräknats med hjälp av värden från (Linné et al. 2008). Energimängden i TWh har beräknats med hjälp av värden från (Börjesson 2007), som skriver att energimängden i gödsel är ca 4,8 MWh per ton torrs substrat.


Gödselmängden i de fyra studierna är angivna med antagandet att djuren står stallade året om. Detta är troligtvis inte fallet, nötkreatur, får och hästar kan vara på bete stora delar av året. Enligt lag i Norge måste storboskap vara på bete utomhus minst 8 veckor per år (Jf. Forskrift om hold av storfe, §10), vilket motsvarar 15 % av året. Enligt Albertsson (2009) och Börjesson (2007) kan 20-25 % av gödseln för storboskap dras bort. För att inte överskatta biogaspotentialen har 20 % av gödseln dragits bort från storboskap i denna studie. Men under betesperioden kan normalt en del av gödseln från mjölkkor fortfarande samlas in, detta motsvara enligt Lantz (2004) 50 % av den normala produktionen. Resultatet av beräkningen kan ses i tabell 6.

Tabell 6: Gödselmängd, Ts-halt, metangas och energi beräknat för varje djurslag

Djur	ton gödsel/djur/år	ton ts/djur/år	$\text{Nm}^3 \text{CH}_4$ /djur	CH_4 /djur/år	Mwh/djur/år
Mjölkkor	23,67	2,36	150	354	11,3
Dikor	13,34	1,20	150	180	8,5
Övrig nötkreatur (oxar, kvigor och kalvar)	7,07	0,63	150	95	3,0
Hästar	3,95	1,20	120	144	8,5
Får	0,64	0,20	120	24	1,0
Lamm	0,26	0,08	120	10	0,4
Getter	0,64	0,20	120	24	1,0
Suggor och galtar	7,63	0,61	200	122	2,9
Slaktsvin	2,8	0,17	200	34	0,8
Smågrisar (<20 mån)	0,38	0,03	200	6	0,1
Värphöns (>20 veckor)	0,035	0,0055	150	0,8	0,03
Gäss	0,017	0,032	150	5	0,2
Kycklingar	0,007	0,0020	150	0,3	0,01
Kalkoner	0,017	0,032	150	5	0,2

Gödselmängden, ts-halten, metanpotentialen och energimängden per år för varje djur och ålder är beräknat, nästa steg är att multiplicera de specifika djurvärdena med antal djur på varje gård. För att kunna arbeta vidare med materialet måste potentialen summeras så att den inte förekommer en gång för vare djursort och gård, utan istället en gång per gård, se exempel figur 17. Då det är många gårdar beräknas detta med hjälp av ett skript i Visual Basic, som summerar och plockar ut varje gård så att den bara representeras en gång.

Kommun	Gård	Djur	Antal djur	Ts	Gödsel	CH4
Ørland	1	Övrig nötkreatur	180	118,08	1353,6	17712
Ørland	1	Mjölkkö	109	235,44	2580,03	35316
Ørland	1	Dikör	1	1,2	13,36	180
Ørland	2	Övrig nötkreatur	8	5,248	60,16	787,2
Ørland	2	Mjölkkö	21	45,36	497,07	6804
Ørland	3	Övrig nötkreatur	28	18,368	210,56	2755,2
Ørland	3	Mjölkkö	13	28,08	307,71	4212
Ørland	4	Övrig nötkreatur	45	29,52	338,4	4428
Ørland	4	Mjölkkö	27	58,32	639,09	8748



Kommun	Gård	Ts	Gödsel	CH4
ØRLAND	1	354,72	3946,99	53208
ØRLAND	2	50,608	557,23	7591,2
ØRLAND	3	46,448	518,27	6967,2
ØRLAND	4	87,84	977,49	13176

Figur 17: Sortering av data med Visual Basic

Rötrest

Beräkningarna ovan ger bland annat information om gödselpotentialen för varje gård. Mängden gödsel representerar också mängden rötrest som kommer att fås från biogasanläggningen och som ska transporteras tillbaka till varje gård för att gödsla jordbruksmarken. Genom att beräkna hur mycket fosfor, kväve och kalium olika gödseltyper innehåller i genomsnitt är det möjligt att räkna ut om de gårdar som levererar gödsel har ett överskott eller ett underskott. Om anläggningen producerar ett överskott kan det finnas potential för försäljning av biorest. Tabell 7 visar olika gödseltyper genomsnittliga innehåll av fosfor, kväve och kalium. Enligt norsk lagstiftning (Forskrift om gjødelsvarer mv. av organisk opphav § 24) får max 14 kg fosfor spridas per 4 dekar (daa), vilket motsvarar 35 kg fosfor per ha. Från LIB finns det möjlighet att ladda ner varje gårdsbrukares areal av odlingsmark och med hjälp av denna information kan det räknas ut hur mycket rötrest varje gård kan ta emot. Det är dock inte möjligt att geografiskt få fram var varje gårdsbrukares jordbruksmark är lokaliserad, detta på grund av att många gårdsbrukare arrenderar och/eller arrenderar ut mark, vilket gör att registret över vem som äger vilken mark blir missvisande och av den anledningen inte kan användas.

Tabell 7: Årsproduktion av kg Kväve (N), Fosfor (P) och Kalium (K) i färsk gödsel och urin från olika djurslag.

Djur	N (kg)	P (kg)	K (kg)
Mjölkkö	119	16	102
Dikör	44	10	56
Övriga nötkreatur (oxar, kvigor och kalvar)	40	7	42
Hästar	48	9	58
Får och Lamm	14	2	19
Getter (bockar och ungdjur)	14	2	19
Suggor, galtar, smågrisar	36	10	13
Slaktsvin	11	2,3	4,3
Värphöns (>20 veckor)	0,22	0,06*	0,06
Kycklingar	0,28	0,06*	0,11
Kalkoner	0,69	0,24	0,31

Värdena i tabellen är tagna från (Albertsson 2009).

*Förutsätter användning av foder med fytastillsats

Urval av gårdar

Varje gårds biogaspotential har blivit beräknad, nästa steg är att ta ut de gårdar som har en tillräckligt stor potential för att kunna etablera en egen gårdsbaserad anläggning. Alla gårdar som har en biogaspotential motsvarande 0,5 GWh per år, vilket är den minsta kapaciteten en gård bör ha enligt Roth et al. (Roth et al. 2009), väljs ut för att vara med i studien. För att beräkna hur mycket ts som behövs för att driva en anläggning på 0,5 GWh krävs det att energimängden för ts först beräknas, vilken är ca 4,8 MWh (0,0048 GWh) per ton ts (Börjesson 2007). För att producera 0,5 GWh krävs 104,16 ton torrs substrat, detta värde avrundas till 104 och alla gårdar som producerar detta uppfyller kravet för etablering av en gårdsbaserad anläggning.

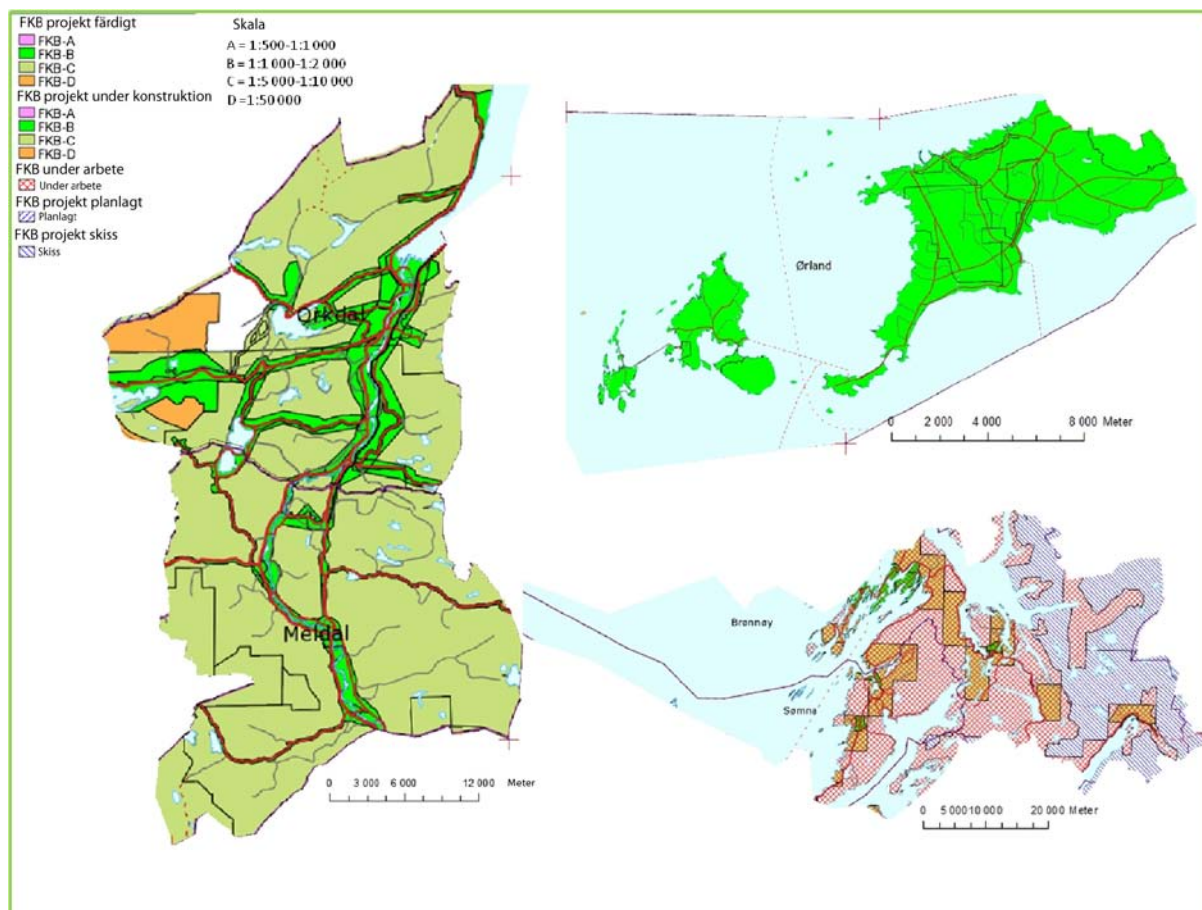
Nästa steg är att undersöka om det är möjligt att etablera en större centraliserad biogasanläggning (>100 GWh) eller en mindre centraliserad anläggning (15-40 GWh) och vilka gårdar som kan bidra till denna. Östfoldsforskning ställer kravet att varje gårdsbrukare som levererar till en centraliserad anläggning ska producera tillräckligt mycket gödsel för att fylla en lastbil på 20 m³ i månaden (Hanssen 2010), och enligt Berglund & Börjesson (2003) är det inte ekonomiskt hållbart att transportera gödsel längre än 10-30 km. I denna rapport har kravet ställts att gårdar inte får ligga mer än 30 km från anläggningen, och att de måste producera minst 20 m³/månad (240 m³/år). Enligt Johansson & Nilsson (2007) och Linné & Ekstrandh (2006) tar det 15 respektive 20 minuter att fylla en lastbil på 40 respektive 30 m³. För att uppskatta lastningstiden för en lastbil på 20 m³ tas ett medelvärde mellan dessa till 10 minuter.

Geografisk placering av gårdar med djur

Den geografiska placeringen av gårdsbruken finns att ladda hem från LIB i SOSI (Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon) format som görs om till Shape (Vektor lager) med hjälp av programvaran SOSI-Shape version 3,0. En kopplingsnyckel konstrueras för att kunna koppla den geografiska placeringen av gårdarna med informationen från LIB vilket gör det möjligt att producera tematiska kartor över fördelningen av biogaspotentialen i de olika kommunerna.

Geografiska analyser

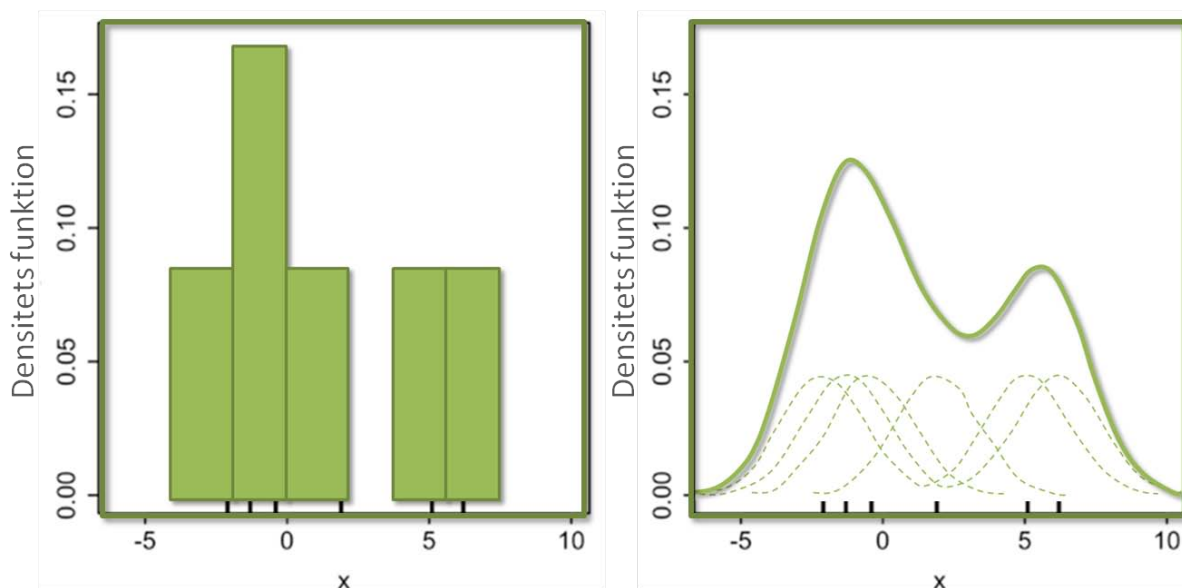
Kartdata som använts är från Statens kartverk, Norge Digitalt och är det mest detaljerade kartdatasetet som är tillgängligt, kallade Feles KartDatabas (FKB). De flesta kartdata är Shape-format i en skala som kan variera från 1:500 till 1:50 000, och där skalan kan variera mellan kommuner men också inom en kommun, se figur 18. Men också rasterdata har använts vid beräkning av topografin. Topografidata är en digital terrängmodell i 10 meters rasterformatet USGS DEM (Digital elevation model), indelad i 50 km rutor. All data är i projektionen WGS84 UTM zone 33N. Som kan ses i figuren 18 är Sømna och Brønnøy under arbete för uppdatering av FKB data, men de data som använts för dessa områden i denna rapport är huvudsakligen i FKB-D (1:50 000) samt FKB-B (1:1000-1:2000) över stadsområdena.



Figur 18: Kartor som visar skalan på de data som har använts. Som kan ses är Sømna och Brønnøy under arbete för uppdatering av data, men de data som använts är huvudsakligen i FKB-C samt FKB-B över stadsområdena.

Densitetsanalys

Alla data för att kunna beräkna transportvolym och biogaspotentialer, är beräknade och kopplade geografiskt, detta gör det möjligt att geografiskt analysera data. Genom att beräkna densiteten av biogaspotential kan "hot spots" av biogaspotential identifieras. För beräkningen har Kernel-densitet använts. Kernel-densitet är en icke parametrisk analys för att beräkna en sannolikhets-densitetsfunktion av en slumpmässig variabel (Rosenblatt 1956). Kernel-densiteten för biogas på varje gård beräknas genom att anpassa ett polynom till varje gårds biogasvärde. Ytans värde är högst rakt över gården och blir allt lägre med avståndet från gården (ESRI 2010), se exempel figur 19.



Figur 19: Illustration av hur Kernel densiteten fungerar. En utjämnad bågformad yta anpasas till varje punkts värde. Ytans värde är högst rakt över punkten och blir allt lägre med avståndet (Wikipedia 2010).

Optimal placering av biogasanläggning

Positiva och negativa faktorer

För att hitta potentiella områden för etablering av en biogasanläggning har ett antal positiva och negativa faktorer satts upp. I denna rapport har ett avstånd på minst 500 m från tätbebyggda områden använts, för att undvika eventuella luktproblem, i likhet med Ma et al. (2005); Perpina et al. (2009) och Moe (2005). I Perpina et al. (2009) finns det också angivet ett avstånd på 100 m från mindre tätbefolkade områden. För att undvika det vanligt förekommande problemet ”not-in-my-backyard” (NIMBY) syndromet (Ma et al. 2005) har ett avstånd på minst 100 meter till alla byggnader använts i den här rapporten.

Andra känsliga områden är strandzonen kring hav, sjöar, åar och bäckar samt myrmark, kulturminnen och naturskyddsområden och enligt norsk lag får det inte byggas närmare än 100 meter från strandzonen till hav, sjöar, åar och bäckar (Lov om planlegging og byggesaksbehandling § 1-8), detta har det också tagits hänsyn till i denna rapport. Ett avstånd på 100 meter har också använts för naturskyddsområden och kulturminnen. Enligt norsk lag bör också jordbruksmark undvikas (Lov om jord § 9), vilket det också har tagits hänsyn till i denna rapport.

Vid all typ av byggnationer är det bra att undvika el- och telefonledningar, därför har ett avstånd på minst 10 meter använts, samt ett avstånd på 10 m från väg,

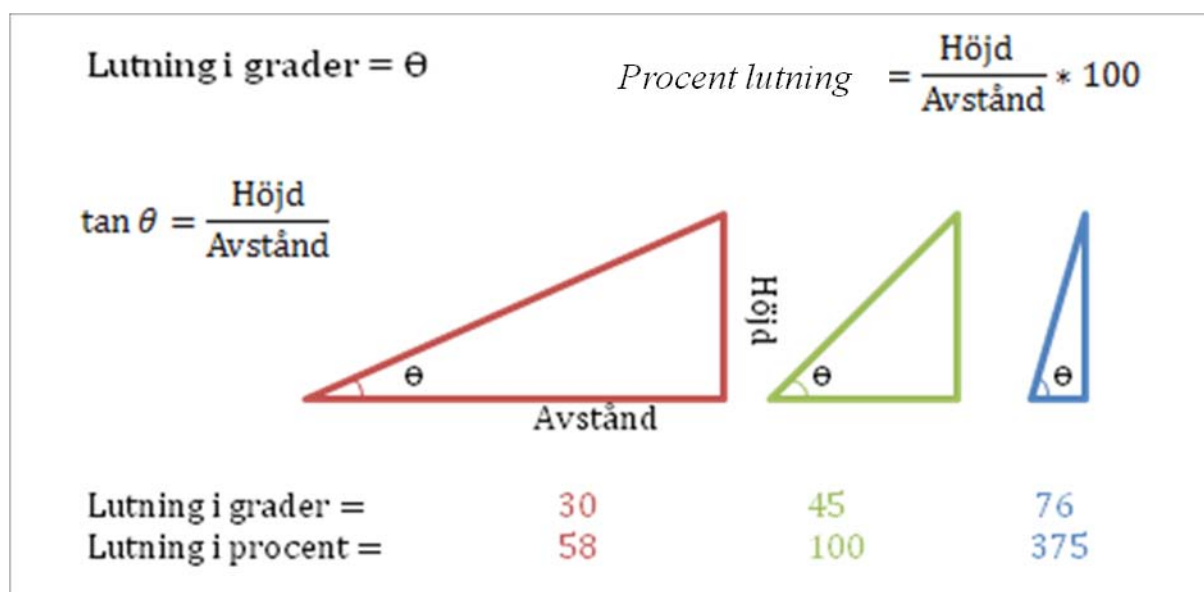
En annan parameter som tagits hänsyn till är lutning. En brant terräng ställer högre krav vid byggnationen, därför är det optimalt att hitta en så plan yta som möjligt, en begränsning på 0-15 procents lutning har valts, i likhet med Ma et al. (2005) och Perpina et al. (2009). Tabell 8 visar en lista på alla parametrar tillsammans med det minsta avståndet.

Tabell 8: Buffertzoner för begränsningar vid utplacering av en biogasanläggning

Begränsningar	Minimum avståndet (m)
1. Strandson sjö och hav	100
2. Åar och bäckar	100
3. Myrmark	100
4. Naturreservat	100
5. Väg	10
6. Ledningar	10
7. Tätbebyggelse	500
8. Bebyggelse	100
9. Kulturminne	100
10. Lutning	>=15%

För att hitta områden lokaliserade på ett godkänt avstånd från de begränsade faktorerna i tabell 8 skapas buffertzoner kring varje begränsande faktor (förutom lutning) baserad på minimiavstånden.

För att få fram begränsningen för lutning används ett rasterdataset (DEM), varje cell i rastret har ett höjdvärde varifrån lutningen i procent beräknas och alla områden med en lutning över 15 procent sorteras ut. Lutning kan uttryckas i antingen procent eller grader, en lutning på 45 grader motsvarar 100 procents lutning, (figur 20), 15 procents lutning motsvarar 8,5 grader.



Figur 20: Samband mellan lutning beskrivet i grader och i procent (ESRI.2 2010).

Vid identifiering av ett potentiellt område bör också hänsyn tas till nuvarande markanvändning. Öppna ytor och skogsområden har valts ut som lämpliga områden för uppbyggnad av en biogasanläggning.

Med en enkel överlagersfunktion kan alla 10 lager enligt tabell 8 läggas i ett lager tillsammans med alla öppna ytor och skogsområden. Detta gör det möjligt att identifiera alla ytor som uppfyller ovanstående krav, se exempelfigur 22.

Enligt Svärd et al. (2008) krävs en area på minst 1-2 hektar för etablering av en biogasanläggning. Detta är beroende på anläggningens storlek, då det är 5 relativt små kommuner har en minimiarea på minst 1 hektar valts.

Det är svårt att identifiera lämpliga områden utifrån kravet på minimiarea, detta beror på att områden med tillräcklig area kan ha en geometri som är olämplig. Ett rektangulärt område med samma area som ett kvadratisk område behöver inte vara lämpligt. Det måste därför ställas ett ytterligare krav på att området måste rymma en kvadrat på minst 100*100 m. Om det är många områden att utvärdera är det tidskrävande att göra utvärderingen manuellt. För att sälla ut områden som inte lämpar sig görs en beräkning enligt ekvationen 1 och 2.

$$k = \frac{\text{omkrets}}{\text{area}}$$

Ekvation. 1

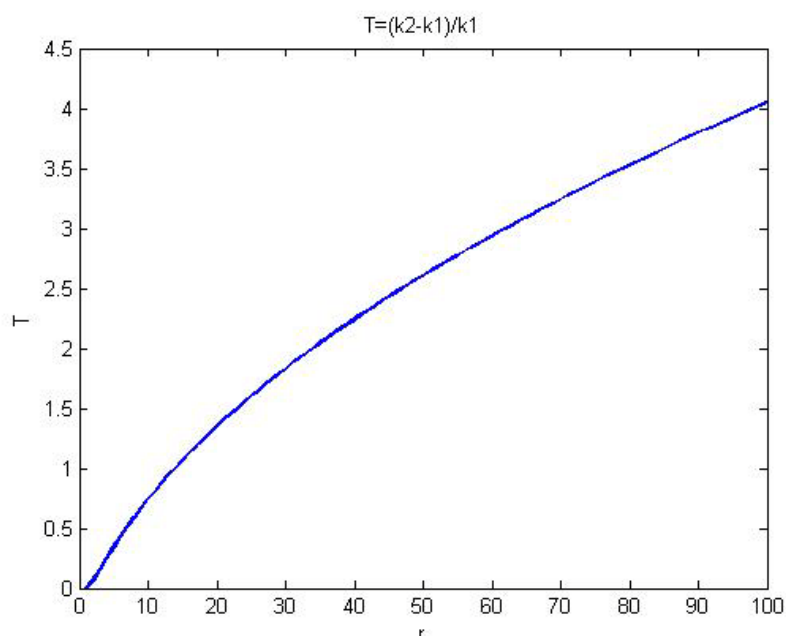
$$T = (k_2 - k_1)/k_1$$

Ekvation. 2

k_1 = kvoten för kvadrat med given area

k_2 = kvoten för studerad polygon med samma area

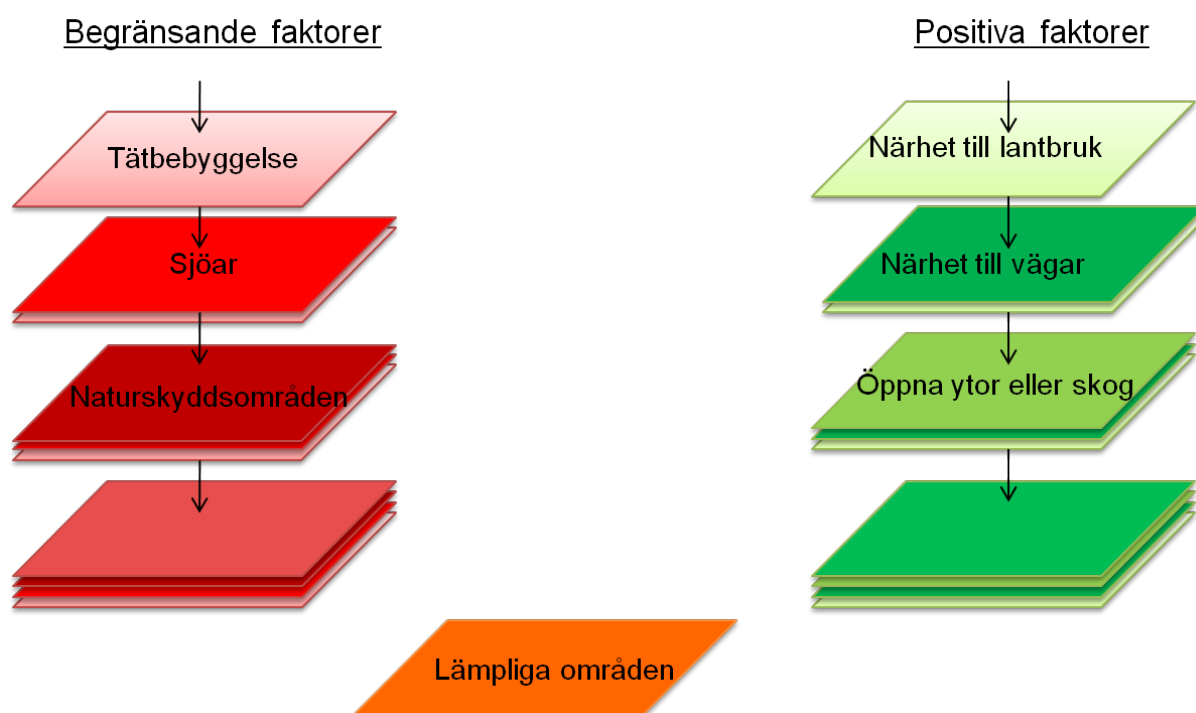
Förhållandet mellan area och omkrets kan användas för att besluta om ett område är lämpligt. Genom att jämföra kvoten (k-värde) mellan omkrets och area för de olika områdena med motsvarande värde för en kvadrat (k_1), baserad på områdets area, kan det dras slutsatser om hur väl området lämpar sig. Ett stort område kan ha ett större värde på kvoten respektive (T) för att godkännas än ett mindre område. Denna metod fungerar alltså oberoende av det undersökta områdets storlek.



Figur 21: Samband mellan area och omkrets för ett område. k är kvoten mellan ett områdes omkrets och area, r är förhållandet mellan sidorna på en rektangel.

Metoden beskriven ovan gör det möjligt att välja ut en yta större än eller lika med 1 ha och som samtidigt har ett någorlunda liksidig form.

En biogasanläggning baserad på gödsel innebär mycket transporter, det är därför fördelaktigt om alla områden är lokaliserade i närheten av en väg då det skulle innebära extra kostnader att bygga nya vägar. Ett optimalt område bör därför inte börja längre bort än 30 m från en väg. Alla områden som identifieras ovan och som ligger 10-30 meter från bilvägar väljs ut. Figur 22 illustrerar metoden för att identifiera lämpliga områden.



Figur 22. Illustration över metoden för att identifiera lämpliga områden för en biogasanläggning baserad på positiva och negativa faktorer

Alla potentiella områden som identifieras med metoderna beskrivna ovan har plottats på kommunens arealplan, se bilaga 3. Detta görs för att få en uppfattning om var i arealplanen anläggningen kommer att hamna för att underlätta beslutsarbetet för kommunen. Arealplanerna har inte använts i analysen för identifiering av potentiella områden då denna informationen endast funnits tillgänglig som georefererade papperskartor. Desutom genomgår planerna en kontinuerlig förändring.

Transport

Gödsel innehåller stora mängder vatten och har dessutom en komplex geografisk spridning, detta gör att transportkostnaderna är en kritisk faktor och oftast den ensamt största kostnaden av biogasanläggningens totala kostnader (Berglund & Börjesson 2003; Johansson & Nilsson 2007). Av denna anledning har metoden kring utplacering av biogasanläggningen fokuserats på att hitta ett område med så korta transportavstånd som möjligt mellan råvara och anläggning. Det vill säga områden där så många gårdsbrukare som möjligt kan nå inom ett så

kort avstånd som möjligt. För att arbeta fram kostnaderna av transport från och till biogasanläggningarna och gårdarna behövs topologin för nätverket definieras och byggas upp. Topologin ger information om vilka vägar som är tillgängliga samt hur dessa är sammankopplade. Det verktyg som normalt använts för att beräkna avstånd och kostnader för att köra en vis sträcka kallas nätverksanalys. Nätverksanalys gör det möjligt att lägga in realistiska nätverksförhållanden som hastighetsbegränsningar, trafikförhållanden och restriktioner avseende svängar. Det går också att lägga in olika viktningar som påverkar transportkostnaderna, t.ex. fordonstyngd, tillsammans med fordons egenskaper och topografi. Även viktningar som inte är relaterade till kostnader kan användas för att t.ex. undvika mycket trafik genom tätbebyggda områden eller andra känsliga platser.

Datan som används vid nätverksanalysen heter Elveg och kommer från Statens kartverk, Norge Digitalt. Datasetet är ett elektroniskt vägnät sammankopplat med information från fler olika register. Väggeometrin kommer från den digitala vägdatabanken (Vbase) från Statens Vägvesen. Från vägdatabanken hämtas information om tillåten fordonstyngd, hastighetsbegränsningar, svängrestriktioner, inkörningsförbud, höjdbegränsningar, fysiska avspärrningar, axeltyngd och lutning. I vägnätdatasetet finns också gångstigar och cykelvägar med, dessa tas bort då endast transport med fordon ska beräknas. Endast vägdata för fastlandet för de olika områdena används då biogasanläggningen inte kommer att placeras på en ö. I vägdatabanken Elveg saknades data över hastighetsbegränsningar och höjdvärden för vissa delsträckor. Detta har åtgärdats genom att interpolera mellan omgivande sträckors värden. Detta gällde främst kortare delsträckor av större vägar och har troligtvis en liten påverkan på resultaten till följd av den begränsade omfattningen. För att ytterligare säkerställa höjdvärdena kontrollerades de mot en DEM för området.

Serviceområde

För att identifiera områden där så många lantbruk som möjligt kan nå inom ett så kort avstånd som möjligt används ett verktyg inom nätverksanalysen som kallas serviceområde. Serviceområde beräknar hur stor yta som kan nå från en specifik punkt om man kör en viss sträcka eller tid längs vägnätet åt alla håll. Det är sedan möjligt att identifiera exakt hur många gårdar som kan nå från varje potentiellt område inom olika avståndsintervaller och de bäst lämpade områdena kan väljas ut. Enligt Berglund & Börjesson (2003) bör transportsträckan hållas inom ca 10-30 km för att det ska vara ekonomiskt rimligt och därför har avståndsintervaller på 10, 20 och 30 km använts i analysen för serviceområde.

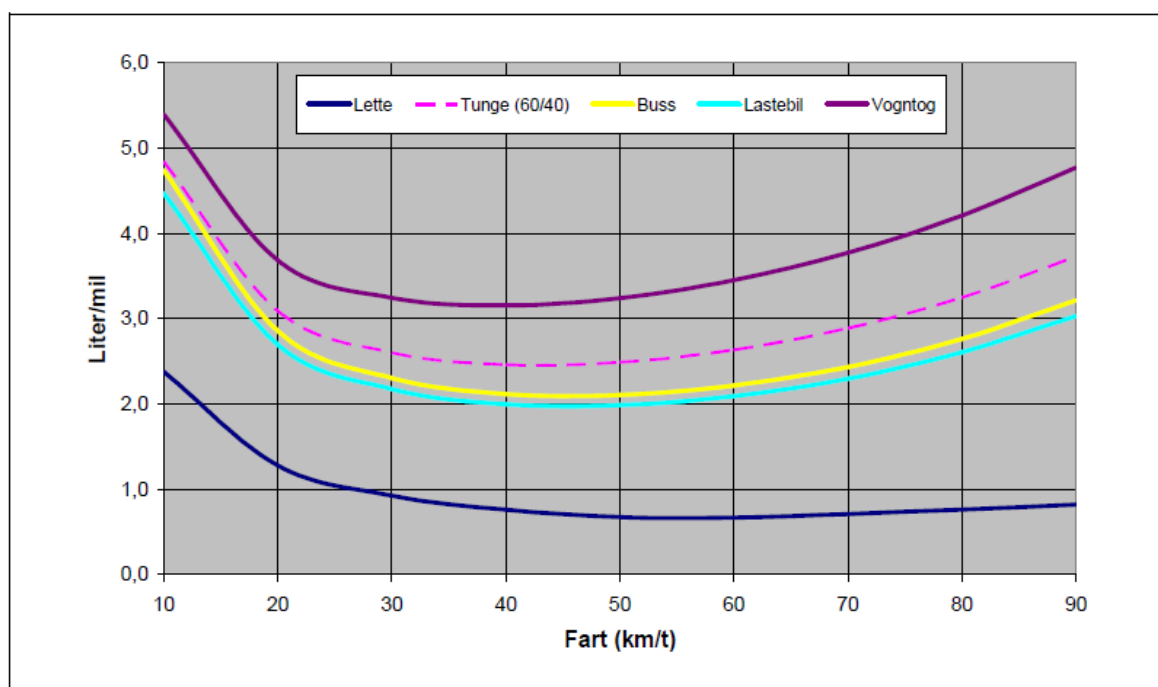
Nätverksanalys

När områden som uppfyller alla krav har identifierats är det möjligt att analysera transportkostnaderna mer konkret genom att beräkna kostnaderna för olika transportsträckor mellan varje gårdsbrukare och biogasanläggningen.

För beräkning av en optimal färdrott används en algoritm baserad på en standard av mätningar kallad en matris (d.v.s. delsträckornas längd), den bästa färdvägen bestäms genom att jämföra olika matriser. Matriserna kan variera beroende på designen på färdvägsalgoritmen som använts. Det finns många olika algoritmer för att lösa problemet. För att lösa problemet i

ArcGIS används Dijkstra's algoritm som hittar den minst kostsamma färdvägen baserat på transporttid och andra kostnadsbarriärer som kan sättas upp (se föregående stycke). Algoritmen testar alla potentiella färdvägar och väljer den minst kostsamma (ESRI.3 2010). Mer exakt har metoden "Stopp-start matris" (origin–destination cost matrix) använts som är ett verktyg inom nätverksanalysen som beräknar den billigaste direktvägen mellan startpunkten och destinationen.

Vid beräkning av transportkostnader måste de olika parametrarna som påverkar sträckornas körkostnad definieras och beräknas, för att sedan länkas till vägdatasetet. De parametrar som använts i denna studie är väglängd, hastighetsbegränsning, och dieselförbrukning vid olika hastigheter (Martinsen 2008). Vid beräkning av basförbrukning för lastbil i liter/mil för olika hastighetsbegränsningar för en rät, plan väg används värden från Norska statens Vegvesen, se figur 23 samt tabell 16 (Martinsen 2008). Dieselförbrukningen har sedan använts som den primära parametern för att hitta den billigaste transportsträckan från biogasanläggningen till varje gårdsbrukare.



Figur 23: Bränsleförbrukning för olika fordon som funktion av hastighet för en rät, plan väg (Martinsen 2008).

Tabell 16. Diselförbrukning för lastbil vid olika hastigheter.

Km/t	Liter/mil
10	4,5
20	2,7
30	2,2
40	2,0
50	2,0
60	2,1
70	2,3
80	2,5
90	3,0

Värdena är tagna från figur 23 ovan (Martinsen 2008)

Vid beräkning av transportkostnaderna antas att en lastbil på 20 m³ används och att varje gårdsbrukare ska besökas minst en gång i månaden då gödseln bör vara så färsk som möjligt, det antas också att två separata bilar används för transport av gödsel och rötrest. Mängden gödsel som produceras på varje gård avgör hur ofta en gårdsbrukare ska besökas. En gårdsbrukare som producerar 20 m³ i månaden kommer att besökas en gång per månad medan en gårdsbrukare som producerar 100 m³ kommer att besökas fem gånger i månaden. Vid uträkning av transportkostnaderna beräknas kostnaderna att köra en väg till en specifik gårdsbrukare och denna multipliceras sedan med antalet transporter per år/månad. All gödsel oavsett gödseltyp antas kunna hämtas med samma typ av lastbil. Lastbilen på 20 m³ antas rymma 20 ton gödsel. Detta förutsätter att gödseln har en volymvikt på 1 m³ per ton. Som kan ses i tabell 4 gäller detta endast flytgödsel. Men då 95-99% av all gödsel i alla 5 försökskommunerna produceras som flytgödsel, vid antagandet att nötkreatur och grisar producerar flytgödsel, görs denna förenkling.

Resultat

Ørland

Ørland kommun har 80 gårdsbruk som bedriver djuruppfödning, sammanlagt har de en biogaspotential motsvarande 32 Gwh. Karta 5 visar den geografiska fördelningen av husdjursgödsel i kommunen och karta 6 visar densiteten av denna.

Av de 80 djuruppfödarna producerar 19 tillräckligt med gödsel för att uppfylla kriteriet på 0,5 GWh per år och kan etablera en gårdsbaserad biogasanläggning. Vid etablering av en centraliserad biogasanläggning har endast gårdar lokaliserade på fastlandet, samt öar dit vanlig väg går, tagits med vilket motsvarar 72 gårdar. Av dessa 72 gårdar uppfyller 53 kravet på minst 240 ton gödsel per år för att vara med i en centraliserad anläggning, se karta 7.

På Ørland har två potentiella områden för en biogasanläggning identifierats (karta 7). Nätverksanalysen med hjälp av serviceområde visar att område 1 (karta 7), lämpar sig bäst för en biogasanläggning, då alla gårdsbrukare som uppfyller kravet på 240 ton gödsel per år kan nås från detta område inom ett avstånd på endast 10 km, med ett medelavstånd på 5 km, se karta 8. Från område 2 kan endast 23 gårdsbrukare nås inom samma intervall, se tabell 10.

Vid ett ökat avståndsintervall till 20 km nås även alla 53 gårdarna från område 2, med ett medelavstånd på 9 km.

Tabell 10. Antal gårdar som kan nås från varje potentiellt område i Ørland kommun

Serviceområde 10 km		Serviceområde 20 km		Serviceområde 30 km	
Område	Gårdar	Område	Gårdar	Område	Gårdar
1	53 (100%)	1	53 (100%)	1	53 (100%)
2	23 (43%)	2	53 (100%)	2	53 (100%)

Tabell 11. Den sammanlagda biogaspotentialen från de gårdar som kan nås från varje potentiellt område i Ørland kommun.

Serviceområde 10 km		Serviceområde 20 km		Serviceområde 30 km	
Område	Gwh	Område	Gwh	Område	Gwh
1	26,8	1	26,8	1	26,8
2	12,3	2	26,8	2	26,8

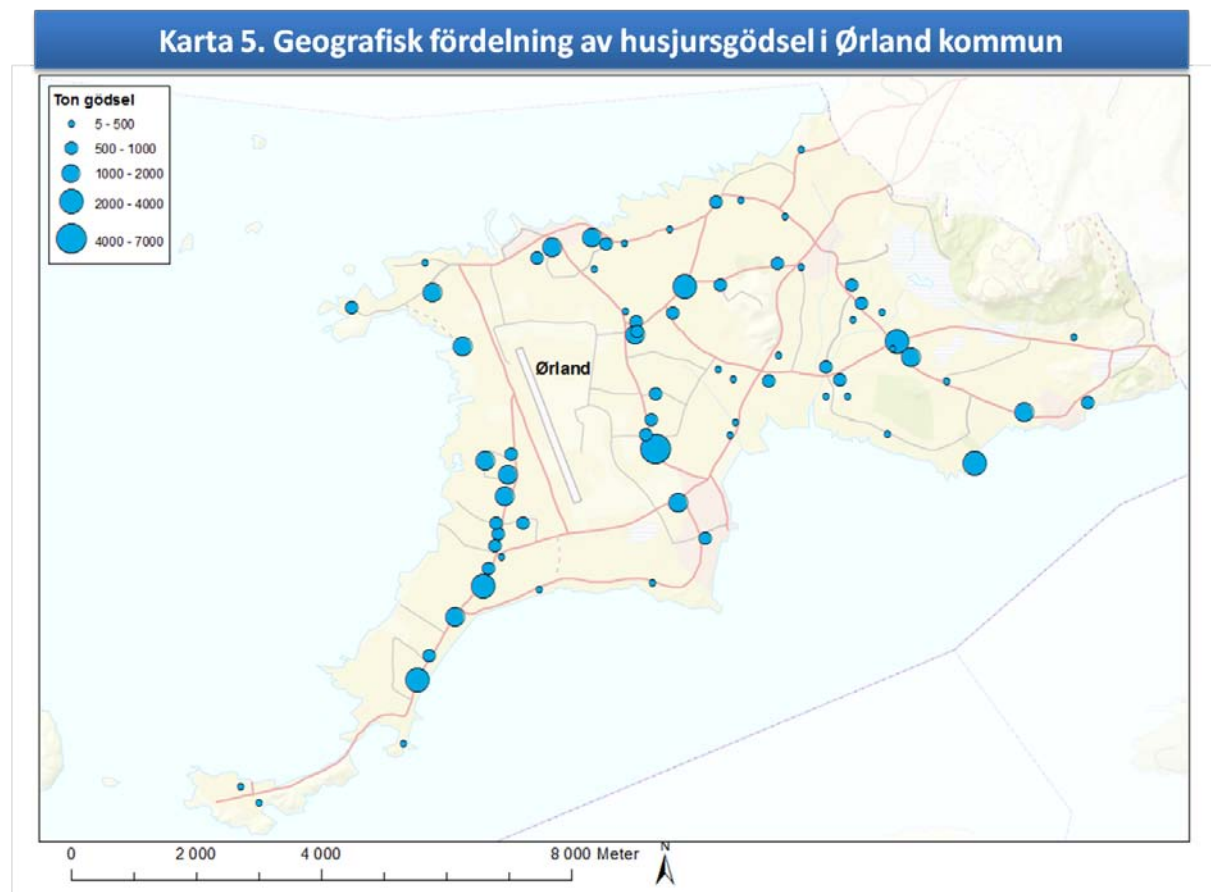
De 53 gårdsbrukarna som kan nås från område 1 har en gemensam biogaspotential motsvarande 26,8 GWh per år. och uppfyller därmed (Roth et al. 2009) krav på 15-40 GWh för en mindre centraliserad anläggning, se tabell 11. Av den totala energin som anläggningen producerar går 20 % åt till att värma och driva själva biogasanläggningen (Jobacker et al. 2008), vilket ger en kvarstående energi på 21,4 GWh. Energimängden på 21,4 GWh motsvarar 60,6 procent av energin använd i kommunens vägtrafik, se tabell 3, eller 38,4 procent av energin använd i kommunens hus under 2008, se tabell 2.

Tabell 11 visar att inom alla tre avståndsintervall kan en tillräckligt hög biogaspotential uppnås för att uppfylla kriteriet på 15-40 GWh för en mindre centraliserad anläggning (Roth et al. 2009).

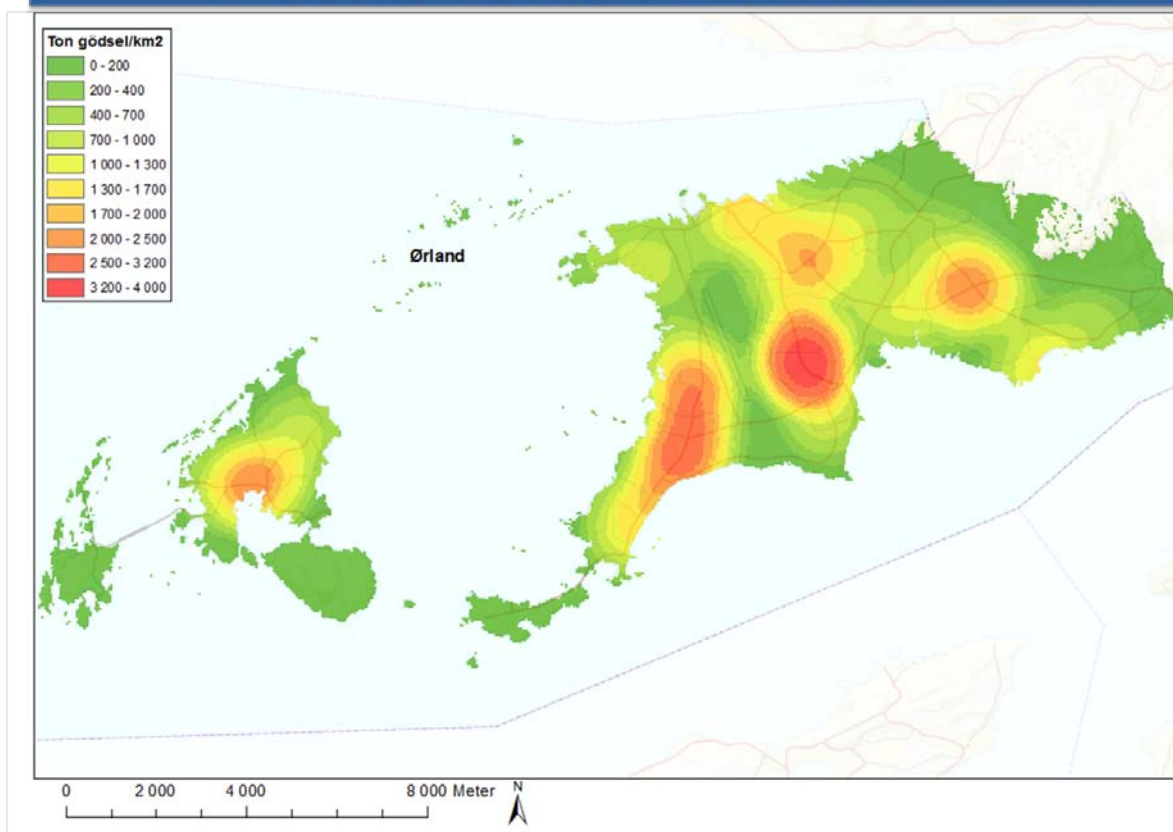
Gödseln och rötresten måste transporteras till och från anläggningen. Med antagandet att lastkapaciteten är 20 m³ (20 ton gödsel) blir det i genomsnitt ca 5 transporter per månad till varje gård (57 per år). Genomsnittstiden per transport ligger på 5 minuter enkelväg med en lastningstid på ca 10 minuter, vilket ger en genomsnittlig tid på ca 30 minuter. Under en normal arbetsdag (7 arbetstimmar) kan ca 14 transporter utföras. Baserat på den totala gödselmängden från de 53 gårdarna blir det ca 8 transporter per dag. För att optimera transporten beräknas den billigaste transportsträckan från biogassanläggningen till varje enskild gårdsbrukare med bränsleförbrukningen som den viktigaste kostnadsparametern. Både gödsel och rötrest måste transporteras till och från anläggningen. Med antagandet att separata bilar används för transport av gödsel och rötrest, krävs två lastbilar som vardera kör totalt 8 transporter per dag. Beräknat utifrån transportsträckan och antalet transporter till de olika gårdarna kommer transporten att kräva ca 12 000 liter diesel på ett år vilket motsvarar 0,12 Gwh och 192 000 svenska kronor (Skr) om dieselpriiset ligger på 16 Skr per liter (5 juli 2010: (Vikström 2010)).

Utifrån antal gårdsbrukare och antagandet att lastbilskapaciteten är på 20 m³ kommer biogassanläggningen att varje dag matas med ca 160 m³ (20*8) gödsel och lika mycket rötrest kommer att pumpas ut.

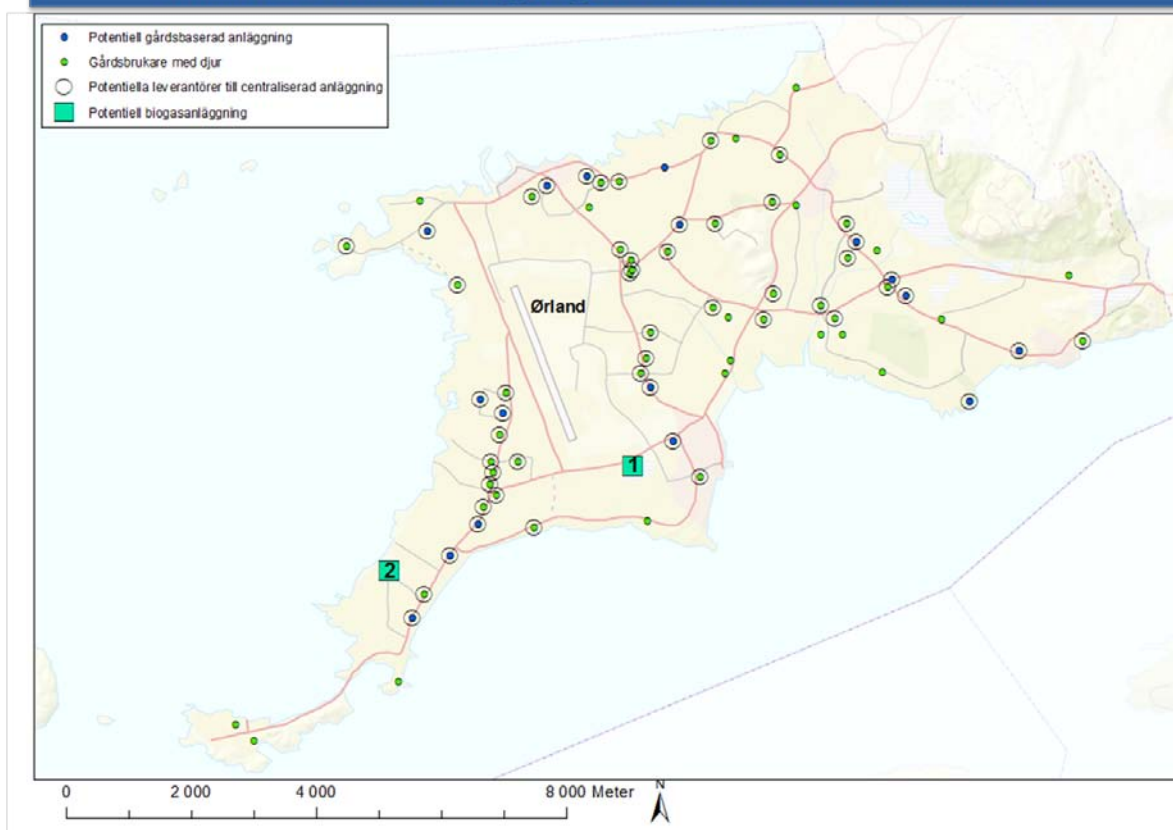
Enligt norsk lagstiftning (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav § 24) får maximalt 14 kg fosfor spridas per 4 dekar (daa), vilket motsvarar 35 kg fosfor per hektar (ha). Rötresten som produceras i biogasanläggningen och som ska transporteras tillbaka till gårdsbrukarna för att gödsla marken innehåller totalt ca 51 000 kg fosfor och den sammanlagda arealen för de 53 gårdarna är 2047,5 ha. Detta innebär att all rötrest kan spridas på den tillgängliga jordbruksarealen inom projektet, men inget överskott av rötrest produceras för försäljning till gårdar som inte är med i biogasanläggningen. Av alla 53 gårdarna är det endast 4 som har ett överskott av fosfor.

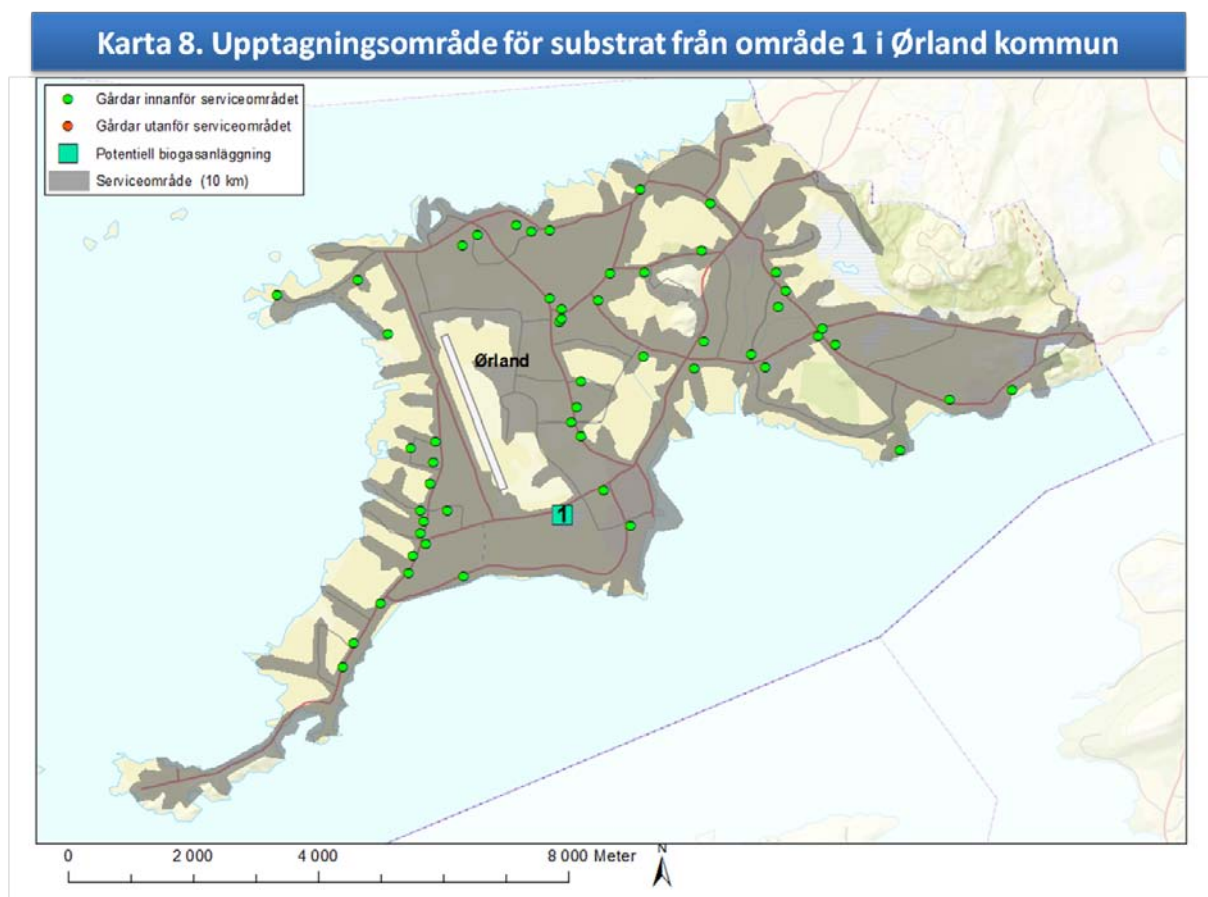


Karta 6. Densiteten av husdjursgödsel i Ørland kommun



Karta 7. Potentiella anläggningar och substrat i Ørland kommun





Meldal och Orkdal

Meldal och Orkdal har sammanlagt 205 gårdar som bedriver uppfödning av djur, sammanlagt har de en biogaspotential motsvarande 67 Gwh. Karta 9 visar den geografiska fördelningen av husdjursgödsel i kommunerna och karta 10 visar densiteten av denna.

Av de 205 djuruppfödarna producerar 36 tillräckligt med gödsel för att uppfylla kriteriet 0,5 GWh per år och kan etablera en gårdsbaserad biogasanläggning. Av alla 205 djuruppfödare uppfyller 155 kravet på minst 240 ton gödsel per år för att vara med i en centraliserad biogasanläggning, se karta 11.

I Meldal och Orkdal har 18 potentiella områden för en biogasanläggning identifierats, (karta 11). Nätverksanalysen med hjälp av serviceområde visar att område 12 och 16, (karta 11) lämpar sig bäst för en biogasanläggning, då 145 gårdar kan nås från dessa områden, se tabell 12. Detta innebär att 94 procent av alla gårdsbrukare nås inom ett avstånd på 30 km med ett medelavstånd på 16 respektive 17 km (karta 12).

Tabell 12. Antalet gårdar som kan nås från varje potentiellt område i Meldal och Orkdal kommun

Serviceområde 10 km		Serviceområde 20 km		Serviceområde 30 km	
Område	Gårdar	Område	Gårdar	Område	Gårdar
1	0 (0%)	1	29 (19%)	1	52 (34%)
2	14 (9)	2	41 (26%)	2	67 (43%)
3	30 (19%)	3	52 (34%)	3	76 (49%)
4	27 (17%)	4	51 (33%)	4	75 (48%)
5	1 (0,6%)	5	43 (28%)	5	120 (77%)
6	0 (0%)	6	0 (0%)	6	0 (0%)
7	8 (5%)	7	106 (68%)	7	140 (90%)
8	26 (17%)	8	99 (64%)	8	144 (93%)
9	27 (17%)	9	96 (62%)	9	137 (88%)
10	25 (16%)	10	96 (62%)	10	144 (93%)
11	30 (19%)	11	101 (65%)	11	144 (93%)
12	30 (19%)	12	97 (63%)	12	145 (94%)
13	30 (19%)	13	98 (63%)	13	142 (92%)
14	18 (12%)	14	97 (63%)	14	143 (92%)
15	22 (14%)	15	84 (54%)	15	144 (93%)
16	24 (15%)	16	91 (59%)	16	145 (94%)
17	11 (7%)	17	72 (46%)	17	138 (89%)
18	7 (4%)	18	21 (14%)	18	66 (43%)

Tabell 13. Den sammanlagda biogaspotentialen från de gårdar som kan nås från varje potentiellt område i Meldal och Orkdal kommun

Serviceområde 10 km		Serviceområde 20 km		Serviceområde 30 km	
Område	Gwh	Område	Gwh	Område	Gwh
1	0	1	14,5	1	25,0
2	6,6	2	20,6	2	31,5
3	14,9	3	25,0	3	35,3
4	13,0	4	24,7	4	34,4
5	0,38	5	20,8	5	51,0
6	0	6	0	6	0
7	3,9	7	44,2	7	58,0
8	8,4	8	38,3	8	60,0
9	8,0	9	36,0	9	57,0
10	10,8	10	37,4	10	60,0
11	9,2	11	38,9	11	60,0
12	13,3	12	37,8	12	60,1
13	9,1	13	36,8	13	59,5
14	8,1	14	29,6	14	59,8
15	10,3	15	32,3	15	60,0
16	11,3	16	35,4	16	60,1
17	4,9	17	26,7	17	57,7
18	3,0	18	8,4	18	23,9

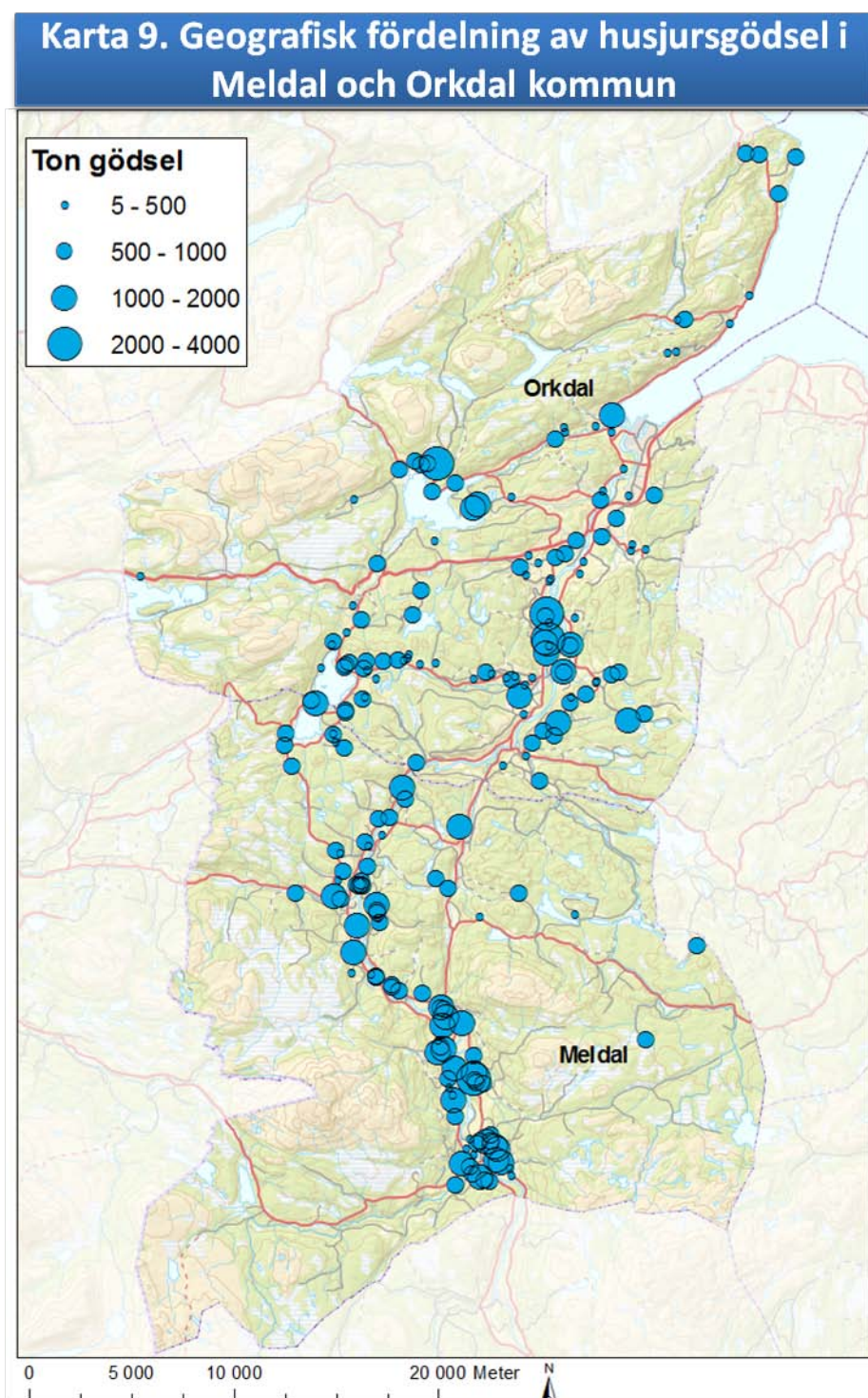
De 145 gårdarna som kan nå från område 12 och 16 har en gemensam biogaspotential motsvarande 60,1 Gwh och uppfyller därmed (Roth et al. 2009) kravet på 15-40 GWh för en mindre centraliserad anläggning, se tabell 13. Av den totala energin som anläggningen producerar går 20 % åt till att värma och driva själva biogasanläggningen (Jobacker et al. 2008), vilket ger en resterande energi på 48 GWh. Energimängden på 48 GWh motsvarar 32 procent av energin använd i kommunernas vägtrafik, se tabell 3, eller 31 procent av energin använd i kommunernas hus under 2008, se tabell 2. Den producerade energin skulle kunna täcka hela Meldals användning av energi i vägtrafik eller hus.

Tabell 13 visar att inom avståndsintervallet 10 km är det inget område som kan nå tillräckligt många gårdar för att uppfylla kriteriet 15-40 GWh för en mindre centraliserad anläggning (Roth et al. 2009). Inom avståndsintervallet 20 km uppnår 15 av områdena kriteriet 15-40 GWh, och inom avståndsintervallet 30 km uppfyller alla utom ett område kriteriet.

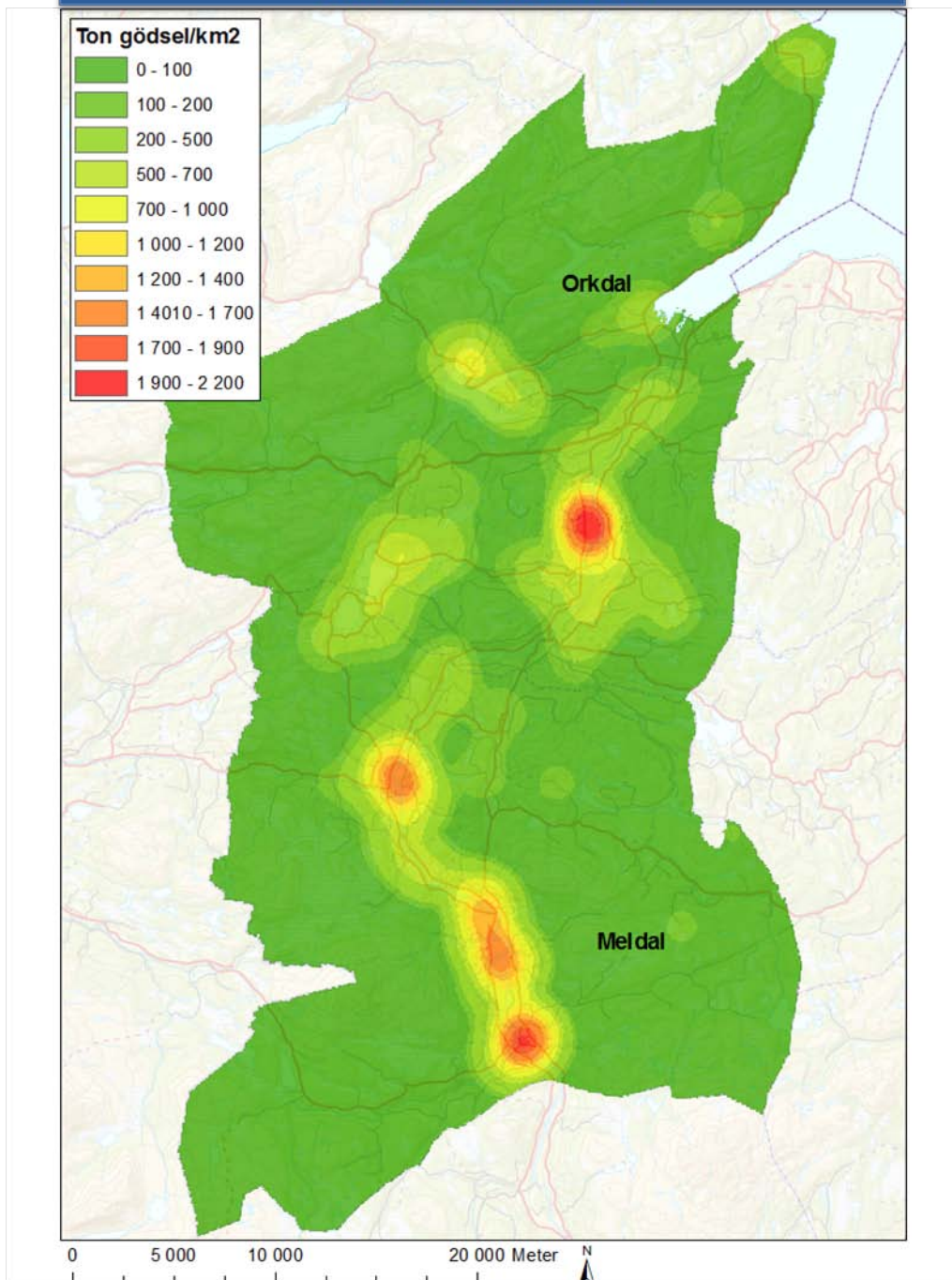
Gödseln och rötresten måste transporteras till och från anläggningen. Med antagandet att lastkapaciteten är 20 m³ (20 ton gödsel) blir det i genomsnitt 4 transporter per månad till varje gård (45 per år). Genomsnittstiden per transport ligger på 17 minuter från område 12 enkelväg och 18 minuter från område 16 enkelväg med en lastningstid på ca 10 minuter, vilket ger en genomsnittlig tid på ca 54 respektive 56 minuter. Under en normal arbetsdag kan ca 8 transporter utföras oavsett område. Baserat på den totala gödselmängden från de 145 gårdarna blir det ca 18 transporter per dag. Om all gödsel ska hämtas, innebär detta att tre lastbilar måste användas (alternativt lastbilar med större lastkapacitet). För att optimera transporten beräknas den billigaste transportsträckan från biogasanläggningen till varje enskild gårdsbrukare med bränsleförbrukningen som den viktigaste kostnadsparametern. Både gödsel och rötrest måste transporteras till och från anläggningen. Med antagandet att separata bilar används för transport av gödsel och rötrest krävs totalt sex lastbilar som vardera kör totalt 6 transporter per dag. Beräknat utifrån transportsträckan och antal transporter till de olika gårdarna kommer transporten att kräva ca 96 000 liter diesel på ett år från område 12 och 100 000 från område 16 vilket motsvarar 0,94 respektive 0,99 Gwh och 1 536 000 Skr respektive 1 600 000 Skr om dieselpriset ligger på 16 Skr per liter (5 juli 2010:(Vikström 2010)).

Utifrån antal gårdsbrukare och antagandet att lastbilskapaciteten är på 20 m³ kommer biogasanläggningen att varje dag matas med ca 360 m³ (20*18) gödsel och lika mycket rötrest kommer att pumpas ut.

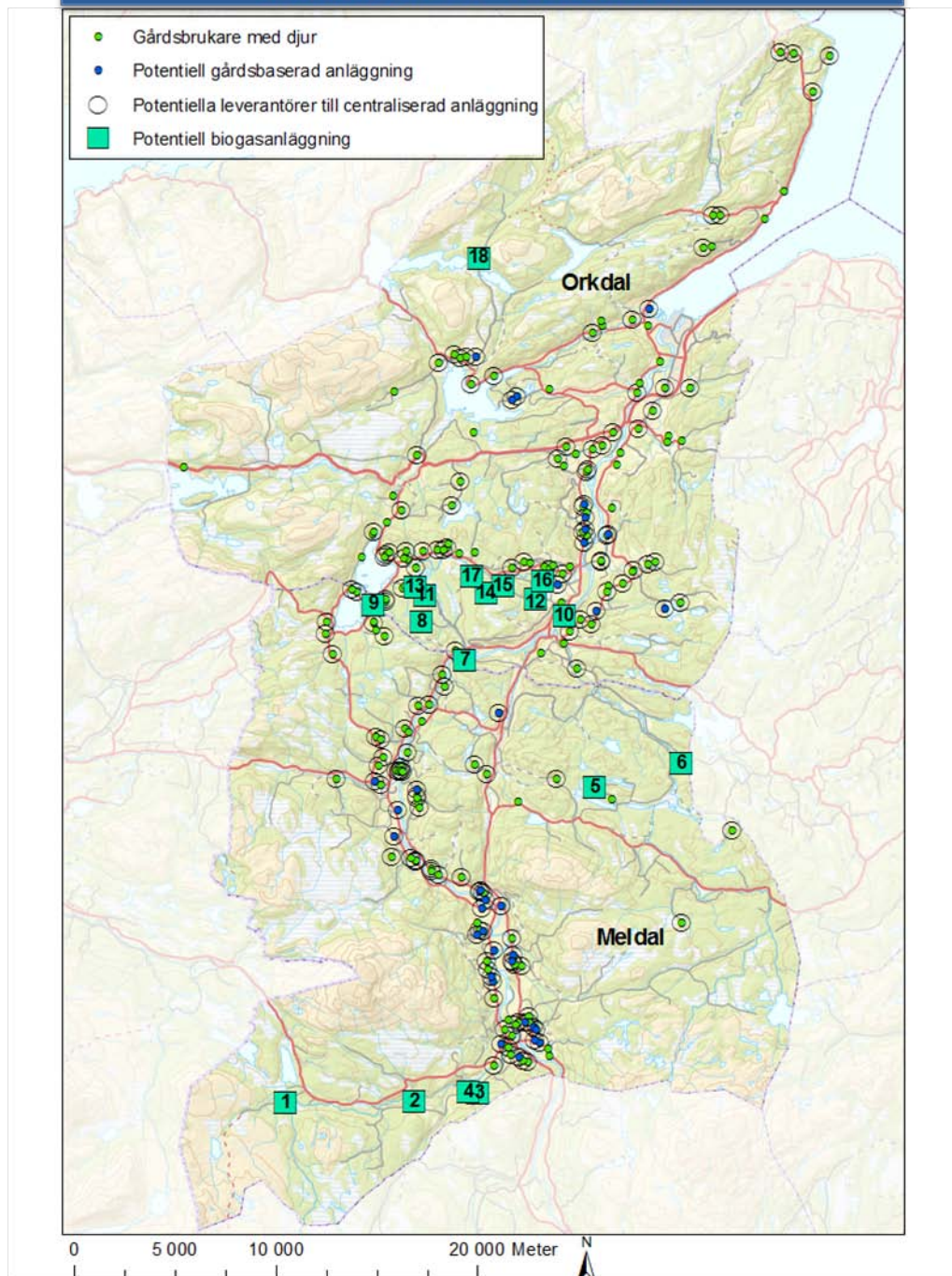
Enligt norsk lagstiftning (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav § 24) får 35 kg fosfor spridas per ha. Den totala gödselmängden (rötrestpotentialen) innehåller ca 120 ton fosfor och den sammanlagda arealen för de 145 gårdarna är 5361,6 ha, vilket innebär att inget överskott av rötrest produceras för försäljning till gårdar som inte är med i biogasanläggningen. Av alla 145 gårdarna är den endast 20 som har ett överskott av fosfor.



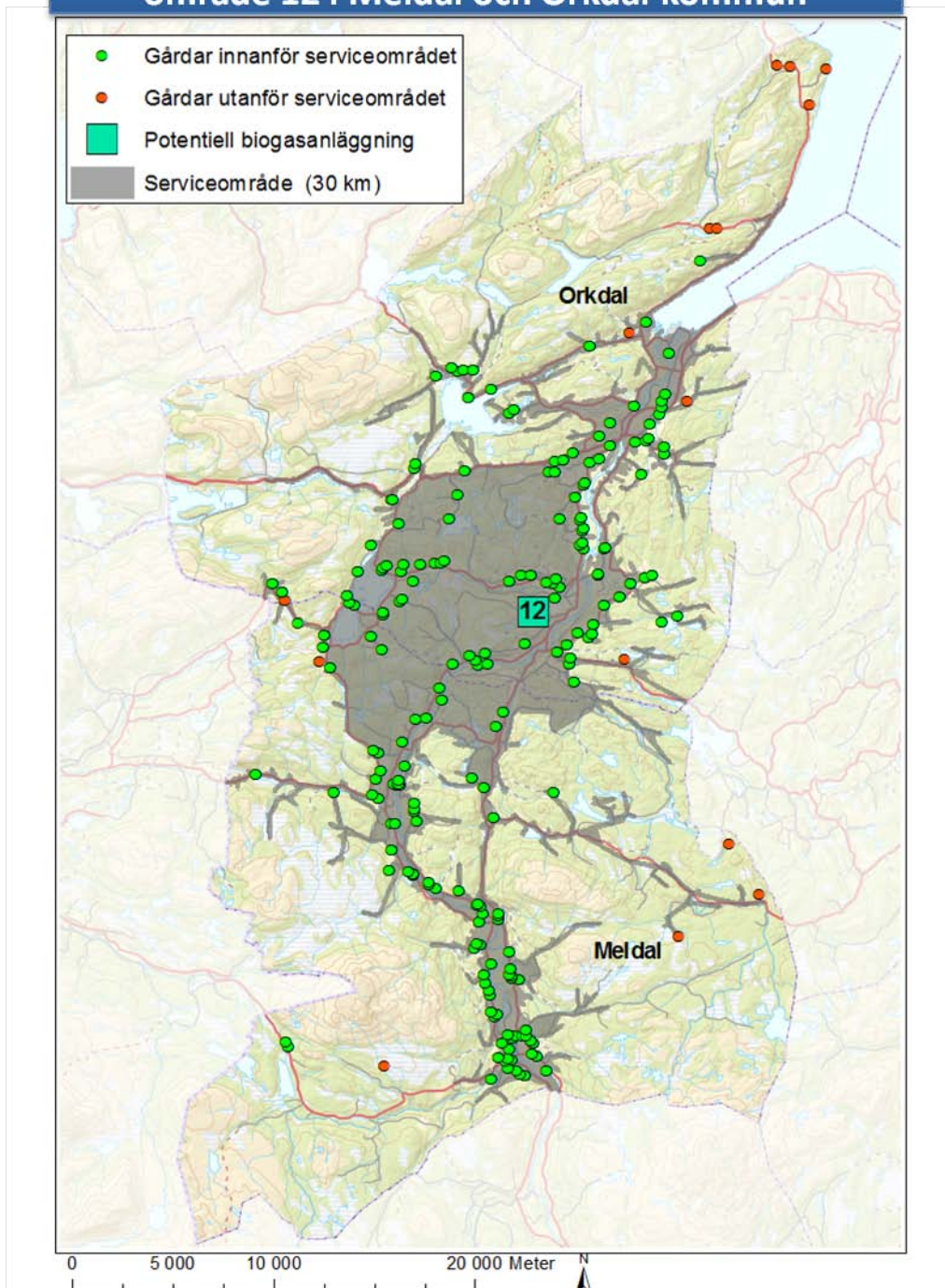
Karta 10. Densiteten av husdjursgödsel i Meldal och Orkdal kommun



Karta 11. Potentiella anläggningar och substrat i Meldal och Orkdal kommun



Karta 12. Upptagningsområde för substrat från område 12 i Meldal och Orkdal kommun



Sømna och Brønnøy

Sømna och Brønnøy har sammanlagt 202 gårdsbrukare som bedriver djuruppfödning, sammanlagt har de en biogaspotential motsvarande 71 Gwh. Karta 13 visar den geografiska fördelningen av husdjursgödsel i kommunerna och karta 14 visar densiteten av denna.

Av de 202 djuruppfödarna producerar 38 tillräckligt med gödsel för att uppfylla kriteriet 0,5 GWh per år och kan etablera en gårdsbaserad biogasanläggning. Vid etablering av en centraliserad biogasanläggning har endast gårdar lokaliserade på fastlandet, eller de områden dit vanlig bilväg går från fastlandet, tagits med vilket motsvarar 199 gårdar, av dessa 199 uppfyller 141 kravet på minst 240 ton gödsel per år för att vara med i en centraliserad biogasanläggning, se karta 15.

Vid identifiering av potentiella områden för en centraliserad biogasanläggning i kommunerna finns det önskemål om att anläggningen ska vara lokaliserad i Sømna vilket har resulterat i 4 områden, se karta 15. Nätverksanalysen med hjälp av serviceområde visar att område tre och fyra (karta 15), lämpar sig bäst för en biogasanläggning, då 97 gårdar kan nås från dessa områden, se tabell 14. Detta innebär att från dessa områden kan 69 procent av alla gårdsbrukare nås inom ett avstånd på 30 km, med ett medelavstånd på 11 km, se karta 16.

Tabell 14. Antalet gårdar som kan nås från varje potentiellt område i Sømna och Brønnøy kommun

Serviceområde 10 km		Serviceområde 20 km		Serviceområde 30 km	
Område	Gårdar	Område	Gårdar	Område	Gårdar
1	35 (25%)	1	76 (54%)	1	88 (62%)
2	35 (25%)	2	82 (58%)	2	90 (64%)
3	58 (41%)	3	86 (61%)	3	97 (69%)
4	58 (41%)	4	86 (61%)	4	97 (69%)

Tabell 15. Den sammanlagda biogaspotentialen från de gårdar som kan nås från varje potentiellt område i Sømna och Brønnøy kommun

Serviceområde 10 km		Serviceområde 20 km		Serviceområde 30 km	
Område	Gwh	Område	Gwh	Område	Gwh
1	15,8	1	36,7	1	43,8
2	18,8	2	40,9	2	45,9
3	29,6	3	43,5	3	51,1
4	29,6	4	43,5	4	51,1

De 97 gårdar som kan nås ifrån område 3 och 4 har en gemensam biogaspotential motsvarande 51,1 GWh och uppfyller därmed (Roth et al. 2009) kravet på 15-40 GWh för en mindre centraliserad anläggning, se tabell 15. Av den totala energin som anläggningen producerar går 20 procent åt till att värma och driva själva biogasanläggningen (Jobacker et al. 2008). Den resterande energin på 40,9 GWh motsvarar 50,1 procent av energin använd i kommunernas vägtrafik, se tabell 3, eller 39,3 procent av energin använd i kommunernas hus under 2008, se tabell 2. Den producerade energin skulle kunna täcka hela Sømnas energianvändning i både vägtrafik och hus.

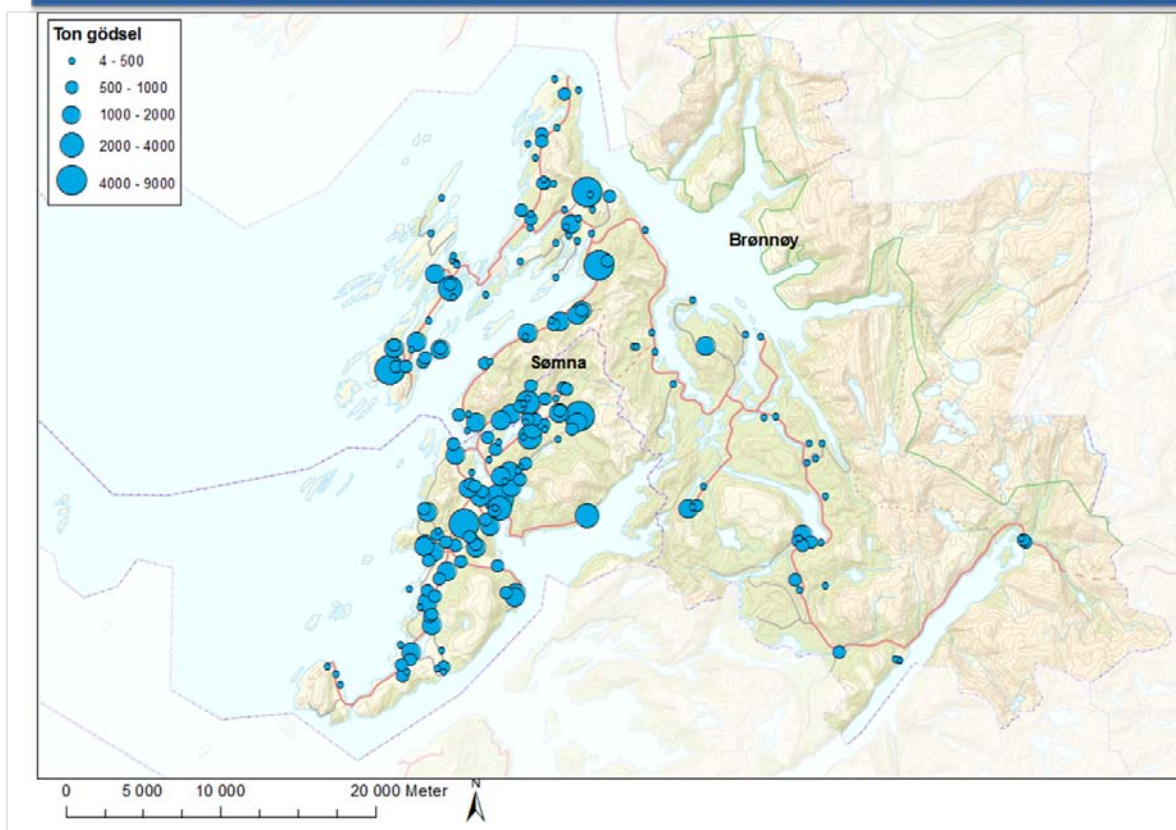
Tabell 15 visar att inom alla tre avståndsintervall kan en tillräckligt hög biogaspotential uppnås för att uppfylla kriteriet 15-40 GWh för en mindre centraliserad anläggning från alla områdena (Roth et al. 2009).

Gödseln och rötresten måste transporteras till och från anläggningen. Med antagandet att lastkapaciteten är 20 m³ (20 ton gödsel) blir det i genomsnitt 5 transporter per månad till varje gård (63 per år) . Genomsnittstiden per transport ligger på 11 minuter enkelväg med en lastningstid på ca 10 minuter, vilket ger en genomsnittlig tid på ca 42 minuter. Under en normal arbetsdag kan ca 10 transporter utföras. Baserat på den totala gödselmängden från de 97 gårdarna blir det ca 17 transporter per dag. Detta innebär att två lastbilar måste användas om all gödsel ska hämtas. För att optimera transporten beräknas den billigaste transportsträckan från biogasanläggningen till varje enskild gårdsbrukare med bränsleförbrukningen som den viktigaste kostnadsparametern. Både gödsel och rötrest måste transporteras till och från anläggningen. Med antagandet att separata bilar använts för transport av gödsel och rötrest krävs fyra lastbilar som vardera kör totalt 8 transporter per dag, (alternativt lastbilar med större lastkapacitet). Beräknat utifrån transportsträckan och antal transporter till de olika gårdarna kommer transporten att kräva ca 66 000 liter diesel på ett år vilket motsvarar 0,65 Gwh och 1 056 000 Skr om dieselpriiset ligger på 16 Skr per liter (5 juli 2010: :(Vikström 2010)).

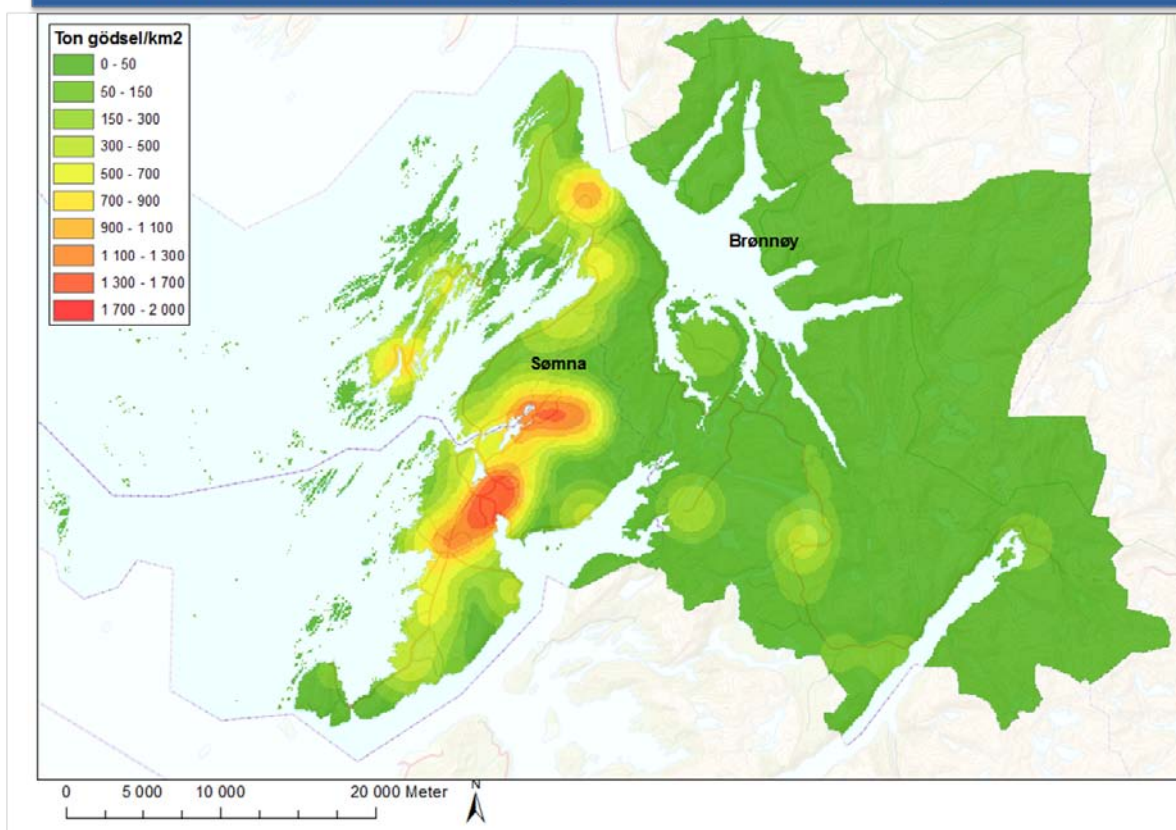
Utifrån antal gårdsbrukare och antagandet att lastbilskapaciteten är på 20 m³ kommer biogasanläggningen att varje dag matas med ca 340 m³ (20*17) gödsel och lika mycket rötrest kommer att pumpas ut.

Enligt norsk lagstiftning (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav § 24) får 35 kg fosfor spridas per ha. Den totala gödselmängden (rötrestpotentialen) innehåller ca 97 ton fosfor och den sammanlagda arealen för de 97 gårdarna är 3642,1ha, detta innebär att inget överskott av rötrest produceras för försäljning till gårdar som inte är med i biogasanläggningen. Av alla 97 gårdarna är den endast 12 som har ett överskott av fosfor.

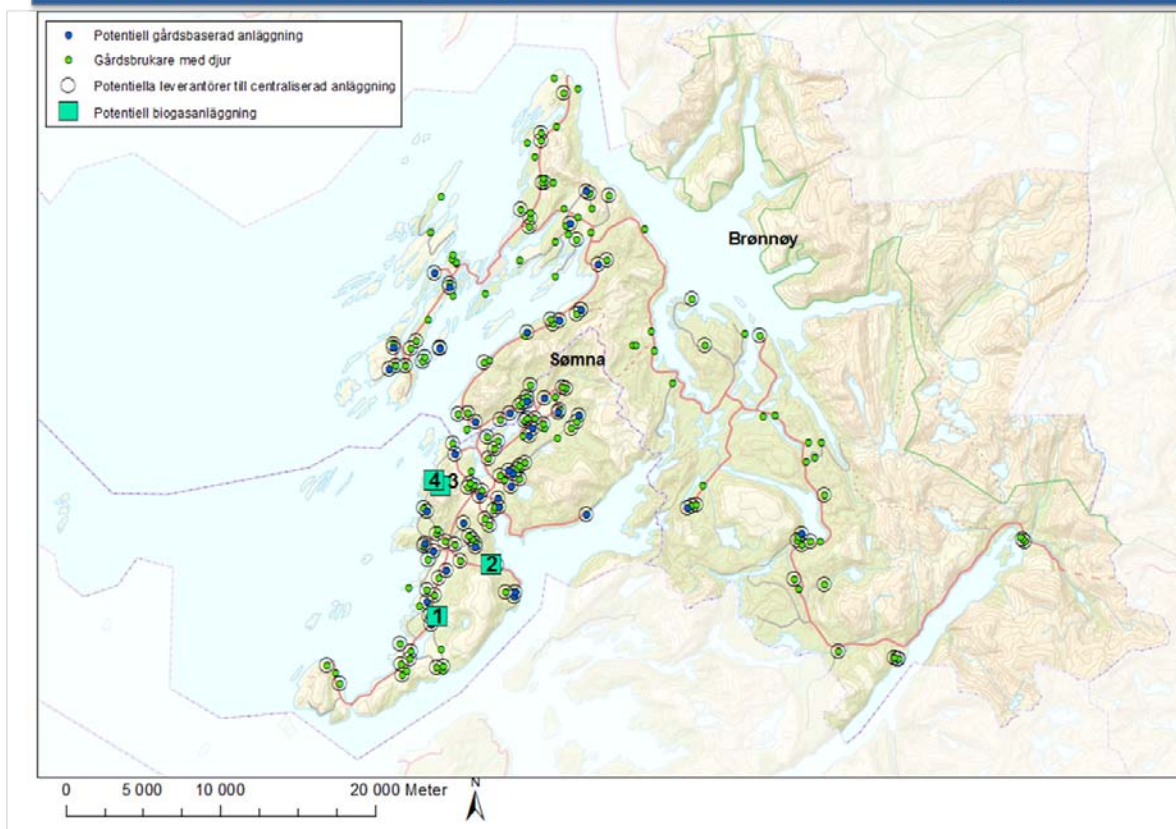
Karta 13. Geografisk fördelning av husdjursgödsel i Sømna och Brønnøy kommun



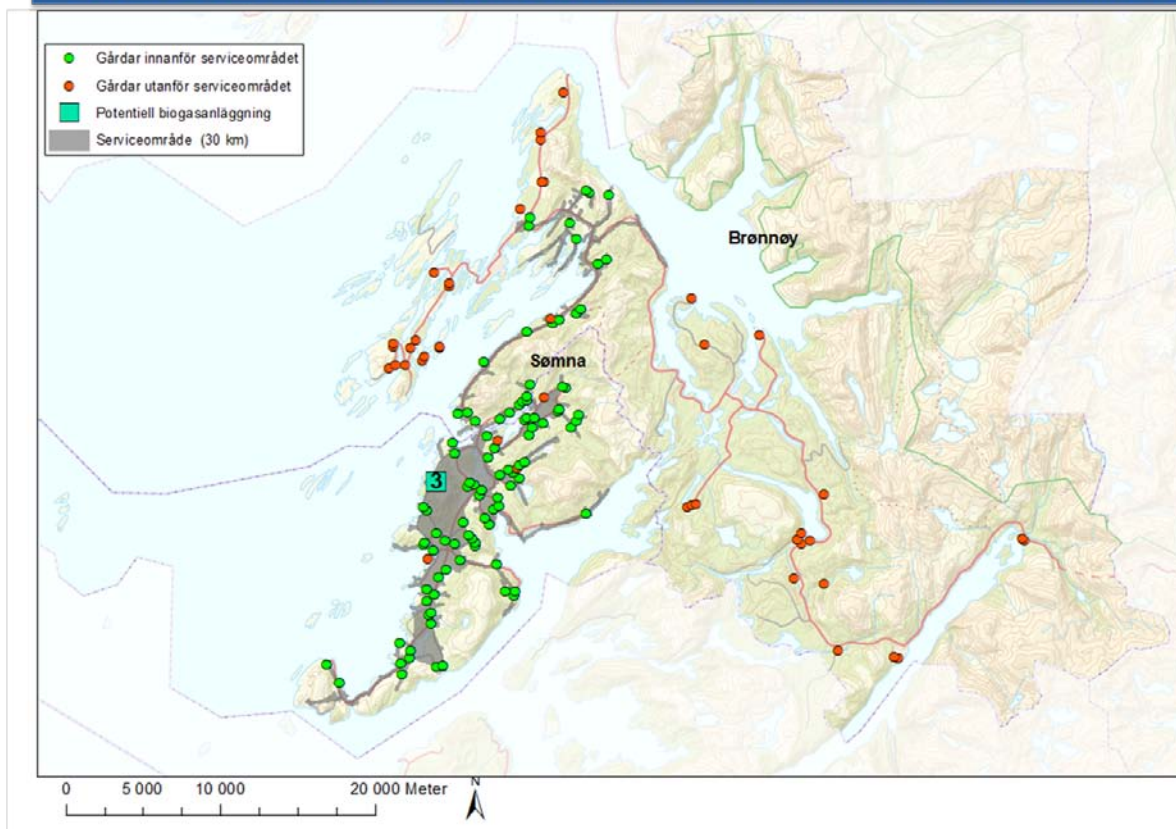
Karta 14. Densiteten av husdjursgödsel i Sømna och Brønnøy kommun



Karta 15. Potentiella anläggningar och substrat i Sømna och Brønnøy kommun



Karta 16. Upptagningsområde för substrat från område 3 i Sømna och Brønnøy kommun



Diskussion

GIS-metoden som använts är principiellt baserat på två utprovade metoder. Resultaten är lokalspecifika och därmed svåra att jämföra med tidigare publikationer.

Underlag för beräkning av substrat mängd

I arbetet har information från LIB över gårdarnas djurpopulationer använts, alternativt kunde den faktiska mängden producerad gödsel samt gödselhanteringen för respektive gård i försöksområdets ha samlats in manuellt. Detta har inte gjorts i denna studie på grund av begränsad tid. Det fel detta innebär är svårt att uppskatta och är relaterat till hur tillförlitligt underlaget från LIB är samt de olika antaganden och värden som använts för att beräkna den producerade mängden gödsel samt halten av ts och näringsämnen.

Registret ifrån LIB över djurpopulationer för de olika gårdsbruken i de fem försökskommunerna kan innehålla bristfällig data då gårdsbrukare som inte söker ekonomiskt stöd inte kommer med i registret. Det är svårt att avgöra hur många gårdar detta rör sig om, men det är troligtvis ett litet antal gårdar som dessutom är för små för att uppfylla de kriterier som använts för gårdsbaserad eller centraliserad biogasanläggning, och därmed inte påverkar resultatet nämnvärt.

Det kan också existera gårdar som har gått samman och etablerat gemensam djurhållning eller gårdsbrukare som har djur på ett annat område än där de är bosatta. Detta kan påverka den geografiska lokaliseringen av gårdarna då den är kopplad till adressen för den som söker ekonomiskt stöd, vilket kan vara en annan adress än där gården är belägen. Detta kan påverka alla resultat som är baserade på den geografiska spridningen av gårdsbruken.

Vid beräkning av gödselproduktion och ts-halt från olika djurslag har ett antal publicerade rapporter använts som underlag. Gödsel och ts-halt finns representerade i många olika studier och värdena har stor spridning, detta beror framförallt på djurens kost och om djuren matas med kraftfoder eller inte, samt gödselhanteringen på respektive gård. Detta påverkar mängden gödsel samt näringsinnehållet i gödseln och rötresten. Värdena som har använts i denna rapport är representativa medelvärden, även om det kan skilja mellan olika gårdar. För att få faktiska värden måste manuella undersökningar göras vid varje gård, vilket är tidskrävande och har inte gjorts i denna studie.

I arbetet har gödselproduktionen för olika djurslag delats upp i tre olika kategorier: flytgödsel, fastgödsel och djupströgödsel. Resultaten av beräkningen visar dock att 95-99 % av gödselproduktionen i alla 5 kommunerna består av flytgödsel, med antagandet att nötkreatur och gris producerar flytgödsel. Detta beror framförallt på att nötkreatur är den ensamt dominerade djurslaget i kommunerna. Men det är också ett resultat av att nötkreatur och grisar producerar mer gödsel jämfört med andra djur som tagits med i studien (tabell 6). Detta innebär att beräkningen av gödsel hade kunnat förenklas med antagandet att alla djur producerar flytgödsel utan att det skulle påverka resultaten nämnvärt.

Densiteten av mängden gödsel har plottats geografiskt i alla fem kommunerna (karta 5, 10, 14). Detta är ett effektivt sätt att få en snabb överblick av fördelningen och "hot-spots" av

gödsel kan identifieras. Områden med hög densitet kan ge en indikation om var ett lämpligt område för en biogasanläggning kan identifieras. Men det kan också ge en felaktig indikation, då det kan vara svårt att identifiera om tillräckligt med substrat kan nås från en "hot-spot". Densitetsanalysen för de flesta kommunerna tillför inte någon ytterligare information till analysen för identifiering av potentiella områden förutom för Sømna och Brønnøy, där det tydligt kan ses att densiteten är högst över Sømna, av detta kan man dra slutsatsen att den bästa lokaliseringen av anläggningen är inom detta område. Densitetsanalysen kan vara till hjälp för att snabbt sortera bort mindre lämpade områden om ett mycket stort antal potentiella områden identifierats för ett område.

Kriterierna för en gårdsbaserad respektive centraliserad anläggning (104 ton ts/år respektive 240 ton gödsel/år) är baserade på muntlig intervju med Hanssen (2010) samt värden från Roth et al. (2009). Det är svårt att avgöra exakt hur tillförlitliga dessa värden är då de inte har kunnat jämföras med värden från andra studier. Liknande undersökningar har inte hittats inom ramen för detta arbete. Dessa kriterier har en stor påverkan på resultaten i rapporten.

Lokalisering av lämpliga områden

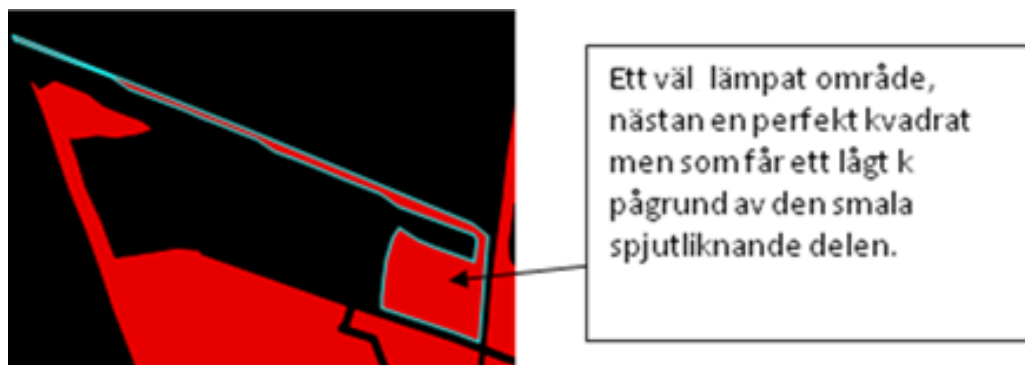
Vid framtagning av potentiella områden för en biogasanläggning har skarpa buffertzoner använts. Detta innebär att det kan finnas optimala platser i gränsen mellan buffertzoner som med denna metod blir bortvalda. Det hade varit möjligt att använda oskarp logik (Fuzzy logics), där områden ges olika viktningar istället för en skarp buffertzon. Ett försök gjordes med Analytisk Hierarki Process (AHP), men det var svårt att hitta lämpliga viktningar och därför valdes en skarp metod istället. Användning av skarp metod gör att resultaten blir mindre flexibla. Det är omöjligt att veta om ett bra område blir bortsorterat i urvalet av potentiella områden. Men för alla fem försökskommunerna har väl lämpade områden kunnat lokaliseras, om detta inte hade varit fallet, skulle metoden ha kunnat kompletteras med en oskarp logik, men då detta är mer tidskrävande, eftersom vikter ska beräknas och analyseras, finns det inget behov för att göra det om bra områden kan lokaliseras direkt med den skarpa logiken.

De buffertzoner som har använts kan i realiteten variera mellan olika områden på grund av lokala variationer, men eftersom ett av syftena med detta arbete är att ta fram en metod som ska kunna användas oberoende av plats har konstanta värden på buffertzonerna använts.

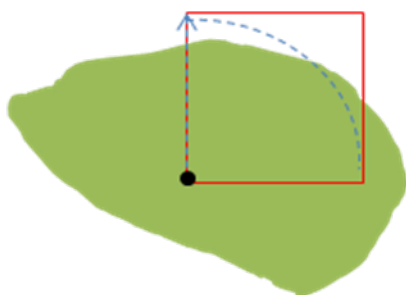
Ytterligare en parameter som skulle ha kunnat användas i analysen är vindriktningen. Områden som ligger i den dominerande vindriktningen kan ges en större buffert mot en potentiell anläggning jämfört med övriga områden. Motiveringen till detta är att undvika eventuell lukt från anläggningen. Det hade också varit möjligt att ta med parametrar som avstånd till kraftanläggningar eller annan fördelaktig infrastruktur som är relaterad till avsättningen för gasen.

I de fem försökskommunerna har endast ett mycket litet antal potentiella områden identifierats. Detta innebär att alla områden kunde utvärderas manuellt och att metoden som beskrivits i metoddelen för att finna ett område som rymmer en anläggning på 1 ha inte behövde appliceras.

Även om denna metod inte har använts för dessa fem försökskommuner kan den behöva användas om metoden ska appliceras på andra områden. Den beskrivna metoden har dock en del brister. Områden som kan lämpa sig, alltså där en kvadrat på 100*100 m rymms, kan sorteras bort på grund av områdets oregelbundet, se exempel figur 24. Detta innebär att de områden som väljs ut av metoden är acceptabla, men sedan måste en manuell undersökning göras av resterande områden. Problemet med area och omkrets kan lösas med andra metoder, t.ex. genom att finna en punkt i området utifrån vilket en 90 graders cirkelsektor med 100 m radie kan rymmas. Detta är dock svårt att lösa eftersom varje punkt i området måste undersökas, se exempelfigur 25, detta har inte gjorts i detta arbete.



Figur 24: Exempel på ett område som lämpar sig för byggnad av biogasanläggning men som väljs bort av metoden beskriven ovan



Figur 25: Metod för att avgöra om ett område rymmer ett kvadratisk område

Utvidgning av biogasanläggning

Resultaten visar att det endast går att etablera småskaliga anläggningar i kommunerna samtidigt som det krävs ett stort antal gårdsbruk för att nå upp till tillräcklig substratmängd. Detta gör att transportlogistiken blir komplicerad. I kombination med den låga lastkapacitet på lastbilar som har använts i arbetet innebär detta att kostnaderna för transporterna kan bli höga. För att det ska vara ekonomiskt hållbart att etablera en biogasanläggning i försökskommunerna krävs det troligtvis en ökning av storleken på anläggningen. Detta kan

genomförs genom att komplettera med annat substrat i form av odlingsrester och slaktavfall som är godkänt för gödsling av odlingsmark för matproduktion. Detta skulle då säkerställa att det finns nog med rötrest till arealerna inom projektet samtidigt som en större mängd biogas kan produceras. Det skulle också innebära att ett överskott av rötrest kan säljas till gårdsbrukare utanför projektet och användas istället för konstgödsel.

Potential för avsättning av gasen

Ett av målen med rapporten var att undersöka om det finns potential för att ta till bruk den biogas som produceras från biogasanläggningen. Resultaten visar att det finns tillräckligt med hushåll och vägtrafik för avsättning av gasen. Men detta säger ingenting om de faktiska möjligheterna att utnyttja gasen då detta kan innebära för stora investeringar relaterat till leverans och bruk av gasen. För att undersöka detta hade det behövts en undersökning av kommunernas infrastruktur gällande energisystem, samt möjligheterna att utnyttja gasen hos konsumenterna.

Vägdata

Datasettet Elveg har bristande information över hastigheter och höjdvärden i alla fem försökskommuner vilket korrigerats med hjälp av en interpolation. Om vägsträckorna fick ett korrekt värde eller inte är omöjligt att avgöra utan en fältanalys, men då det rörde sig framförallt om ett litet antal korta delsträckor i varje kommun så har det troligtvis en mycket liten påverkan på resultaten. Trots att höjdata hade förberetts för användning som en parameter i nätverkanalysen var det nödvändigt att bortse från dessa på grund av bristande tillgång till en tillförlitlig viktningsmatrix för bränsleökningen baserad på stigning. Detta innebär att det vid beräkning av transportkostnader endast tagits hänsyn till bränsleförbrukning och hastighet.

I nätverksanalysen har det även varit möjligt att lägga in fler parametrar som kan ha en påverkan på kostnaden som t.ex. korrektion för olika trafikförhållanden under olika tider på dyngnet, extra körtid för vägkorsningar, trafikjus samt höger- respektive vänster-sväng, horisontell kurvatur, vägfriktion och vägbredd. Dessa parametrar uteslöts på grund av bristande tid. Att alla dessa parametrar inklusive stigningsförhållandena uteslutits från beräkning av transportkostnaderna har förmodligen en mycket liten påverkan på resultatet då transporten representerad som energivärden i Gwh utgör en mycket liten del av anläggningens totala energiproduktion. Detta visar också att kostnaderna över transporten representerade i endast Gwh och Skr ger en missvisande bild. Normalt är en av de högsta kostnaderna när det gäller biogasanläggningar baserade på gödseltransportkostnaden. För att få en mer korrekt uppfattning av transportkostnaden måste också lönekostnader och timkostnader inberäknas. Enligt Hanssen (2010) och Kelsberg (2010) är det lastning och tömning som är kostsamt och inte själva transporten så länge avstånden är rimliga. Detta kan också tydligt ses i resultaten där lastings och tömningskostnaderna på Ölandet i genomsnitt tar dubbelt så lång tid som själva transporten. För Meldal och Orkdal ligger tömning och lastning i genomsnitt på 55-59 % av transporttiden och för Sömna Brønnoy ligger genomsnittliga transporttiden och lastningstiden på ungefär samma nivå, vilket gör att transportkostnaden i form av diesel blir mycket liten i sammanhanget. Detta visar att beräkningar av transportkostnader på det sätt

som gjorts i denna rapport är överflödiga och en mer rättvis bild skulle kunna fås om man istället räknade på endast tiden och lönekostnader. Men nätverksanalysen i helhet är ett utmärkt verktyg för att hitta de bäst lämpade områdena för en biogasanläggning då avståndet trots allt har en betydelse.

De resultat som har presenterats som potentiella lokaliseringsområden för biogasanläggning är baserade på de områden från vilka flest gårdar kan nås. Ett annat alternativ är att välja ut de områden varifrån den största biogaspotential går att nå. För de analyserade områdena i denna rapport sammanfaller dessa, men det behöver inte vara fallet. Eftersom lastningen utgör den större delen av transporttiden är inte avståndet till gårdarna så viktigt. Om ett mindre antal gårdar med större biogaspotential kan nås ifrån ett område, innebär det att transportlogistiken blir enklare och att det behövs ett mindre antal färsklager ute vid gårdarna. Fördelarna med detta kan då överväga nackdelen med något längre körsträcka. För att minimera transportkostnaderna är det viktigt att det finns tillräckligt med substrat för att transportererna med en eller flera lastbilar ska vara fullbelagda. I stället för att etablera en stor anläggning som kräver samverkan mellan ett stort antal lantbruk kan det vara enklare att etablera mindre anläggningar baserade på ett fåtal lantbruk med hög biogaspotential.

I stället för att räkna på transport med diesel hade uppgraderad biogas kunnat användas. Men energimängden för biogas och diesel är nästan det samma (9,8 kwh respektive 9,7 kwh) och skulle därför ge likvärdiga resultat.

Trots slutsatsen från Hanssen (2010) och Kelsberg (2010) om att det inte är transportsträckan i sig som är det dyraste har ett maximalt avståndsintervall på 30 km satts mellan anläggningen och gårdsbrukaren, detta på grund av att det enligt Berglund & Börjesson (2003) inte är ekonomiskt hållbart att transportera gödsel längre på grund av att gödseln innehåller stora mängder vatten och har ett relativt lågt energiinnehåll per volymenhet. Dessutom så baseras Hanssen (2010) och Kelsberg (2010) resonemang endast på korta avstånd. Det skarpa avståndsintervallet på maximalt 30 km för serviceområdet innebär att en gårdsbrukare som ligger 30,5 km från biogasanläggningen inte kommer med. I praktiken måste dock en manuell utvärdering göras för att undvika att gårdsbrukare, med stora mängder gödsel som ligger i gränzonen, utesluts.

Vid transport av gödsel och rötrest har det antagits att all gödsel kan transporteras på samma sätt oavsett gödseltyp. Detta förutsätter att all gödsel respektive rötrest har en volymvikt på 1 ton per m³, men i själva verket är det endast flytgödsel som har denna volymvikt (tabell 4). Det är svårt att beräkna varje gårds volymvikt av gödsel då de kan ha flera olika djur som producerar olika gödseltyper. Då flytgödsel är den ensamt dominerande gödselmängden i alla fem kommunerna (95-99%) anses detta vara en förenkling som inte kommer att påverka resultatet nämnvärt. Det har också antagits att en lastbil på 20 m³ används för alla transporter, vilket förstås bara är ett antagande som har stor påverkan på resultaten över antal transporter och mängden gödsel och rötrest som pumpas in och ut varje dag. I praktiken skulle storleken på lastbilen troligtvis avgöras utifrån mängden substrat eller vad för lastbilar som finns tillgängliga inom kommunen.

Ett alternativ till att transportera gödsel och rötrest med lastbil längs vägnätet är att pumpa substrat i rör. Pumpning av substrat i rörledningar ställer krav på korta avstånd, under 5 km, och att substratet inte har en ts-halt över 10% då detta försvårar pumpningen (Wennerberg 2009). Resultaten visar att för Ørland kommun ligger medelavståndet för transporten på 5 km, eftersom gödslet huvudsakligen består av flytgödsel vilket normalt har en ts-halt mindre än 12% har Ørland goda förutsättningar för pumpning av substrat med rör.

Lager

Ett problem kring etableringen av en biogasanläggning är lagerhållningen av framförallt gödsel och rötrest. Gårdsbrukare har normalt ett gödsellager som rymmer ca 6-10 månaders gödselproduktion. Ett alternativ är att etablera ett färskgödsellager som rymmer ca 20-40 m³ gödsel vid varje gårdsbruk, det gamla gödsellagret kan då användas för rötresten. Ett annat alternativ är att rötresten lagras i mindre regionallager som delas mellan ett antal gårdsbrukare. Fördelen med regionala lager för lagring av rötresten är att den extra biogasen som normalt produceras i efterlagret, ca 20 procent av den totala produktionen (Lantz 2004), lättare kan tas vara på än om rötresten lagras i små gårdslager. Men etablering av större regionala lager kan i större utsträckning innebära extra kostnader i form av lagerhållning och hantering för att driva och sköta själva lagret och dessutom försvåras möjligheten att ta till vara biogasen som produceras i rötresten efter det att den har lämnat biogasanläggningen då denna teknik inte kommer att kunna finnas ute vid varje regionallager. Det bästa alternativet är förmodligen att ha en fördröjning vid själva biogasanläggningen för att ta till vara den extra biogasen för att sedan transportera ut rötresten direkt till varje gårdsbrukare eller regionallager. Vilket alternativ som är bäst måste avgöras vid varje enskild biogasanläggning.

Sammanfattningsvis så är metoden baserad på en rad antaganden som till exempel minsta storlek på gårdsbaserad respektive centraliserad biogasanläggning, lastbilar med en specifik lastkapacitet, maximalt avståndsintervall mellan substrat och biogasanläggning samt avståndsintervaller till negativa respektive positiva faktorer. De resultat som presenterats i rapporten är representativa för dessa antaganden.

Slutsats

Biogaspotentialen har beräknats och kartlagts i de tre försöksområdena (fem kommunerna) och resultaten visar att inget av de tre försöksområdena har nog stor potential för etablering av en storskalig biogasanläggning. I samtliga kommuner finns det tillräcklig potential för etablering av en småskalig biogasanläggning. Det finns också ett flertal gårdar i kommunerna som uppnår kravet för etablering av en gårdsbaserad anläggning.

De småskaliga anläggningarna som kan etableras i kommunen kräver ett stort antal gårdsbrukare för att uppnå minsta mängd substrat. Detta resulterar i en intensiv transport för ett flertal lastbilar. Även om transportkostnaderna i form av Gwh och Skr är låga så innebär det höga kostnader i form av lön och en ökad trafikintensitet. Det kan därför vara ett bra alternativ att etablera en mindre anläggning med färre gårdar.

Resultaten visar att med en anläggning baserad på endast gödsel fås inget överskott av rötrest. Beräkningarna av substratets innehåll av fosfor visar på ett underskott till gårdsbrukarna. Vid en etablering kan det vara nödvändigt att komplettera substratet med annan biomassa, detta skulle då också säkerställa att tillräckligt med rötrest produceras för att försörja jordbruksarealerna inom projektet, detta skulle också öka anläggningens biogaspotential.

Det finns en potentiell marknad för avsättning av gasen i de fem kommunerna i antingen kommunernas vägtrafik eller i hushållen. Resultatet visar dock inte om det finns infrastruktur som möjliggör detta. Den biogaspotential som finns i Sømna och Brønnøy är tillräcklig för att täcka hela Sømnas användning av energi i både vägtrafiken och hus.

GIS-metoden som har tagits fram under arbetets gång lämpar sig väl för att hitta potentiella områden för etablering av en biogasanläggning samtidigt som den tar utgångspunkt i att beskydda känsliga områden och tar hänsyn till sociala faktorer som lukt vilket gör att bland annat beslutsarbetet för kommunerna och Länsstyrelsen (Fylkesmannen) kan underlättas. Metoden gör det dessutom lätt att med hjälp av olika nätverksanalyser logistiskt utvärdera hur bra olika potentiella områden är och identifiera det bäst lämpade utifrån tillgången till substrat. Metoden är dessutom uppbyggd på generella buffertzoner och förutsättningar som gör att den lämpar sig bra oberoende av område. Det har gjorts en rad antaganden i uppsatsen vilket också avspeglar sig i resultaten. För en kommun som ska applicera metoden kan vissa av dessa antaganden anpassas till lokala förutsättningar.

Referenser

- AEBIOM (2009): A biogas road map for Europe European biomass association
- Albertsson B (2007): Riktlinjer för gödsling och kalkning Jordbruksverket, växtnäringenheten, 2006:33
- Albertsson B (2009): Riktlinjer för gödsling och kalkning Jordbruksverket, Jordbruksinformation 26-2008
- Aronsson H, Ekdahl B, Oskarsson B (2004): Modern logistik - för ökad lönsamhet 19-47-07473-6 Lundatext AB Lund
- Baky A, Nordberg Å, Palm O, Rodhe L, Salomon E (2006): Rötrest från biogasanläggningar - användning i lantbruket JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik forskar för bättre mat och miljö
- Banken K, Aarland R (2003): Logistik, ledelse og marked ISBN: 82-7674-805-8 Fagboksforlaget vigmostad og Bjørke AS Bergen
- Berg J (2000): Lagring och hantering av rötrest från storskaliga biogasanläggningar, Kretslopp och avfall. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik
- Berglund M, Börjesson P (2003): Energianalys av biogassystem. LTH - Institutionen för teknik och samhälle Avdelningen för miljö- och energisystem
- Berglund M (2006): Biogas production from a systems analytical perspective LTH Department of Technology and Society Faculty of Engineering at Lund University
- Bioenergienheten (2009): Växthusgaser från jordbruket - en översikt av utsläppsmekanismer och möjliga åtgärdsområden inför arbetet med ett handlägningsprogram
- Bioenergiportalen (2008). Rötrest <http://www.bioenergiportalen.se/?p=1462&m=997>. Access date 1 okt 2010
- Börjesson P (2007): Produktionsförutsättningar för biobränslen inom svenskt jordbruk Institutionen för teknik och samhälle. Avdelningen för miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola
- Börjesson P, Tufvesson L, Lantz M (2010): Livcykelanalys av svenska biodrivmedel Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Avdelningen för miljö- och energisystem, Rapport nr: 70, Lund
- Dalemo M (1996): The ORWARE Simulation Model – Anaerobic Digestion and Sewage Plants Sub-model Institutionen för lantbruksteknik, Uppsala
- Edström M, Nordberg Å (2004): Producera biogas på gården – gödsel, avfall och energigrödor blir värme och el Nr: 107. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik forskar för bättre mat och miljö
- ESRI (2010). ArcGIS 9.2, Desktop Help, How kernel density works, ESRI - Environmental Systems Research Institute <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=How%20Kernel%20Density%20works>. Access date 2010-09-10
- ESRI.2 (2010). ArcGIS 9.2, Desktop Help, Calculating slope, ESRI - Environmental Systems Research Institute http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Calculating_slope. Access date 2010-09-10
- ESRI.3 (2010). ArcGIS 9.2, Desktop Help, Types of network analyses, ESRI - Environmental Systems Research Institute http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=Types_of_network_analyses. Access date 2010-09-10
- Forskrift om gjödselvarer mv. av organisk opphav (§ 18): FOR 2003-07-04 nr 951 LMD (Landbruks- og matdepartementet), MD (Miljøverndepartementet), HOD (Helse- og omsorgsdepartementet)

- Forskrift om gjödselvarer mv. av organisk opphav (§ 24): FOR 2003-07-04 nr 951 LMD (Landbruks- og matdepartementet), MD (Miljøverndepartementet), HOD (Helse- og omsorgsdepartementet)
- Gao Y, Yancong Z, Xiaomin H (2006): The application research of logistics network based on GIS. IET International Conference on Wireless, Mobile and Multimedia Networks: 1-4
- Hansen JF (2010), Personlig kommunikation,UMB - Universitetet for miljø og biovetenskap, Trondheim
- Hanssen OJ (2010): Østfoldforskning Personlig kommunikation, Fredriksstad
- Hansson A, Christensson K (2005): Biogas ger energi till ekologiskt lantbruk Ekologiskt lantbruk, jordbruksverket
- Harrie L (Editor), 2008: Geografisk informationsbehandling teori, metoder och tillämpningar 4: Forskningsrådet Formas Stockholm
- Held J, Mathiasson A, Nylander A (2008): Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter- goda svenska exempel Gastekniskt Center, Svenska Gasföreningen, Svenska Biogasföreningen, Stockholm
- Hillestad ME (2008): Dokumentation av klimagassutslipp, energiforbruk og energiresurse i landbruk og næringsmiddeindustri
- Jansson L-E (2008): Biogas på gården - en introduktion LRF, Studieförbundet vuxenskolan, Biogasföreningen, Stockholm
- Jobacker U, Jansson L-E, Johansson L-G (2008): Affärsutveckling för gårdsbaserad biogas LRF, region Halland, Studieförbundet vuxenskollan, Europeska Unionen regionala utvecklingsfonden, Stockholm
- Johansson M, Nilsson T (2007): Transporter i gårdsbaserade biogassystem- Framtagning av beräkningsprogram för kostnader och emissioner. LTH-Institutionen för Teknik och samhälle Miljö- och Energisystem
- Jordbruksverket (1995:10): Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet vid nötkreaturshållning
- Kelsberg SI (2010): Kelsbergs Transport Personlig kommunikation, Trondheim
- Klimakur2020 (2010): Tiltak og virkemidler for å nå norsa klimamål mot 2020
- Kvam K (2010): Fosen næringshage AS, Personlig kommunikation, Trondheim
- Lantz M (2004): Gårdsbaserad produktion av biogas för kraftvärme -ekonomi och teknik Lunds universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Avdelningen för miljö- och energisystem
- Linné M, Ekstrandh A (2006): Ekonomisk och miljömässig förstudie åt Sävsjö Biogas AB avseende transport, lagring och spridning av rötrest. BioMil AB
- Linné M, Ekstrandh A, Englesson R, Persson E, Björnsson L, Lantz M (2008): Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter Lund
- Lov om jord (§ 9): LOV 1995-05-12 nr 23, Bruk av dyrka og dyrkbar jord. LMD (Landbruks- og matdepartementet)
- Lov om planlegging og byggesaksbehandling (§ 1-8): Plan- og bygningsloven, LOV-2008-06-27-71 LMD (Landbruks- og matdepartementet)
- Ma J, Scott NR, DeGloria SD, Lembo AJ (2005): Siting analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS. Biomass and Bioenergy **28**: 591-600
- Martinsen JA (2008): Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6 Vegdirektoratet, Utbyggingsavdelingen, Transportanalyseeksjonen, , Oslo
- Moe A (2005): Lukt- Kunskapsläge, Modelling och Analys. Institutionen för växt- och miljövetenskaper, Göteborgs universitet
- NE Nationalencyklopedin <http://www.ne.se/>. Access date 09-07-2010

- Paudel KP, Bhattarai K, Gauthier WM, Hall LM (2009): Geographic information systems (GIS) based model of dairy manure transportation and application with environmental quality consideration. Waste Management **29**: 1634-1643
- Perpina C, Alfonso D, Perez-Navarro A, Penalvo E, Vargas C, Cardenas R (2009): Methodology based on Geographic Information Systems for biomass logistics and transport optimisation. Renewable Energy **34**: 555-565
- Raadal HL, Schakenda V, Morken J (2008): Potensialstudie for biogass i Norge
Østfoldforskning AS, UMB, Enova
- Randberg E, Jacobsen JM, Håvik A (2005): Biogass i Hordaland Naturvernforbundet nordland, Hordaland olje och gass
- Rosenblatt M (1956): Remarks on some non parametric estimates of Density Funktion. Annals of Mathematical Statistics **27**: 1-7
- Roth L, Johansson N, Benjaminsson J (2009): Mer biogas - Realisering av jordbruksrelaterad biogas LRF, e.on, Gasföreningen, Grontmij
- Shi X, Elmore A, Li X (2008): Using spatial information technologies to select sites for biomass power plants: A case study in Guangdong Province, China. Biomass & Bioenergy **32**: 35-44
- Solstad A (2010), Personlig kommunikation, Fylkesamnen Sør-Trøndelag - Avdeling for lanbruk- og bygdeutvikling
Trondeheim
- SSB.1 Jordbruk <http://www.ssb.no/jordbruk/>. Access date 2010-08-29
- SSB.2 Energi <http://www.ssb.no/energi/>. Access date 2010-08-29
- SSB.4 (2010).Energibruk, etter kilde og forbruksgruppe
http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/hovedtabellHjem.asp&KortnavnWeb=energikomm. Access date 19.10.2010
- SSB.5 (2010).Folkemengd <http://www.ssb.no/folkendrkv/2010k1/kvart16.html>. Access date 19.10.2010
- St-meld-39 (2009): Klimautfordringene - Landbruket en del av løsningen, Det kongelige Landbruks - og Matdepartement
- Staurum EJ, Bakken KM, Knudsen K, Volynkin AS, Caspersen IH, Iglebæk HK (2009): Bruk av biogass fra våtorganisk avfall som drivstoff for kollektivtransport. NTNU
- Svensk.biogas (2009).Biogas - en del i det naturlige kretsloppet <http://www.svenskbiogas.se/>. Access date 10 sep
- Svärd J, Sahlén C, Lundborg H, Andersson S (2008): Lokaliseringsstudie, Stockholms gas
Sweco
- Wennerberg P (2009): Gödselpumpning över långa sträckor - en tekniköversikt. Innovatum teknikpark
- Wikipedia (2010).Kernel density estimation
http://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_density_estimation. Access date 2010.11.04
- Vikström FD (2010).Här är bensin och diesel billigast i Europa
<http://www.vibilagare.se/nyheter/har-ar-bensin-och-diesel-billigast-i-europa-546>. Access date 2010-08-17

Bilaga 1: Beräkning av gödselvolymer

$$HESTER^3 = 9,9(\text{m}^3 \text{ D}/\text{år}) * 0,5(\text{ton}/\text{m}^3) = 4,95(\text{ton D}/\text{år}) \rightarrow 4,95 * 0,8^a = 3,95(\text{ton D}/\text{år})$$

$$MJØLKEKYR^2 = 26,3(\text{ton F}/\text{år}) \rightarrow 26,3 * 0,9^b = 23,67(\text{ton F}/\text{år})$$

$$\begin{aligned} \text{ØVRIGE STORFE}^4 &= \frac{((6,0+10,3+6,6+9,1+10,7(\text{m}^3 \text{ F}/\text{år})) * 1(\text{ton}/\text{m}^3)) + \left(\frac{1,0+0,8+1,0+0,8+0,5(\text{tons}/\text{år})}{0,09(\text{ts halt nöt})}\right)}{10} = \\ &8,83(\text{ton F}/\text{år}) \rightarrow \\ &8,83 * 0,8^a = 7,07(\text{ton F}/\text{år}) \end{aligned}$$

$$\text{AMMEKYR}^1 = \frac{1,5(\text{ton ts}/\text{år})}{0,09(\text{ts halt nöt})} = 16,67(\text{ton F}/\text{år}) \rightarrow 16,67 * 0,8^a = 13,34(\text{ton F}/\text{år})$$

$$\text{SAUER OVER ETT ÅR}^3 = \frac{0,8(\text{m}^3 \text{ D}/\text{mån}) * 2}{0,5(\text{ton}/\text{m}^3)} = 0,8(\text{ton D}/\text{år}) \rightarrow 0,8 * 0,8^a = 0,64(\text{ton D}/\text{år})$$

$$\begin{aligned} \text{SAUER UNDER ETT ÅR}^4 &= \left(\frac{0,8(\text{SAUER OVER ETT ÅR ton D}/\text{år})}{0,25(\text{SAUER OVER ETT ÅR ton ts}/\text{år})}\right) * 0,1(\text{ton ts}/\text{år}) = 0,32(\text{ton D}/\text{år}) \rightarrow \\ &0,32 * 0,8^a = 0,26(\text{ton D}/\text{år}) \end{aligned}$$

$$\text{GEITER}^5 = 0,8(\text{ton D}/\text{år}) \rightarrow 0,8 * 0,8^a = 0,64(\text{ton D}/\text{år})$$

$$\text{SMÅGRISER}^1 = \frac{0,03(\text{ton ts}/\text{år})}{0,08(\text{ts halt suggor})} = 0,38(\text{ton F}/\text{år})$$

$$\text{GRISER}^4 = \left(\frac{0,6(\text{ton ts}/\text{år})}{0,08(\text{ts halt suggor})}\right) + 7,8(\text{ton F}/\text{år}) + 7,6(\text{ton F}/\text{år}) = 7,63(\text{ton F}/\text{år})$$

$$\text{SLAKTEGRISER}^4 = 2,6(\text{ton F}/\text{år}) + \left(\frac{0,18(\text{ton ts}/\text{år})}{0,06(\text{ts halt slaktsvin})}\right) = 2,8(\text{ton F}/\text{år})$$

$$\text{HØNER}^3 = \frac{3,9(\text{m}^3 \text{ Fa}/\text{år}) * 0,9(\text{ton}/\text{m}^3)}{100} = 0,035(\text{ton Fa}/\text{år})$$

$$\text{KALKUNER OG GJESS}^3 = \frac{3,4 * 0,5}{100} = 0,017$$

$$\text{KYLLINGER}^3 = \frac{1,4(\text{m}^3 \text{ D}/\text{år}) * 0,5(\text{ton}/\text{m}^3)}{100} = 0,007(\text{ton Fa}/\text{år})$$

- (1) Börjesson (2007)
- (2) Linné (2008)
- (3) Jordbruksverket (2005:10)
- (4) Medelvärde mellan (1) och (3)
- (5) Antaget samma värden som för Får
 - (a) Avdrag med 20 % för bete utomhus.
 - (b) Avdrag med 10 % för bete utomhus

D = Djupströgödsel

F = Flytgödsel

Fa = Fastgödsel

Bilaga 2: Beräkning av torsubstrat (ts)

$$\text{HESTER}^3 = 1,5 \text{ (ton ts/år)} \rightarrow 1,5 * 0,8^a = 1,2 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{MJØLKEKYR}^6 = \frac{(26,3 \text{ (ton F/år)} * 0,09 \text{ (ts halt nöt)}) + 2,8 \text{ (ton ts/år)}}{2} = 2,58 \text{ (ton ts/år)} \rightarrow$$
$$2,58 * 0,9^b = 2,36 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{ØVRIGE STORFE}^4 = \frac{((6,0 + 10,3 + 6,6 + 9,1 + 10,7 \text{ (ton F/år)}) * 0,09 \text{ (ts halt nöt)}) + (1,0 + 0,8 + 1,0 + 0,8 + 0,5 \text{ (ton ts/år)})}{10} =$$
$$0,79 \text{ (ton ts/år)} \rightarrow$$
$$0,79 * 0,8^a = 0,63 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{AMMEKYR}^1 = 1,5 \text{ (ton ts/år)} \rightarrow 1,5 * 0,8^a = 1,2 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{SAUER OVER ETT ÅR}^2 = 0,25 \text{ (ton ts/år)} \rightarrow 0,25 * 0,8^a = 0,20 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{SAUER UNDER ETT ÅR}^2 = 0,1 \text{ (ton ts/år)} \rightarrow 0,1 * 0,8^a = 0,08 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{GEITER}^5 = 0,25 \text{ (ton ts/år)} \rightarrow 0,25 * 0,8^a = 0,20 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{SMÅGRISER}^1 = 0,03 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{GRISER}^4 = (7,8 + 7,6 \text{ (ton F/år)} * 0,08) + 0,6 \text{ (ton ts/år)} = 0,61 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{SLAKTEGRISER}^4 = (2,6 \text{ (ton F/år)} * 0,06 \text{ (ts halt slaktsvin)}) + 0,18 \text{ (ton ts/år)} = 0,17 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{HØNER}^1 = 0,0055 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{KYLLINGER}^1 = 0,0020 \text{ (ton ts/år)}$$

$$\text{KALKUNER OG GJESS}^3 = 0,0315 \text{ (ton ts/år)}$$

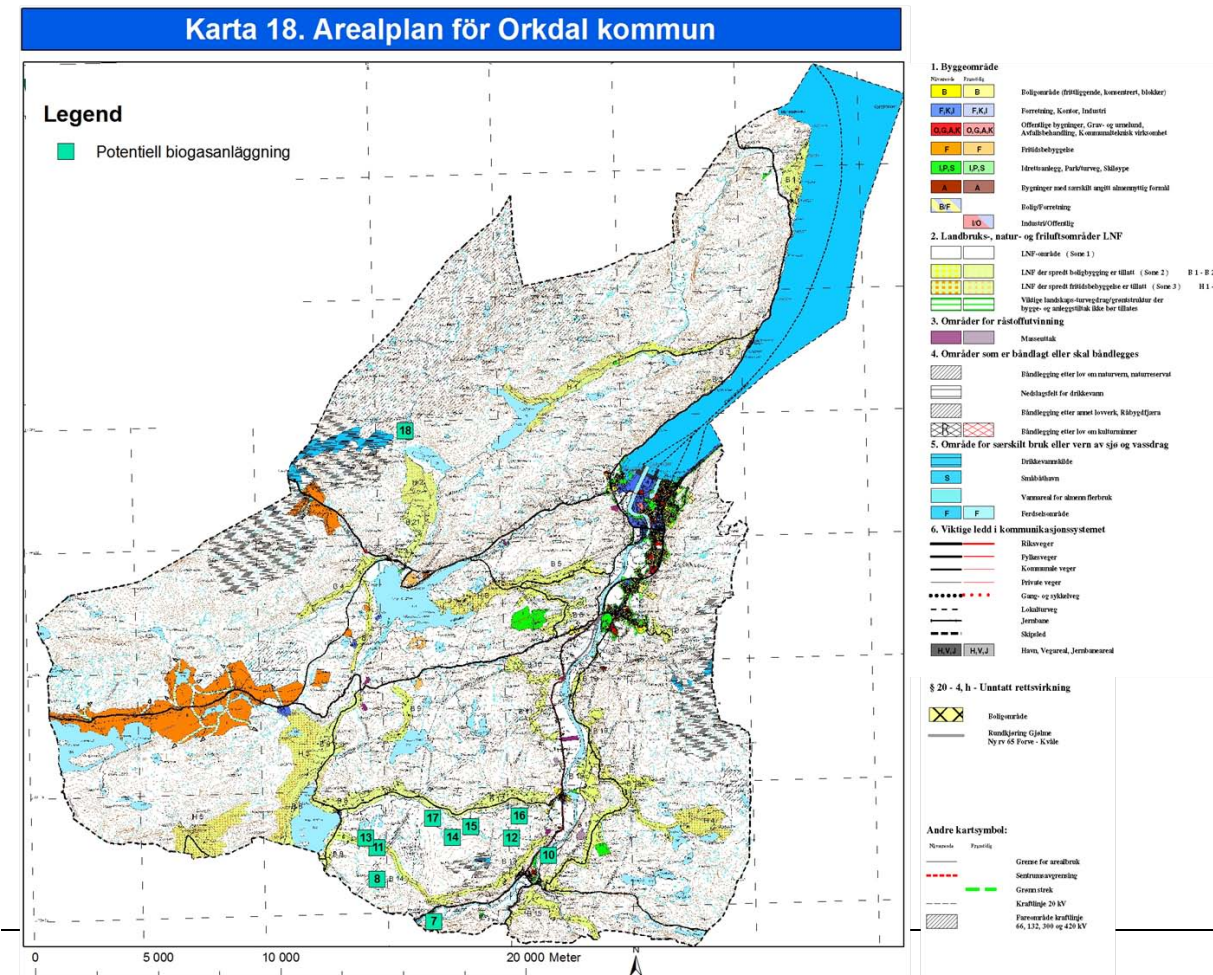
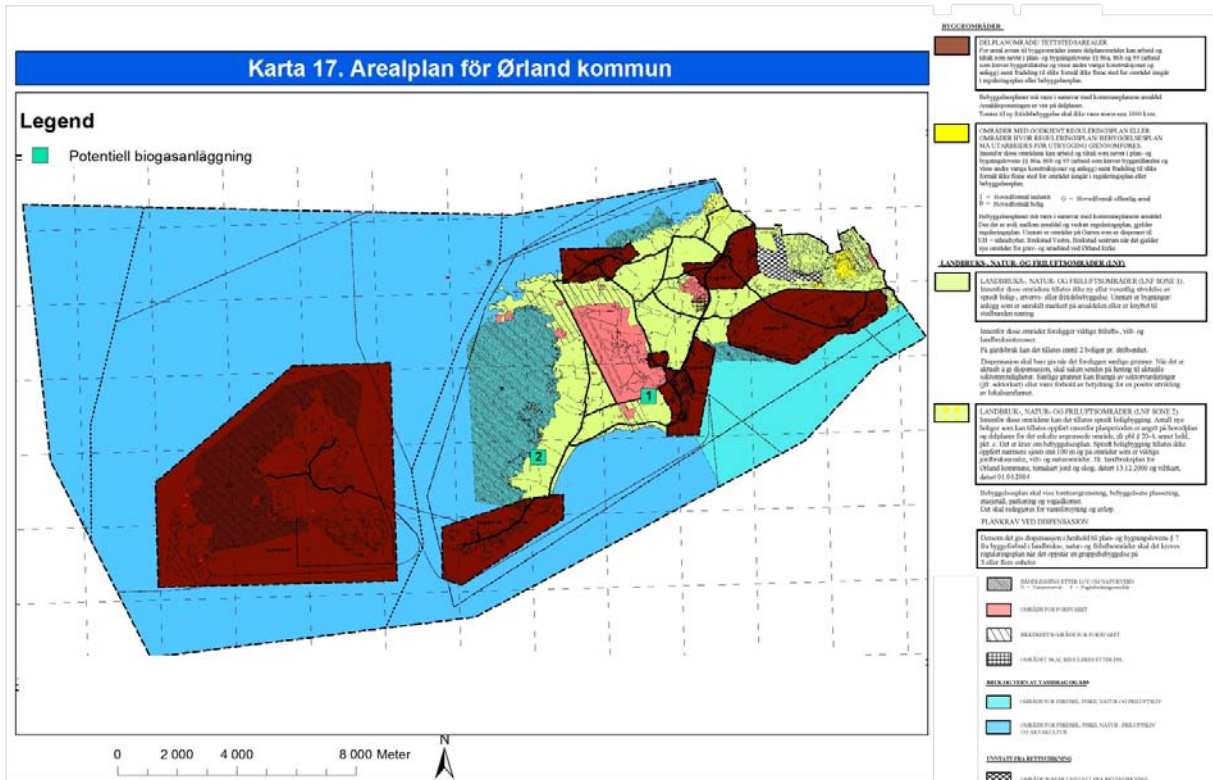
- (1) Börjesson (2007)
- (2) Linné (2008)
- (3) Jordbruksverket (2005:10)
- (4) Medelvärde mellan (1) och (3)
- (5) Antaget samma värden som för Får
- (6) Medelvärde mellan (1) och (2)
- (a) Avdrag med 20 % för bete utomhus.
- (b) Avdrag med 10 % för bete utomhus

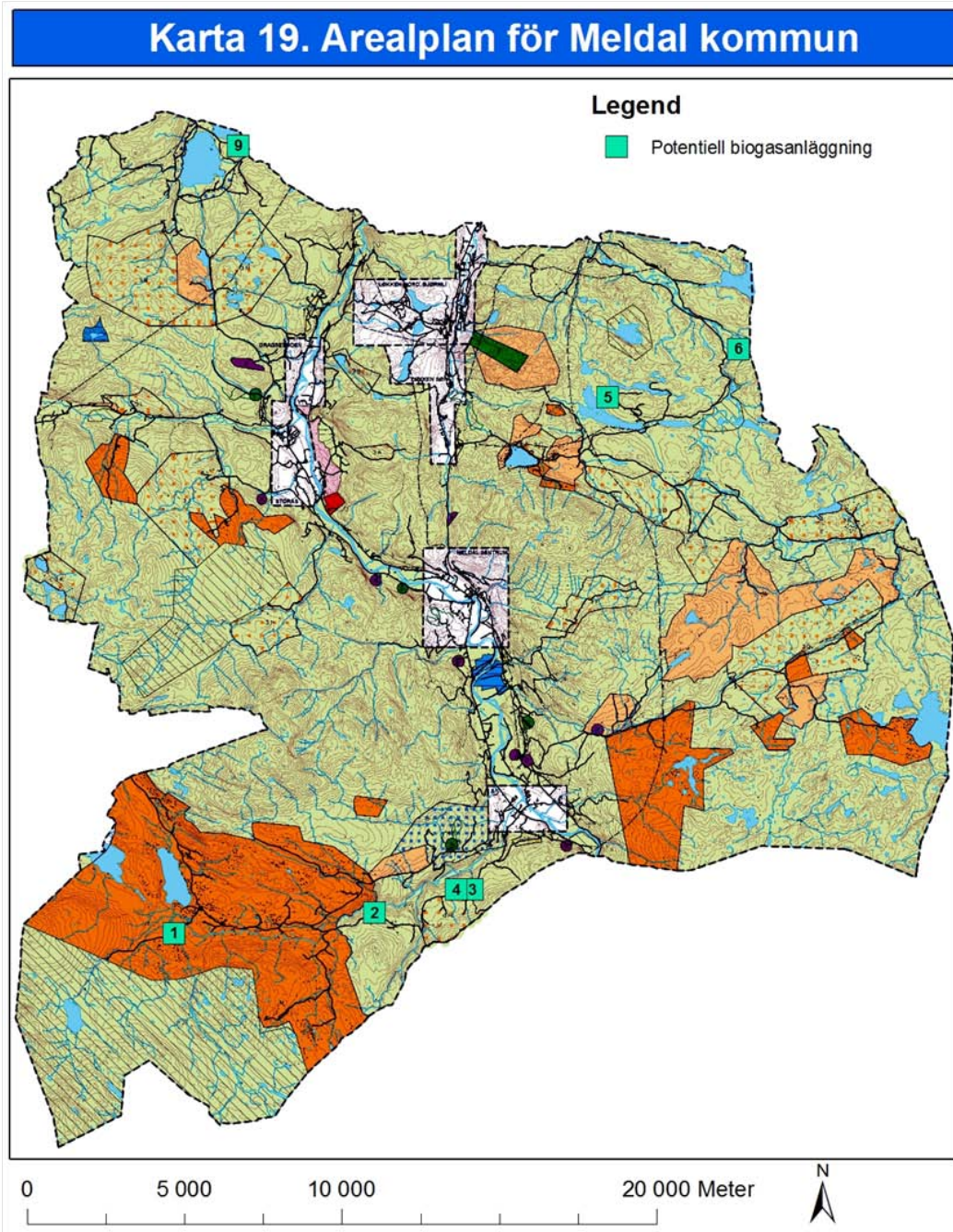
D = Djupströgödsel

F = Flytgödsel

Fa = Fastgödsel

Bilaga 3: Arealplaner





Byggnadsområden

- BYGGNADSBOMBERÅRNINGAR (KARTORNA OCH DET FÖRELÖPande BILDPLANEN FÖR BILLAGG 1)
- BYGGNADSBOMBERÅRNINGAR (KARTORNA OCH DET FÖRELÖPande BILDPLANEN FÖR BILLAGG 2)
- ANNAN BYGGNADSBOMBERÅRNING (KARTORNA OCH DET FÖRELÖPande BILDPLANEN FÖR BILLAGG 3)

Landbruks-, natur- och friluftsområden

PLANKART 19. AREALPLAN FÖR MELDAL KOMMUN

OMRÅDEN FÖR RÄTTVIRKNING

OMRÅDEN SOM ER BILDLAGG

Viktiga led i kommunikationssystemet

Amnet

Dispensationer

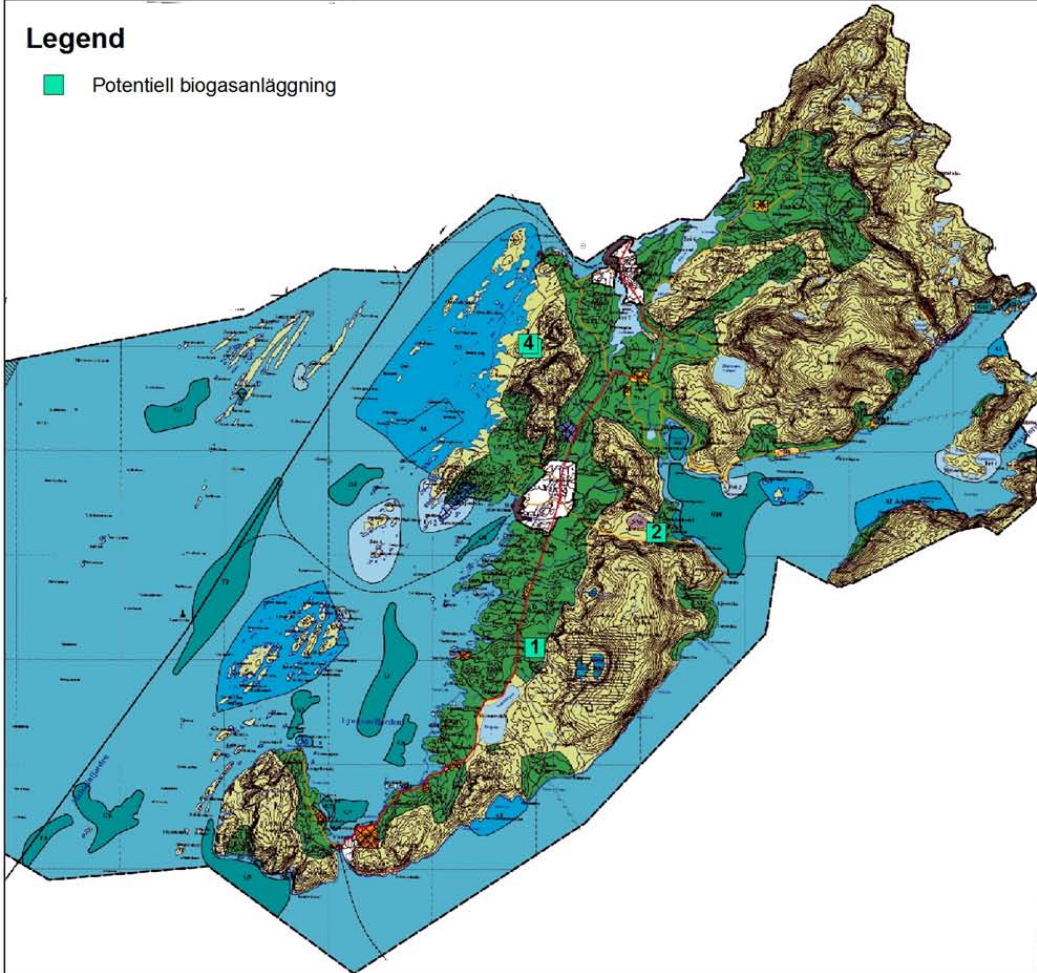
Uantak fra rettutvikling

Byggeforslag langs vassdrag

Karta 20. Arealplan för Sømna kommun

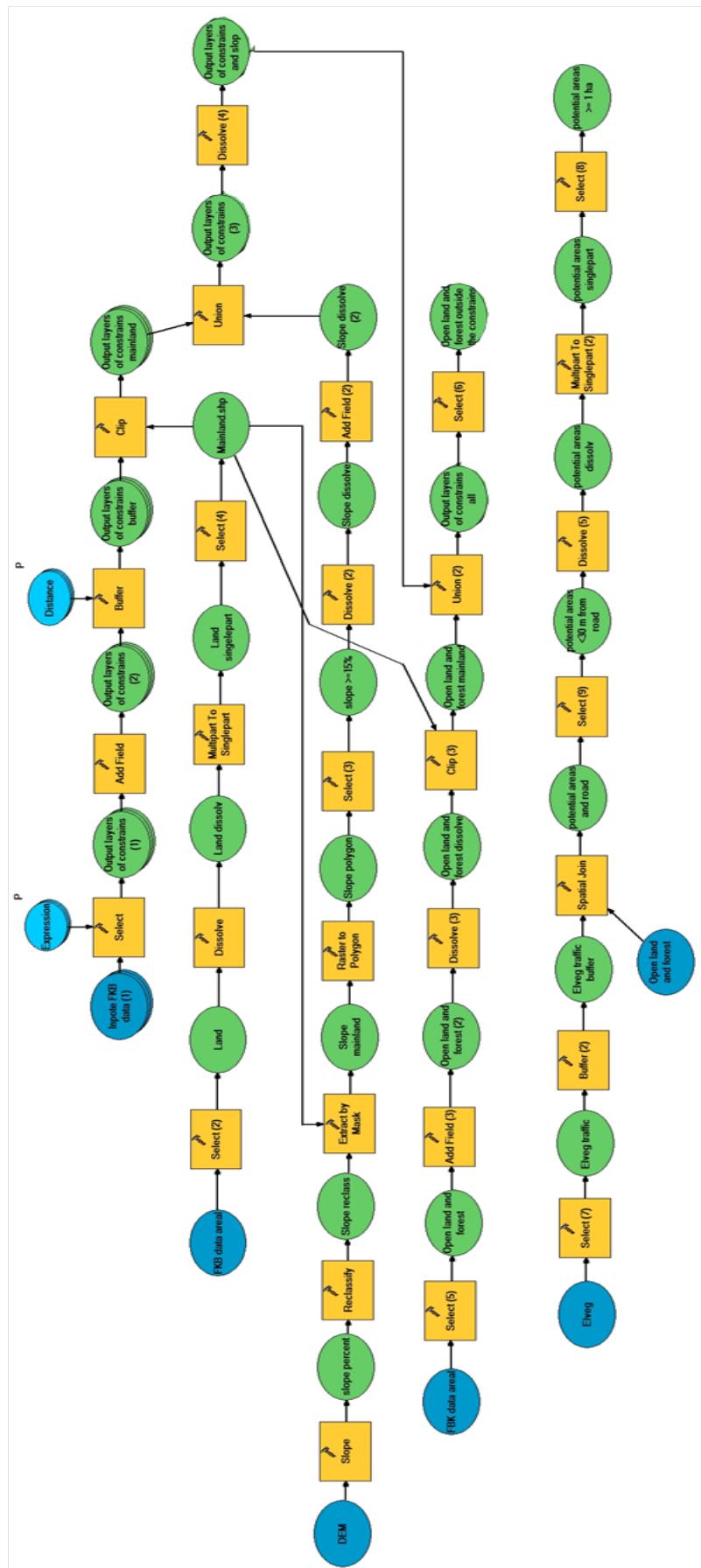
Legend

■ Potentiell biogasanläggning



TEGNFÖRKLARING	Existerande	Fremtidig
BYGGEOMRÅDER (PBL § 20-4, 1. ledd, nr. 1)		
Boligområder		B
Fritidsbebyggelse		T
Industri		I
Offentlig formål		O
Ideettomlegg		
Nauttområder/ Marina		
LANDBRUKS-, NATUR-, OG FRILUFTSOMRÅDER (PBL § 20-4, 1. ledd, nr. 2)		
LNF1, der det ikke er tillatt med spredt bebyggelse		
LNF2, der det er tillatt med spredt bebyggelse		
OMRÅDER FOR RÅSTOFFUTVINNING (PBL § 20-4, 1. ledd, nr. 3)		
Massuttak i sjø		M
OMRÅDER SOM ER BÅNDLAGT ELLER SKAL BÅNDLEGGES (PBL § 20-4, 1. ledd, nr. 4)		
Båndlegging etter naturvernloven		NA
Båndlegging etter kulturminneloven		KA
SÆRSKILT BRUK ELLER VERN AV SJØ OG VASSDRAG (PBL § 20-4, 1. ledd, nr. 5)		
Drivkavnskilde		
Områder for ferdsl, fiske, friluftsliv, natur og akvakultur		FA
Akvakulturområde		AK
Friluftsområde i sjø		
Nauttområde i sjø		
VIKTIGE LEDD I KOMMUNIKASJONSSYSTEMET (PBL § 20-4, 1. ledd, nr. 6)		
Riksveg		
Fylkesveg		
Kommunal veg		
Privat veg		
Skogsbilveg		
Havn		
Hovedled		
Viktige biled		
OMRÅDER SOM ER UNNSTATT RETTSVIRKNING ETTER ANDRE BESTEMMELSER I PBL KAP. VI		
Gjeldende reguleringsplaner		
RESTRIKSJONER ETTER ANNET LOVVERK		
Nedslagsfelt for drikkevann		
LINJESYMBOLER OG ØVRIGE SYMBOLER		
Planens avgrensning		
Områdegrens for arealbruk		
Lufledning, hoyspent		
Kabel i sjø		
Lykt		
Varde		

Bilaga 4: ArcGIS modell



Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND. Serien startade 1985. Hela listan och själva uppsatserna är även tillgängliga på <http://www.geobib.lu.se/>

The reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden.
Report series started 1985. The whole complete list and electronic versions are available at <http://www.geobib.lu.se/>

- 157 Öberg, Hanna (2009): GIS-användning i katastrofdrabbade utvecklingsländer
- 158 Marion Früchtl & Miriam Hurkuck (2009): Reproduction of methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions
- 159 Florian Sallaba (2009): Potential of a Post-Classification Change Detection Analysis to Identify Land Use and Land Cover Changes. A Case Study in Northern Greece
- 160 Sara Odelius (2009): Analys av stadsluftens kvalitet med hjälp av geografiska informationssystem.
- 161 Carl Bergman (2009): En undersökning av samband mellan förändringar i fenologi och temperatur 1982-2005 med hjälp av GIMMS datasetet och klimatdata från SMHI.
- 162 Per Ola Olsson (2009): Digitala höjdm modeller och höjdsystem. Insamling av höjddata med fokus på flygburen laserskanning.
- 163 Johanna Engström (2009): Landskapets påverkan på vinden - sett ur ett vindkraftperspektiv.
- 164 Andrea Johansson (2009): Olika våtmarkstypers påverkan på CH₄, N₂O och CO₂ utsläpp, och upptag av N₂.
- 165 Linn Elmlund (2009): The Threat of Climate Change to Coral Reefs
- 166 Hanna Forssman (2009): Avsmältningen av isen på Arktis - mätmetoder, orsaker och effekter.
- 167 Julia Olsson (2009): Alpina trädgränsens förändring i Jämtlands- och Dalarnas län över 100 år.
- 168 Helen Thorstensson (2009): Relating soil properties to biomass consumption and land management in semiarid Sudan – A Minor Field Study in North Kordofan
- 169 Nina Cerić och Sanna Elgh Dalgren (2009): Kustöversvämningar och GIS - en studie om Skånska kustnära kommuners arbete samt interpolationsmetodens betydelse av höjddata vid översvämningssimulering.
- 170 Mats Carlsson (2009): Aerosolers påverkan på klimatet.
- 171 Elise Palm (2009): Övervakning av gåsbete av vass – en metodutveckling
- 172 Sophie Rychlik (2009): Relating interannual variability of atmospheric CH₄ growth rate to large-scale CH₄ emissions from northern wetlands
- 173 Per-Olof Seiron and Hanna Friman (2009): The Effects of Climate Induced Sea Level Rise on the Coastal Areas in the Hambantota District, Sri Lanka - A geographical study of Hambantota and an identification of vulnerable ecosystems and land use along the coast.
- 174 Norbert Pirk (2009): Methane Emission Peaks from Permafrost Environments: Using Ultra-Wideband Spectroscopy, Sub-Surface Pressure Sensing and Finite Element Solving as Means of their Exploration
- 175 Hongxiao Jin (2010): Drivers of Global Wildfires — Statistical analyses

- 176 Emma Cederlund (2010): Dalby Söderskog – Den historiska utvecklingen
177 Lina Glad (2010): En förändringsstudie av Ivösjöns strandlinje
178 Erika Filppa (2010): Utsläpp till luft från ballastproduktionen år 2008
179 Karolina Jacobsson (2010): Havsisens avsmältning i Arktis och dess effekter
180 Mattias Spångmyr (2010): Global of effects of albedo change due to
urbanization
181 Emmelie Johansson & Towe Andersson (2010): Ekologiskt jordbruk - ett sätt
att minska övergödningen och bevara den biologiska mångfalden?
182 Åsa Cornander (2010): Stigande havsnivåer och dess effect på känsligt belägna
bosättningar
183 Linda Adamsson (2010): Landskapsekologisk undersökning av ädellövskogen
i Östra Vätterbranterna
184 Ylva Persson (2010): Markfuktighetens påverkan på granens tillväxt i Guvarp
185 Boel Hedgren (2010): Den arktiska permafrostens degradering och
metangasutsläpp
186 Joakim Lindblad & Johan Lindenbaum (2010): GIS-baserad kartläggning av
sambandet mellan pesticidförekomster i grundvatten och markegenskaper
187 Oscar Dagerskog (2010): Baösbergsgrottan – Historiska tillbakablickar och en
lokalklimatologisk undersökning
188 Mikael Månsson (2010): Webbaserad GIS-klient för hantering av geologisk
information
189 Lina Eklund (2010): Accessibility to health services in the West Bank,
occupied Palestinian Territory.
190 Edvin Eriksson (2010): Kvalitet och osäkerhet i geografisk analys - En studie
om kvalitetsaspekter med fokus på osäkerhetsanalys av rumslig prognosmodell
för trafikolyckor
191 Elsa Tessaire (2010): Impacts of stressful weather events on forest ecosystems
in south Sweden.
192 Xuejing Lei (2010): Assessment of Climate Change Impacts on Cork Oak in
Western Mediterranean Regions: A Comparative Analysis of Extreme Indices
193 Radoslaw Guzinski (2010): Comparison of vegetation indices to determine
their accuracy in predicting spring phenology of Swedish ecosystems
194 Yasar Arfat (2010): Land Use / Land Cover Change Detection and
Quantification — A Case study in Eastern Sudan
195 Ling Bai (2010): Comparison and Validation of Five Global Land Cover
Products Over African Continent
196 Raunaq Jahan (2010): Vegetation indices, FAPAR and spatial seasonality
analysis of crops in southern Sweden
197 Masoumeh Ghadiri (2010): Potential of Hyperion imagery for simulation of
MODIS NDVI and AVHRR-consistent NDVI time series in a semi-arid region
198 Maoela A. Malebajoa (2010): Climate change impacts on crop yields and
adaptive measures for agricultural sector in the lowlands of Lesotho
199 Herbert Mbufong Njuabe (2011): Subarctic Peatlands in a Changing Climate:
Greenhouse gas response to experimentally increased snow cover
200 Naemi Gunlycke & Anja Tuomaala (2011): Detecting forest degradation in
Marakwet district, Kenya, using remote sensing and GIS
201 Nzung Seraphine Ebang (2011): How was the carbon balance of Europe
affected by the summer 2003 heat wave? A study based on the use of a
Dynamic Global Vegetation Model; LPJ-GUESS
202 Per-Ola Olsson (2011): Cartography in Internet-based view services – methods

- to improve cartography when geographic data from several sources are combined
- 203 Kristoffer Mattisson (2011): Modelling noise exposure from roads – a case study in Burlövs municipality
- 204 Erik Ahlberg (2011): BVOC emissions from a subarctic Mountain birch: Analysis of short-term chamber measurements.
- 205 Wilbert Timiza (2011): Climate variability and satellite – observed vegetation responses in Tanzania.
- 206 Louise Svensson (2011): The ethanol industry - impact on land use and biodiversity. A case study of São Paulo State in Brazil.
- 207 Fredrik Fredén (2011): Impacts of dams on lowland agriculture in the Mekong river catchment.
- 208 Johanna Hjärpe (2011): Kartläggning av kväve i vatten i LKAB:s verksamhet i Malmberget år 2011 och kvävetets betydelse i akvatiska ekosystem ur ett lokalt och ett globalt perspektiv.
- 209 Oskar Löfgren (2011): Increase of tree abundance between 1960 and 2009 in the treeline of Luongastunturi in the northern Swedish Scandes
- 210 Izabella Rosengren (2011): Land degradation in the Ovitoto region of Namibia: what are the local causes and consequences and how do we avoid them?
- 211 Irina Popova (2011): Agroforestry och dess påverkan på den biofysiska miljön i Afrika.
- 212 Emilie Walsund (2011): Food Security and Food Sufficiency in Ethiopia and Eastern Africa.
- 213 Martin Bernhardson (2011): Jökulhlaups: Their Associated Landforms and Landscape Impacts.
- 214 Michel Tholin (2011): Weather induced variations in raptor migration; A study of raptor migration during one autumn season in Kazbegi, Georgia, 2010
- 215 Amelie Lindgren (2011) The Effect of Natural Disturbances on the Carbon Balance of Boreal Forests.
- 216 Klara Århem (2011): Environmental consequences of the palm oil industry in Malaysia.
- 217 Ana Maria Yáñez Serrano (2011) Within-Canopy Sesquiterpene Ozonolysis in Amazonia