Biogas Research Center (BRC) Report No. 2024:2

Världens bästa biogassystem
– Ett BRC innovationsprojekt

Axel Lindfors, Mats Eklund, Anna Brunzell, Erik Erjeby, Tomas Hirsch, Jonas Ammenberg, Stephanie Cordova, Roozbeh Feiz, Marcus Gustafsson, Maria Johansson, Emma Lindkvist, Thomas Prade, Anna Schnürer, Karin Tonderski, och Sepehr Shakeri Yekta

http://www.biogasresearchcenter.se

Linköping University
SE-581 83 Linköping
Sweden

ISBN 978-91-8075-906-9 (PDF)
https://doi.org/10.3384/9789180759069

eISSN 2004-6405

License: Creative Commons Erkännande (CC BY)

Biogas Research Center

Biogas Research Center (BRC) är ett kompetenscentrum grundat av Linköpings universitet, Energimyndigheten och flera företag och offentliga organisationer. Inom BRC drivs interdisciplinär forskning där olika personer med olika typer av biogas-relaterade kompetenser samskapar kunskap och möjliggör utbyten.

BRCs vision är att *all energi och näring i lågvärdigt organiskt material nyttiggörs med hjälp av biogaslösning* och gör därigenom samhällen mer resurseffektiva. Biogaslösningar bidrar till hållbar utveckling på flera olika sätt. BRC, genom att stötta utvecklingen av resurseffektiva biogaslösningar bidrar, till exempel, till att skapa hållbara städer och regioner samt en resurseffektiv bioekonomi. BRC bidrar till detta och till dess vision genom teknisk utveckling och genom att föra kunskapen framåt när det gäller resurseffektiva biogaslösningar. BRC bidrar även genom att möjliggöra innovation och företagsutveckling inom biogaslösningar för att etablera dessa i nya sektorer.

Arbetet som presenteras i denna rapport är finansierat av Energimyndigheten, Linköpings universitet samt BRCs medlemmar och partner.

https://www.avfallsverige.se/

http://www.biototal.se/

https://www.borlange-energi.se/

http://www.econova.se/

https://www.energimyndigheten.se/

https://www.st1biogas.se/

https://www.gasum.com/sv/

https://www.hemab.se/

https://www.jonkopingenergi.se/

http://www.lrf.se/

http://www.linkoping.se/

http://www.liu.se/?l=sv

http://www.norrkoping.se/

http://www.nsr.se/

http://purac.se/?lang=sv

http://www.renahav.se/

https://www.gotland.se/

https://www.rjl.se/

https://www.regionkalmar.se/

https://www.regionostergotland.se/

http://scandinavianbiogas.com/

https://www.scania.com/

https://www.slu.se/

http://www.tekniskaverken.se/

https://www.wartsila.com/.

Sammanfattning

I denna studie undersöktes potentialen för etableringen av nya biogassystem inom ett geografiskt område som utgjordes av Region Sörmlands kommuner samt kommunerna Södertälje, Nykvarn, Norrköping och Söderköping. Anledningen till studien är det studerade områdets förhållandevis låga nuvarande biogasproduktion samt den stora potentiella efterfrågan på biogas i området, då SSAB i framtiden kommer behöva biogas till sin fossil-fria stålbearbetning. I studien studerades den tekniska och administrativa potentialen, det vill säga vad som är möjligt att producera under dagens administrativa villkor samt med dagens (och en nära framtids) teknik. Potentialen undersöktes utifrån fyra olika potentialer: rötbar biomassapotential, biogaspotential, koldioxidproduktionspotential och näringscirkulationspotential.

Resultatet visar på en biogaspotential mellan 380 och 540 GWh per år vilket skulle motsvara en stor ökning från dagens produktion på mellan 50 och 60 GWh per år. Ytterligare 100 GWh per år skulle kunna produceras av koldioxiden genom biometanisering men då krävs stora mängder vätgas. Angående näringscirkulationspotentialen så kan biogödseln (som samproduceras med biogas i biogasanläggningar) uppfylla cirka tre fjärdedelar av kvävebehovet, nära hela fosforbehovet och fyra gånger kaliumbehovet i det studerade områdets jordbruk.

Det studerade området delades upp i fem produktionsområden för att öka upplösningen i studien. Dessa områden valdes för att de skulle kunna utgöra delområden som är stora nog för att etablera biogasanläggning av den storlek som krävs för att förvätska biogasen och samtidigt undvika alltför långa transportsträckor för substrattransporter. Detta svarar upp mot trenden att etablera större och större biogasanläggningar samt ett ökat fokus på förvätskad biogas. Dock kan mindre anläggningar vara nödvändiga för att uppnå vissa delar av potentialen i områden med små, men betydelsefulla, substratmängder. Det produktionsområde med störst potential var Söderköping/Norrköping men det betyder nödvändigtvis inte att det är det mest lovande produktionsområdet att börja mer fokuserade implementeringsstudier i då andra faktorer så som lönsamhet inte undersökts i denna studie.

Fortsatta studier bör fokusera på hur lantbruksrelaterade substrat kan användas inom biogasproduktion. Här kan studier fokusera på olika områden, exempelvis hur biogasanläggningar kan drivas stabilt på enbart grönmassa (till exempel vall och mellangrödor) och hur ökad odling för biogasproduktion påverkar mat- och foderproduktion, individuella lantbrukare samt åkermarkens långsiktiga hälsa. Dessutom behövs implementeringsstudier för att realisera potentialen, dessa bör fokusera på att undersöka specifika etableringsmöjligheter utifrån ekonomiska, tekniska, logistiska och administrativa perspektiv.

Abstract

In this study the potential for biogas systems is investigated in an area including the municipalities of Region Sörmland and the municipalities of Södertälje, Nykvarn, Norrköping and Söderköping. This area was chosen due to its relatively low current biogas production and the large potential demand for biogas from SSAB's fossil free steel production in Oxelösund. In the study, the technical and administrative potentials are investigated, meaning, what is possible to achieve with today's (and a close future's) technology and administrative system. Four potentials were investigated: the digestable biomass potential, the biogas potential, the carbon dioxide production potential, and the nutrient circulation potential.

The results showed that the biogas potential in the area was between 380 and 540 GWh per year, which would be a large increase from today's production of between 50 and 60 GWh per year. Another 100 GWh could be produced through biomethanation, however, this would require large amounts of hydrogen gas. Regarding the nutrient circulation potential, the biofertilizer (that is co-produced in the biogas plant) could supply around three quarters of the nitrogen demand, close to all of the phosphorous demand, and four times the potassium demand of the agriculture in the studied area.

The area of study was divided into five production areas to increase the resolution of the results. These production areas were chosen as they represents areas large enough to establish the large centralized biogas plants that is currently required to produce liquefied gas; at the same time, they are small enough to avoid long and costly transport of the substrate. This accounts for the current trend to establish larger and larger biogas plants and the increased focus on liquefied gas. On the other hand, smaller plants will be necessary to realise some parts of the potential in areas where the biomass potential is scattered and small, but significant. The production area with the largest potential was Söderköping/Norrköping, however, this fact does not necessarily imply that this is the most promising production area to start further implementation studies in.

Further research should study how agricultural-based biogas could be realised in Sweden. Here, studies focusing on many different areas are needed, for example, how process stability can be achieved in plants that are solely digesting green substrates (ley and intermediate crops) and how an increased farming of crops for biogas production would impact food and feed production, individual farmers, and the long-term health of agricultural land. Furthermore, future studies can focus on specific implementation possibilities, assessing these possibilities from economic, technical, logistical, and administrative perspectives.

Innehåll

1 INLEDNING ... 1

SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR ... 2

2 METODER ... 3

2.1 BIOMASSAPOTENTIAL ... 3

2.2 BIOGASPOTENTIAL ... 4

2.3 KOLDIOXIDPRODUKTIONSPOTENTIAL ... 5

2.4 NÄRINGSCIRKULATIONSPOTENTIAL ... 5

3 RESULTAT ... 6

3.1 BIOMASSAPOTENTIAL ... 6

3.2 BIOGASPOTENTIAL ... 9

3.3 KOLDIOXIDPRODUKTIONSPOTENTIAL ... 11

3.4 NÄRINGSCIRKULATIONSPOTENTIAL ... 14

4 SYSTEMBESKRIVNINGAR ... 15

4.1 REGIONAL BESKRIVNING ... 15

4.2 SÖDERKÖPING-NORRKÖPING ... 15

4.3 ESKILSTUNA-STRÄNGNÄS ... 16

4.4 NYKÖPING-OXELÖSUND ... 16

4.5 FLEN-KATRINEHOLM-VINGÅKER ... 17

4.6 SÖDERTÄLJE-GNESTA-TROSA-NYKVARN ... 17

5 DISKUSSION ... 18

6 SLUTSATS ... 20

REFERENSER ... 21

APPENDIX A ... 23

1 Inledning

Biogaslösningar kan medföra flera samhällsnyttor (Ammenberg m.fl., 2021) så som minskade klimatgasutsläpp (Cong m.fl., 2017), förbättrad luftkvalitet i innerstadsmiljöer (Anderson, 2015; Khan m.fl., 2016), ökad näringsåtervinning (Al Seadi m.fl., 2013), konkurrensfördelar för industrier (Hagman m.fl., 2018) och ökad tillgänglighet av förnybar energi (Wellinger m.fl., 2013). Delvis på grund av detta föreslogs ett produktionsmål för Sverige om 7 TWh biogas från anaerob rötning år 2030 i SOU 2019:63 (Westlund m.fl., 2019), där utredningen syftade till att ta fram marknadsvillkor för att möjliggöra en sådan expansion. För att nå detta mål krävs en kraftig expansion eftersom det år 2020 producerades knappt 2,2 TWh biogas i Sverige genom rötning (Energigas Sverige, 2021). Självklart är marknadsvillkor viktigt för att möjliggöra detta, men det kommer även krävas att nya råvaror tas i bruk och att ny teknik implementeras. Till sist, men kanske viktigast av allt, krävs aktörer som kan genomföra expansionen! Angående råvaror så finns stora potentialer för ökad biogasproduktion i jordbruket där mellangrödor, sekventiella grödor (även kallade dubbelgrödor), gödsel, blast och halm utgör potentiella råvaror (Meyer m.fl., 2017; Brémond m.fl., 2021). Dessa representerar lantbrukssubstrat som kan odlas i ett odlingssystem där de inte konkurrerar med livsmedelsproduktion (Dale m.fl., 2020). Med hjälp av ny teknik finns möjlighet att öka produktionen från samma mängd råvara genom, bland annat, efterrötning (Flores-Alsina m.fl., 2019), flerstegsrötning (Rabii m.fl., 2019), olika förbehandlings- (Ariunbaatar m.fl., 2014) och efterbehandlingsprocesser (Nordell m.fl., 2022) samt biometanisering[1] (D' Silva m.fl., 2021). På aktörssidan syns en ökad professionalisering där privata aktörer tagit centrala roller för ökningen av produktionen, en ökning som tidigare dominerats av offentliga aktörer. Många av dessa privata aktörer var tidigare mindre bolag med enbart fokus på biogasproduktion vilka nu har förvärvats av större energibolag, där biogas ofta ingår som en del i energiportföljen. Detta kan medföra mer kapital till biogasproduktionsaktörerna som, i sin tur, kan möjliggöra en kraftigare expansion.

För att kunna göra en rimlig bedömning av var produktionskapacitetsökning är möjlig behövs potentialstudier. De kan ge en fingervisning om vilka potentialer som kan uppnås inom olika råvarukategorier och olika geografiska områden, samt kan ge vägledning om var fortsatta studier inriktade på planering och implementering bör fokuseras. Här krävs dock tillräcklig upplösning på potentialstudierna som möjliggör för aktörer att avgöra var potentialen är som störst och om den är tillgänglig eller inte. Detta är något som många nationella och kontinentala potentialer misslyckas med eftersom de ofta aggregerar resultatet på en hög nivå vilket minskar transparensen och försvårar förståelsen av hur potentialen kan realiseras (Offermann m.fl., 2011). Lokala och regionala potentialstudier är dock bättre anpassade för detta eftersom de ger en högre upplösning och förenklar kopplingen mellan potentialen och

[1] Biometanisering innebär att koldioxid i rågasen omvandlas på biologiskt vis där vätgas och koldioxid bildar metan och vatten.

hur denna kan realiseras av aktörer genom nya etableringar eller expansioner av existerande produktionsanläggningar (Kautto och Peck, 2012; Ersson m.fl., 2013; Lindfors m.fl., 2020).

Därav fokuserar denna potentialstudie på ett regionalt område i Sverige som inkluderar kommunerna i Region Sörmland samt kommunerna Norrköping, Söderköping, Södertälje och Nykvarn (hädanefter kallat Region Sörmland med omnejd). Anledning till detta är att det är ett område med förhållandevis liten biogasproduktion, på mellan 55 och 60 GWh per år (Gustafsson m.fl., 2018; Energigas Sverige, 2021) samt att det finns en stor potentiell användare av biogas i Oxelösund, nämligen SSAB. SSAB planerar att använda stora mängder biogas (uppskattningsvis mellan 0,5 och 2 TWh per år) i bearbetningsprocesser för deras fossilfria ståltillverkning. En sådan stor och stabil efterfrågan på biogas kan vara en nyckelfaktor för att möjliggöra en biogasexpansion i området. Storleken på efterfrågan, i kombination med trenden att etablera större och större biogasanläggningar, gör dock att det kommer krävas nya teknologier och att hittills outnyttjade råvaror används.

Syfte och frågeställningar

Syftet med studien är således att uppskatta potentialen för ett biogassystem i Region Sörmland med omnejd. Studien innefattar biomassapotential, biogaspotential, näringscirkulationspotential, och koldioxidsproduktionspotential.

Forskningsfråga 1: Hur mycket rötbar biomassa med låg konkurrens med livsmedels- och foderproduktion finns i det studerade området?

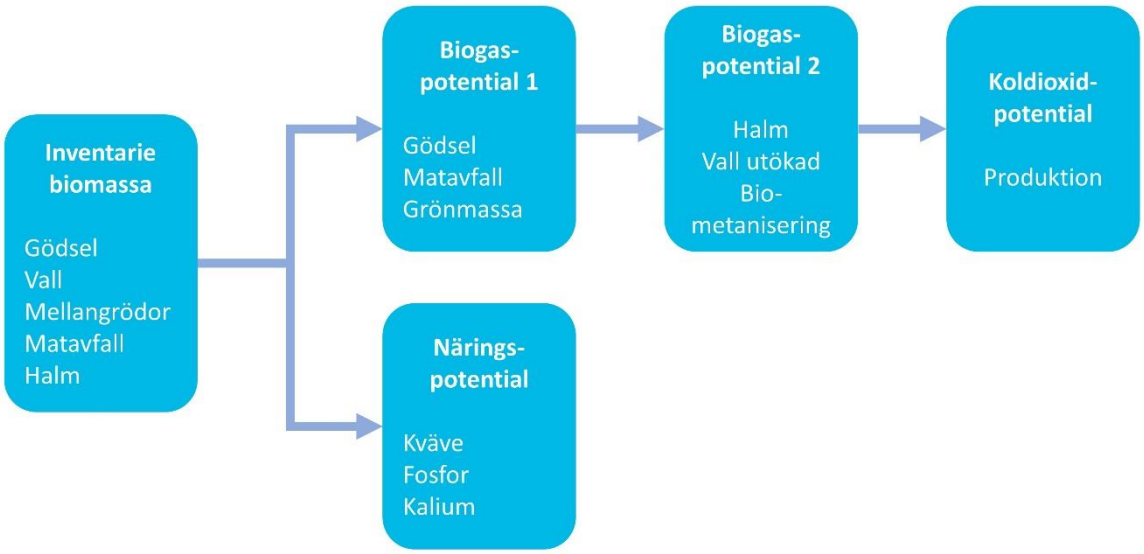
Forskningsfråga 2: Hur mycket biogas och koldioxid skulle den rötbara biomassan i det studerade området kunna producera?

Forskningsfråga 3: Hur mycket näring skulle gå att återcirkulera genom att använda rötresterna från den rötade biomassan som biogödsel i det studerade området?

Forskningsfråga 4: Hur skulle ett biogassystem kunna se ut som realiserar en betydande del av potentialen i Region Sörmland med omnejd?

2 Metoder

Studien har löpt under året 2021 och har primärt fokuserat på att ta fram en innovativ men verklighetsförankrad potential för biogas- och biogödselproduktion i Region Sörmland med omnejd. Figur 1 ger en övergripande bild av hur olika potentialer beräknats i sekvens. Under projektets gång har BRCs medlemmar och partners deltagit vid flera möten (så kallade BRC forum i figur 1) för att diskutera och ge synpunkter på metoder, antaganden och resultat. Potentialer som tagits fram i studien har använts som diskussionsunderlag vid två workshops med syfte att diskutera hur potentialerna kan realiseras och vilka fortsatta studier som i så fall behövs. Processen för studien kan ses i figur 2.



Figur 1. En överblick över hur olika potentialer gav data till nästa potentialuppskattning. Biogaspotentialen beräknades i två steg för olika typer av substrat.

Figur 2. En tidslinje över projektet och dess deltagande moment.

2.1 *Biomassapotential*

Biomassapotentialen inkluderade rötbara substrat med låg konkurrens med livsmedels- och foderproduktion, vilka dessutom bedömdes ha låg risk att medföra negativa indirekta förändringar av markanvändningen (ILUC). Urvalet av substrat baserades till stor del på tidigare potentialstudier (Prade, Björnsson, m.fl., 2017; Gustafsson m.fl., 2018) och syns i

tabell 1. Potentialen uppskattades utifrån statistik från Jordbruksverket och Avfall Sverige samt metoder beskrivna i Prade, Björnsson, m.fl. (2017), Feiz m.fl. (2020) och Gustafsson m.fl. (2018).

Tabell 1. Inkluderade substratkategorier i biomassapotentialen.

Halm från oljeväxter[2]	Blast från sockerärtor	Överblivet ensilage
Blast från potatis	Halm från spannmål[2]	Vall från övergiven mark
Vall från mark i träda	Vall från intensifiering av existerande vallodling	Mellangrödor
Grödor på EFA mark[3]	Fastgödsel, Nöt	Flytgödsel, Nöt
Fastgödsel, Gris	Flytgödsel, Gris	Gödsel, Fjäderfä
Gödsel, får och övrigt	Avloppsslam	Matavfall, hushåll
Matavfall, restauranger	Matavfall, storkök	Matavfall, butiker
Slakthusavfall	Mejeriavfall	Etanol- och bryggerirester

Utöver dessa estimerades även biomassapotentialen för vallodling på spannmålsdominerade åkrar i det studerade området. En sådan vallodling kan medföra en ökad markkolshalt och förbättra markens långsiktiga fertilitet (Prade, Kätterer, m.fl., 2017). Den här typen av substrat kan anses fördelaktiga avseende långsiktig hållbar utveckling men konkurrerar på kort sikt med spannmålsodling varför den särställs från de andra potentialkategorierna.

2.2 *Biogaspotential*

För att estimera biogaspotentialen delades det studerade området upp i fem produktionsområden:

- Söderköping-Norrköping
- Eskilstuna-Strängnäs
- Nyköping-Oxelösund
- Flen-Katrineholm-Vingåker
- Södertälje-Gnesta-Trosa-Nykvarn

Detta gjordes för att öka upplösningen i potentialstudien. Dessa produktionsområden utgör en uppdelning av det studerade området där substrat kan transporteras till en anläggning i

[2] Den rötbara halmpotentialen estimerades utifrån den totala halmpotentialen, därefter subtraherades mängden använd halm till bäddar och som bränsle samt även den halm som bör plöjas ner på åkrarna för att undvika negativ påverkan på åkrarna.

[3] EFA (eng. ecological focus area) mark är mark som är avsatt för grödor som odlas med syfte att öka biodiversiteten i odlingslandskapet samt är gynnsam för pollinerare och andra insekter.

varje område utan att behöva transporteras mer än 3 mil. Transportsträckor på längre avstånd riskerar att medföra alltför höga logistikkostnader. Det är möjligt att en eller ett fåtal anläggningar anläggs i varje produktionsområde. En sådan uppdelning ger även indikationer om vilken del av det studerade området som har störst potential för biogas- och biogödselproduktion, vilket kan vara relevant vid prioritering och rangordning i framtida studier. För varje produktionsområde estimerades sedan biogaspotentialen utifrån fem olika kategorier: (1) samrötning i CSTR anläggningar, (2) samrötning i plug-flow anläggningar, (3) grönmassa (med låg risk för ILUC), (4) vall på spannmålsdominerade marker och (5) halm. Biogaspotentialen beräknades utifrån de olika substratens teoretiska metanpotential där ett spann beräknades för (1) och (2) utifrån rimlig nedbrytningsgrad av de olika materialen i biogasreaktorerna. Detta spann beräknades till 40 till 70 procent av den teoretiska potentialen. För (3) och (4) antogs en produktion på 60 procent av den teoretiska potentialen vara en rimlig bedömning. För (5) antogs att endast 40 procent av den teoretiska potentialen kan uppnås i en biogasanläggning då halm är ett svårrötat substrat som kräver förbehandling eller samrötning.

2.3 *Koldioxidproduktionspotential*

Koldioxidproduktionspotentialen beräknades utifrån den estimerade mängden biogas med antaganden om att rågasen innehåller 35 procent koldioxid. Beräkningar gjordes även för 30, 40 och 50 procent koldixoid i rågasen. Därefter undersöktes olika avsättningsområden för koldioxiden. Potentialberäkningar gjordes även för ett av dess avsättningsområden nämligen produktion av metan genom biometanisering då detta avsättningsområde ansågs vara det mest troliga i den studerade regionen. Biometanisering går ut på att vätgas tillförs rötningsprocessen (antingen i rötkammaren eller, som är mer vanligt, i ett separat steg efter rötkammaren), reagerar med koldioxid och bildar metan. Det blir alltså totalt sett en ökad metanproduktion och minskad andel koldioxid. För biometaniseringen antogs en koldioxidhalt på 35 procent i rågasen innan metaniseringsprocessen och en koldioxidhalt på 20 procent efter. Detta tros vara ett defensivt antagande då det teoretiskt bör gå att uppnå nästan 100-procentig biometanisering, det vill säga att nästan fullt utnyttja metanpotentialen från koldioxiden. Denna process kräver dock stora mängder vätgas då det behövs fyra mol vätgas för att producera en mol metan.

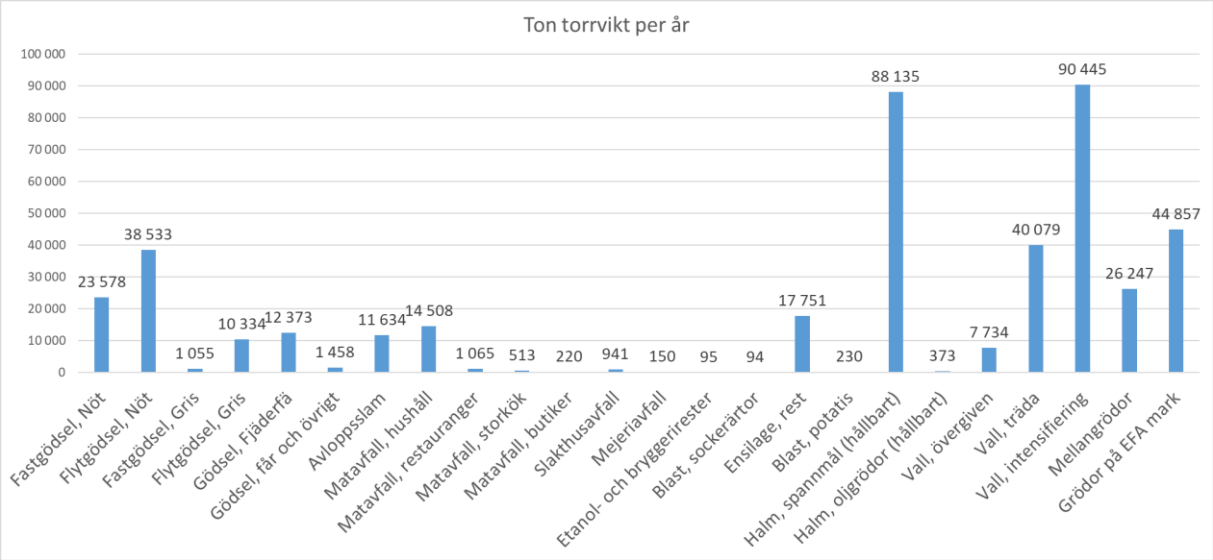
2.4 *Näringscirkulationspotential*

Näringsmängder uppskattades för näringsämnena kväve, fosfor och kalium. Näringen i den uppskattade biomassan beräknades baserad på Greppa Näringens beräkningsmodeller (Greppa Näringen, 2021). Därefter användes Jordbruksverkets databas över odlade grödor i området för att beräkna näringsbehovet i jordbruket. Näringsbalansen i området, det vill säga hur stor del av näringsbehovet som den rötade biomassan skulle kunna uppfylla, beräknades sedan utifrån metoder beskrivna i Metson m.fl. (2020) samt Feiz m.fl. (2021). Dessa går ut på att matcha näringsinnehållet i digestaten med näringsbehovet i jordbruket.

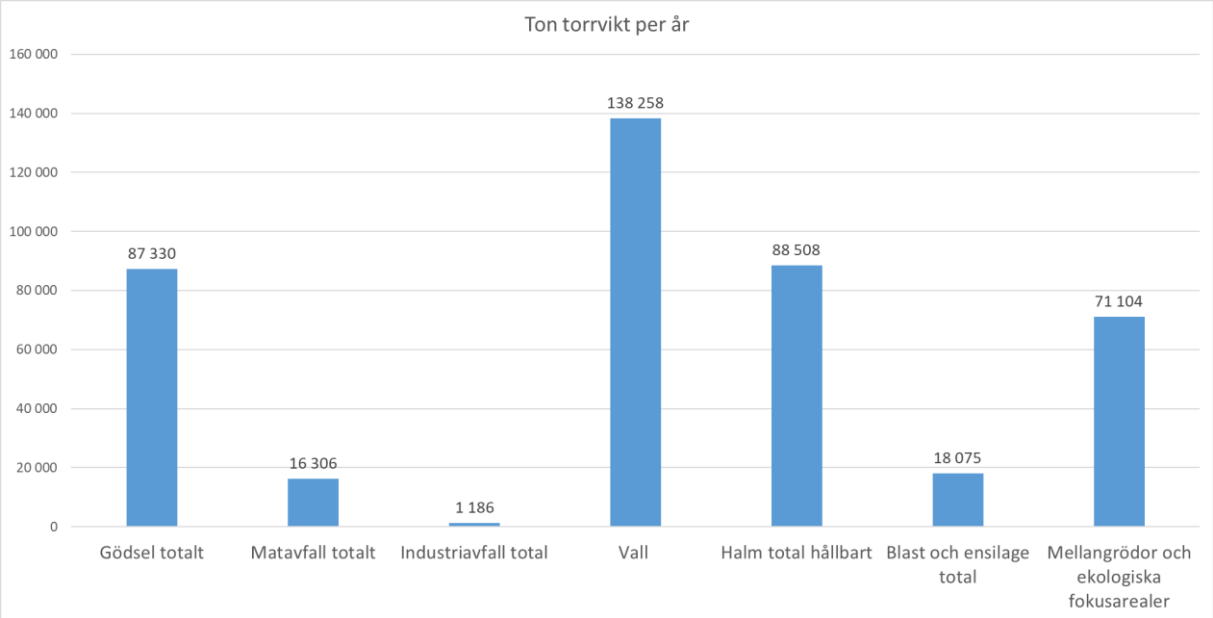
3 Resultat

3.1 *Biomassapotential*

Biomassapotentialen för de studerade substraten i området visas i figur 3 och aggregerat i figur 4. I det studerade området utgör halm, vall och gödsel de största substratpotentialerna men även EFA grödor och mellangrödor utgör en betydelsefull potential. Kommunerna med störst biomassapotential var (utan inbördes ordning) Norrköping, Nyköping och Eskilstuna (tabell 2).



Figur 3. Biomassapotential för det studerade området per substratkategori (se tabell 1).



Figur 4. Biomassapotential för det studerade området där substrat aggregerats. En notering bör göras angående vall total, som endast innehåller de tre vallkategorier från tabell 1 och figur 3, ej vall på spannmålsdominerad mark som beskrivs senare i kapitlet.

Tabell 2. Biomassapotentialer för varje substratkategori i de studerade kommunerna. Enhet är ton torrvikt per år.

Kommuner	Halm, oljeväxter	Blast, sockerbetor	Överblivet ensilage	Blast, potatis	Halm, spannmål	Vall, övergiven	Vall, träda	Vall, intensifiering	Mellangrödor	Grödor på EFA mark	Fastgödsel, Nöt
Oxelösund	0	0	6	0	140	11	87	35	55	0	0
Nyköping	61	6	2 222	19	14 428	1 027	5179	14 017	4 496	7 244	3 282
Gnesta	1	0	973	2	1 908	467	1894	5 804	666	1 922	1 163
Flen	2	0	2 480	1	4 256	617	2761	10 029	1 285	3 348	3 278
Katrineholm	49	37	2 285	2	8 765	733	3626	9 623	2 956	4 789	2 628
Trosa	30	0	256	13	1 578	147	889	1 540	552	847	279
Strängnäs	97	0	445	2	8 060	699	4722	4 763	2 679	3 696	382
Eskilstuna	28	51	2 287	68	12 962	1 157	6548	11 163	3 839	6 439	2 768
Vingåker	3	0	991	0	2 891	324	1778	4 397	1 041	1 922	1 715
Södertälje	19	0	506	5	3 595	788	3298	3 510	1 332	2 259	609
Nykvarn	20	0	21	2	644	420	1069	518	227	415	4
Norrköping	50	0	3 694	105	22 944	744	5046	15 852	5 588	8 558	5 265
Söderköping	14	0	1 585	10	5 964	599	3182	9 193	1 530	3 418	2 206
Total	**373**	**94**	**17 751**	**230**	**88 135**	**7 734**	**40 079**	**90 445**	**26 247**	**44 857**	**23 578**

Tabell 2. Fortsättning.

Kommuner	Flytgödsel, Nöt	Fastgödsel, Gris	Flytgödsel, Gris	Gödsel, Fjäderfä	Gödsel, får och övrigt	Avlopps-slam	Matavfall, hushåll	Matavfall, restaur-anger	Matavfall, storkök	Matavfall, butiker	Slakthus-avfall	Mejeri-avfall	Etanol- och bryggerirester
Oxelösund	0	0	0	0	0	273	308	23	11	5	20	3	2
Nyköping	4 727	63	626	1 273	164	1 123	1 457	107	51	22	95	15	10
Gnesta	2 003	0	0	701	80	176	293	21	10	4	19	3	2
Flen	5 609	113	1 194	1 817	133	321	427	31	15	6	28	4	3
Katrineholm	4 458	463	4 968	2 164	108	688	895	66	32	14	58	9	6
Trosa	528	0	0	0	33	262	354	26	13	5	23	4	2
Strängnäs	330	58	269	804	122	694	920	68	33	14	60	9	6
Eskilstuna	4 654	75	810	1 368	194	2 241	2 726	200	96	41	177	28	18
Vingåker	3 457	13	879	2	118	160	235	17	8	4	15	2	2
Södertälje	927	187	695	0	124	2 135	2 548	187	90	39	165	26	17
Nykvarn	2	0	0	0	5	208	284	21	10	4	18	3	2
Norrköping	8 677	83	892	4 020	219	3 122	3 685	271	130	56	239	38	24
Söderköping	3 163	0	0	222	160	230	376	28	13	6	24	4	2
Total	**38 533**	**1 055**	**10 334**	**12 373**	**1 458**	**11 634**	**14 508**	**1 065**	**513**	**220**	**941**	**150**	**95**

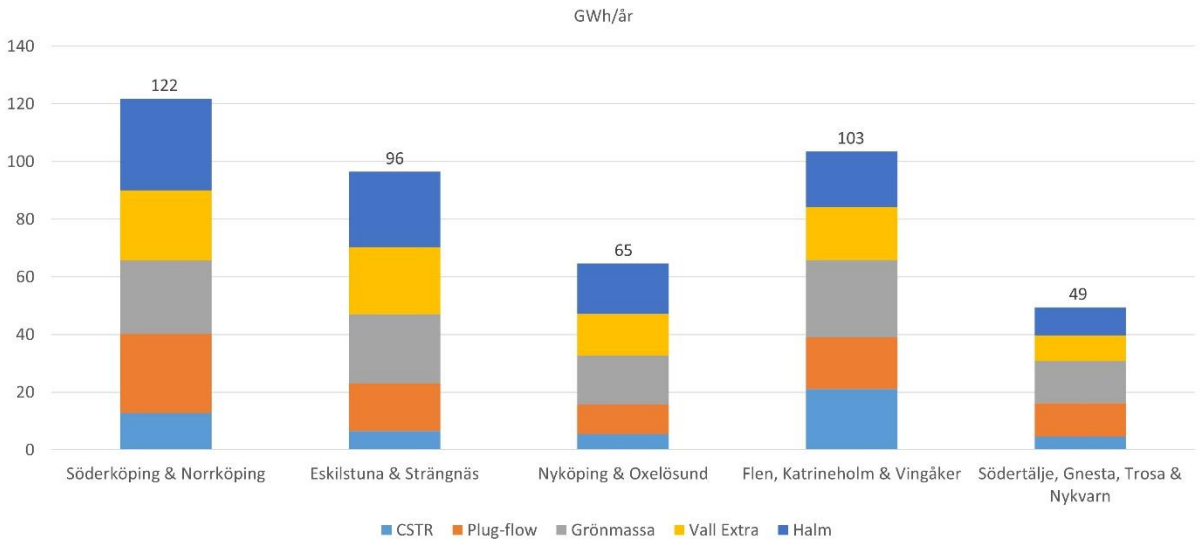
Utöver detta estimerades även biomassapotentialen vid inkludering av vall i spannmålsodlingsföljder (se kapitel 2.1). Denna potential varierar så klart mycket beroende på hur stor del av spannmålsarealen som används till vallodling. I appendix A, figur A1 visas hur biomassapotentialen varierar beroende på hur stor del av spannmålsarealen som används för att odla vall till biogas- och biogödselproduktion i det studerade området. Fyra olika potentiella odlingsföljder studerades närmare i studien, nämligen ettårig vall vart sjätte (representerar cirka 17 % av arealen) eller sjunde år (representerar cirka 14 % av arealen) samt två- till treårig vall i en sexårig odlingsföljd (representerar respektive 33 % och 50 % av arealen). För den ettåriga vallen varierar potentialen mellan 60 000 och 500 000 ton torrvikt per år medan den två- till treåriga vallen skulle kunna generera mellan 80 000 och 700 000 ton torrvikt per år.

3.2 *Biogaspotential*

Som tidigare nämnts delades biogaspotentialen upp i fem olika produktionsområden och fem olika potentialer. De olika potentialerna delades upp i samrötningspotential, som i sin tur delades mellan CSTR- (för våta substrat) och Plug-flowreaktorer (för torra substrat). I dessa samrötas gödsel, de organiska avfallskategorierna samt en viss del grönmassa (vall, mellangrödor och EFA grödor). Dock kan samrötningsanläggningarna inte ta hand om all grönmassa varför en stor del grönmassa ingår i en separat potentialkategori. Denna potential kan realiseras genom anläggningar som endast rötar grönmassa men detta är operativt svårt då sådana anläggningar behöver hantera utmaningar kopplade till låg buffertkapacitet och brist på spårämnen. Därav har ingen specifik röt-teknik pekats ut för dessa substrat (grönmassa), utan detta gjordes endast för samrötningspotentialen. Utöver dessa tre potentialer, som endast använder ILUC-fria grödor och organiskt avfall som råvaror, uppskattades även biogaspotentialen för vallbiomassa via odling i växtföljd på spannmålsdominerad mark. Vallen skulle då antingen kunna introduceras i en sex- eller sjuårig odlingsföljd samt antingen som en ett, två eller treårig gröda. Denna potential varierar därför kraftigt men i redovisningen här antas att en tredjedel av spannmålsarealen övergår till att odla flerårig vall och två tredjedelar övergår till att odla ettårig vall. Detta kan anses som ett maximum för hur stor denna potential kan bli i det studerade området. Till sist uppskattades även metanpotentialen i den halm som finns i området som inte redan används i andra applikationer. Halm är ett svårrötat substrat som ofta kräver förbehandling och samrötning med andra substrat, varför den särställdes från andra substrat. I resultatet som redovisas i detta kapitel antas att 40 procent av den teoretiska metanpotentialen kan produceras men i appendix A, figur A2 visas hur potentialen varierar beroende på hur stor del av den teoretiska metanpotentialen som uppnås.

I figur 5 visas biogaspotentialen för varje produktionsområde och uppdelat på de olika potentialerna beskrivna ovan. I alla områden är potentialen jämt utspridd mellan de olika potentialkategorierna med undantag för CSTR-potentialen som är något mindre än andra

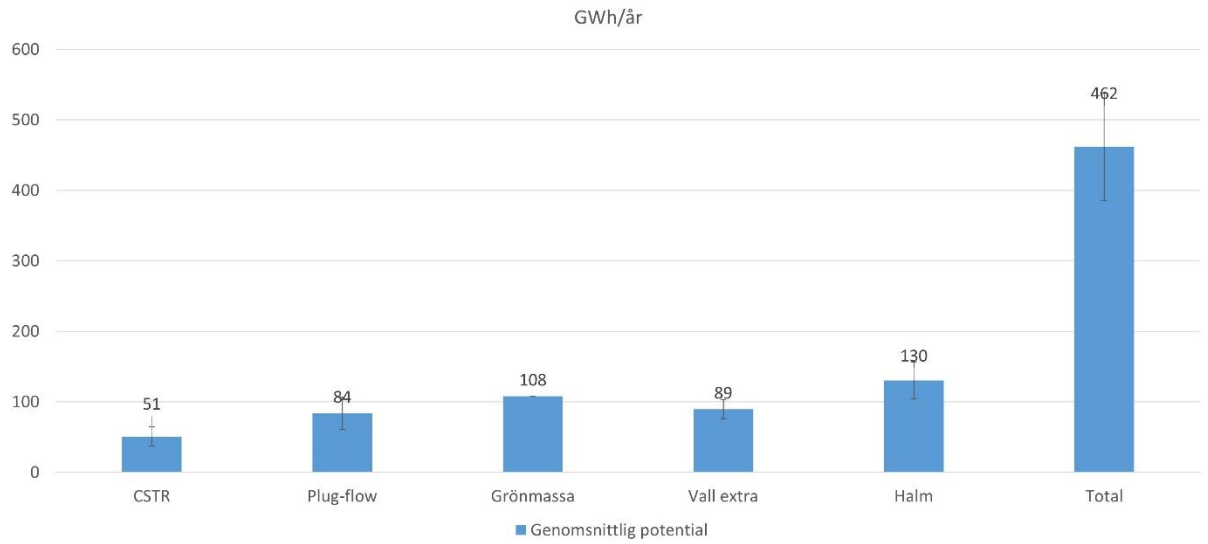
potentialer i alla områden förutom Flen-Katrineholm-Vingåker (på grund av stora mängder flytgödsel i det produktionsområdet). Gällande den totala potentialen i de olika produktionsområdena så är Söderköping-Norrköping klart störst med en stor potential av olika lantbruksrelaterade substrat, Eskilstuna-Strängnäs och Flen-Katrineholm-Vingåker är i ungefär samma storlek medan Nyköping-Oxelösund och Södertälje-Gnesta-Trosa-Nykvarn representerar de minsta potentialerna av de fem produktionsområdena.



Figur 5. Biogaspotentialen i de fem produktionsområdena uppdelat på de fem olika biogaspotentialerna. Värdet ovan staplarna är den totala potentialen för varje område[4]. Kategorierna "CSTR" och "Plug-flow" innefattar de substrat som beräknas rötas i dessa typer av anläggningar (se kapitel 2.2).

Totalt uppgår potentialen för hela det studerade området till mellan 380 och 540 GWh per år (beroende på vilka utrötningsgrader som kan uppnås samt hur stor del av biomassan som kan mobiliseras), vilket skulle representera en nästan tiofaldig ökning från 2020 års produktion på cirka 50 till 60 GWh (Energigas Sverige, 2021). I figur 6 ses den totala potentialen uppdelad på de fem olika underpotentialerna där halm och grönmassan representerar de största potentialkategorierna. Därefter följer potentialen från material som samrötas i plug-flow anläggningar samt vall på spannmålsareal vilka är ungefärligt lika stora men 10 till 20 procent mindre än halm- och grönmassapotentialerna. Det bör dock noteras att uppskattningarna för samrötningspotentialerna betydligt mer säkra än för halmen, grönmassan och vallen samt betydligt lättare att realisera både tekniskt och ekonomiskt.

[4] Här räknat med 70 % utrötningsgrad för CSTR och Plug-flow potentialer, 60 % utrötning för Grönmassa och Vall samt 40 % för Halm.



Figur 6. Den totala biogaspotentialen för det studerade området samt de fem underpotentialerna. Felfältet i grafen visar högsta respektive lägsta nivåer för potentialuppskattningarna.

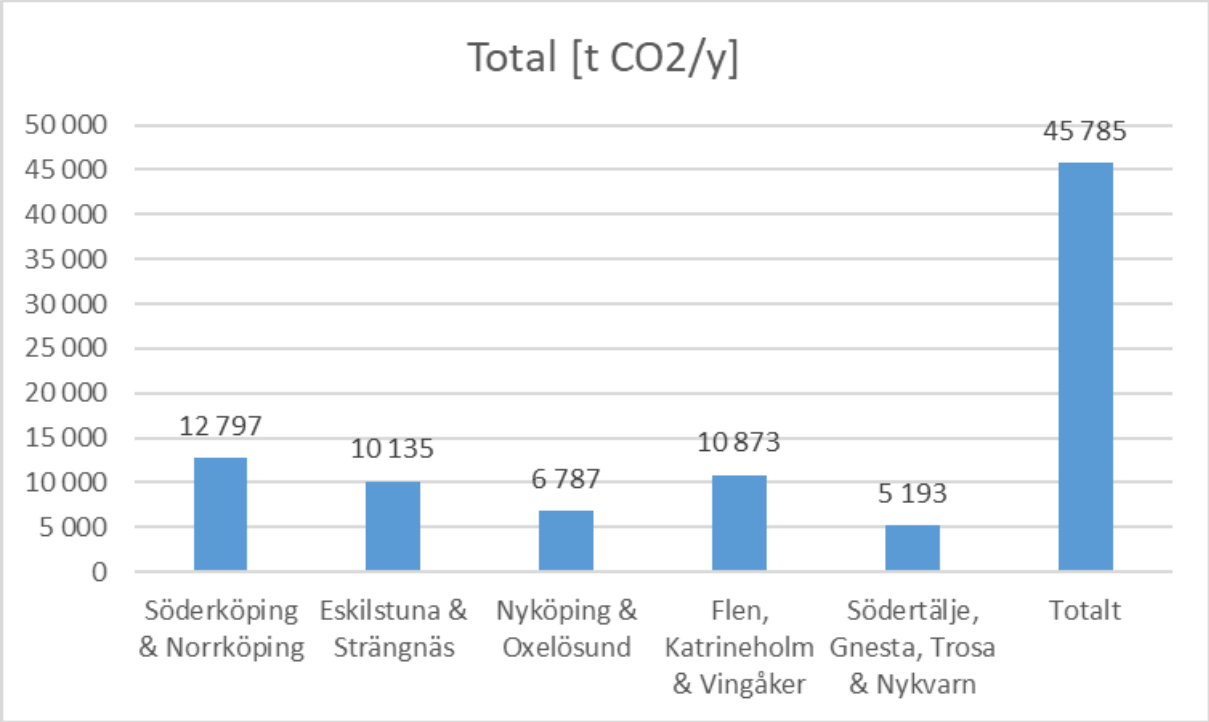
3.3 *Koldioxidproduktionspotential*

Tillsammans med metan produceras även en stor mängd koldioxid i rötningsprocessen. Koldioxiden separeras från metanet vid uppgradering för att öka energihalten i biogasen och släpps ofta sedan ut i luften. Det är även möjligt att använda koldioxiden i en mängd olika applikationer genom CCU (eng. carbon capture and utilization). En kortare genomgång av olika tillämpningsområden gjordes för att förstå hur mogna olika teknologier för CCU är. Detta gjordes enligt TRL (eng. technology readiness level) där nivå 1 till 3 representerar att teknologin är på olika nivåer av idéstadie, 4 indikerar validering i laboratoriemiljö, nivå 5 och 6 betyder att teknologin validerats och demonstrerats medan för att uppnå nivå 7 krävs en prototypdemonstration av teknologin och nivå 8 och 9 representerar olika nivåer av kommersiellt gångbara teknologier i full skala. I tabell 3 syns en överblick av hur olika koldioxidteknologiers mognadsgrad.

Tabell 3. Bedömning av olika teknikers mognadsnivå och TRL för användning av koldioxid.

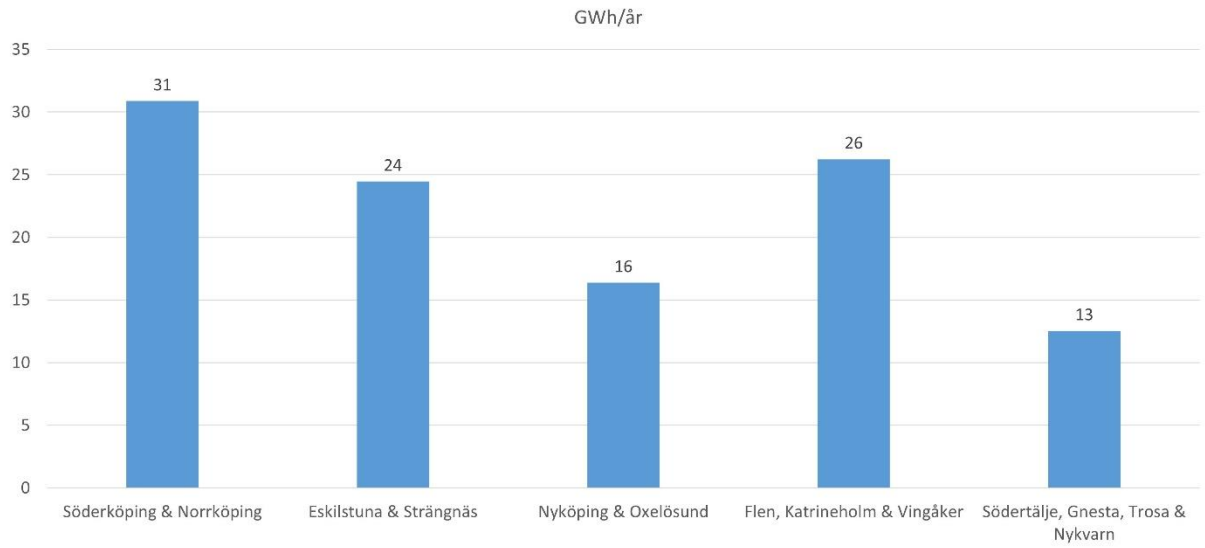
Teknikområde	Användningsområde	TRL	Kommentar
Byggnads-material	Koldioxid kombineras med metallhydroxider för att producera olika mineraler	4-8	Olika TRL för olika typer av processer
Växthus	Koldioxid injiceras i växthuset för att öka avkastningen	9	Kommer kräva många växthus för att använda all tillgänglig koldioxid
Metan-produktion	Via reformering eller biologisk metanisering	4-9	Kräver vätgas.
Metanol-produktion	Hydrogenering av CO_2	8-9	Kräver vätgas.
pH regulator	Kan agera som regulator om det är löst i vatten	7-8	
Polymer-produktion	Kan användas som kolkälla i plastproduktion	8-9	TRL 8 för polykarbonater och TRL 8-9 för polyuretaner
Urea-produktion	Kan användas som en av många råvaror i gödselproduktion	9	

Totalt beräknas koldioxidproduktionspotentialen till omkring 45 000 ton koldioxid per år och i figur 7 visas produktionspotentialen även för varje produktionsområde. Dessa värden är för den antagna koldioxidhalten på 35 procent. Beroende på utrötningsgrad (40 – 70 %) och koldioxidhalt i rågasen (50 – 99 %) så varierar den totala mängden koldioxid producerad mellan ungefär 20 000 och 100 000 ton per år.



Figur 7. Koldioxidproduktionspotentialen i det studerade området och de fem produktionsområdena.

Även om det finns flera tillämpningsområden som är relativt mogna så är de ofta beroende av andra insatsråvaror och ingår i andra industriella flöden. Det finns dock ett tillämpningsområden som går att kombinera relativt lätt med biogassystem, nämligen ökad metanproduktion genom biometanisering. Biometanisering går ut på att omvandla koldioxiden till metan för att öka metanhalten i rågasen genom att injicera vätgas. Vätgasen och koldioxiden omvandlas då till metan och vatten med hjälp av mikroorganismer som använder vätgas som energikälla och koldioxid som kolkälla (Angelidaki m.fl., 2011). I figur 8 visas biometaniseringspotentialen för de olika produktionsområdena. Totalt sett skulle biometanisering kunna öka biometanpotentialen i området med ungefär 100 GWh men kräver då tillgång till stora mängder vätgas, mer specifikt, ungefär 3 500 ton vätgas.



Figur 8. Biometaniseringspotentialen i det fem produktionsområdena.

3.4 *Näringscirkulationspotential*

För att uppskatta potentialen för näringscirkulation i det studerade området beräknades den tillgängliga mängden kväve, fosfor och kalium i den rötbara biomassapotentialen. Dessutom estimerades näringsbehovet i jordbruket i den studerade regionen för att beräkna hur stor del av behovet den rötade biomassan skulle kunna uppfylla. Resultatet ses i tabell 4 där digestat (rötad biomassa) kan uppfylla ungefär tre fjärdedelar av kvävebehovet, nästan hela fosforbehovet och mer än fyra gånger kaliumbehovet i det studerade områdets jordbruk. Viktigt att belysa är att endast de substrat som finns med i tabell 1 är inkluderade. Detta betyder alltså att näringsbalanser för att introducera vall på spannmålsareal inte är inkluderat i studien då detta skulle betyda komplexa förändringar på både näringsbehovs- och gödselproduktionssidan. Jämförelsen är alltså mellan näringsbehovet som finns i nuvarande lantbruk och näringsinnehållet i digestaten från de substrat som är listade i tabell 1.

Tabell 4. Andelen av näringsbehovet i jordbruket i det studerade området som digestaten kan uppfylla.

Produktionsområden	**N**	**P**	**K**
Söderköping-Norrköping	76 %	106 %	792 %
Eskilstuna-Strängnäs	65 %	78 %	423 %
Nyköping-Oxelösund	62 %	70 %	313 %
Flen-Katrineholm-Vingåker	93 %	119 %	363 %
Södertälje-Gnesta-Trosa-Nykvarn	87 %	108 %	436 %
Totalt	76 %	96 %	440 %

4 Systembeskrivningar

I detta kapitel beskrivs det potentiella biogassystemet i det studerade området, dels för Region Sörmland med omnejd och dels för varje enskilt produktionsområde. Beskrivningarna är tänkta att summera den viktigaste informationen från potentialstudien samt ge en bild över hur de rötbara substraten, biogasen och biogödsel i varje produktionsområde kan användas.

4.1 *Regional beskrivning*

Idag produceras mellan 50 och 60 GWh biogas i den studerade regionen främst från hushållsavfall och avloppsvatten. En expansiv utveckling av biogassystem i regionen borde fokusera på att mobilisera substrat inom lantbrukssektorn där gödsel, vall och mellangrödor möjliggör en stor potential till ökad produktion av biogas och biogödsel. Mängden gödsel uppgår till cirka 90 000 ton per år, ungefär häften som flytgödsel och hälften som fastgödsel. Angående vall skulle området uppskattningsvis kunna producera cirka 140 000 ton per år från övergiven mark, mark i träda och intensifiering av redan existerande vallodlingar, alltså vallodling som ej konkurrerar med nuvarande markanvändning. Inom ett liknande spår kan EFA grödor och mellangrödor öka mängden rötbar biomassa i regionen med ungefär 70 000 ton per år. Utöver detta kan vall introduceras i spannmålsodlingsföljder på ett långsiktigt hållbart sätt för att ytterligare utöka den rötbara mängden substrat, dock med följd att halmpotentialen minskar något. När det gäller halm kan den, med vissa tekniksprång, medföra en stor mängd material med stor teoretisk metanpotential. Från allt detta material beräknas att mellan 380 och 540 GWh biogas kan produceras per år där omkring 130 GWh kommer från samrötning av gödsel, organiskt avfall och en del grönmassa, ytterligare 130 GWh från halm, ungefär 110 GWh från resterande mängde ILUC-fri grönmassa och cirka 90 GWh från vall i spannmålsföljder (se kapitel 3.2). Om all denna biomassa rötas genereras även digestat som om det används som biogödsel skulle kunna tillgodose ungefär 75 procent av kvävebehovet, 95 procent av fosforbehovet och hela kaliumbehovet för jordbruket i regionen. Tillsammans med biogas produceras även koldioxid som skiljs från metanet i uppgraderingssteget. Om detta används för att producera mer metan genom biometanisering kan biogaspotentialen i området ökas med ungefär 100 GWh per år.

4.2 *Söderköping-Norrköping*

I produktionsområdet Söderköping-Norrköping skulle en biogasproduktionsanläggning (med flera rötkammare) som främst använder sig av gödsel, mellangrödor och vall som substrat vara lämplig. Förslagsvis etableras en sådan anläggning i Södra delarna av Norrköping eller norra delen av Söderköping då detta möjliggör kortare transportsträckor av substrat samt möjlighet att utöka insamlingen av substrat från andra närliggande kommuner i Östergötland. Den beräknade biogaspotentialen för området är cirka 120 GWh per år. Denna produktionspotential skulle kunna ökas genom biometanisering av koldioxid till cirka 150 GWh men då krävs stora mängder el för att producera den vätgas som metaniseringen kräver. Om

biogasen ska användas i SSABs anläggning i Oxelösund föreslås att den uppgraderas och förvätskas för att sedan transporteras i flytande form till Oxelösund med antingen sjö- eller vägtransport beroende på om anläggningen kan anläggas nära en hamn eller ej.

Biogödsel från anläggningen motsvarar ungefär tre fjärdedelar av kvävebehovet i jordbruket i området samt hela fosfor- och kaliumbehovet. Utöver det skulle anläggningen kunna producera ungefär 19 000 ton CO_2 per år för användning i, exempelvis, kolsyrad dryck, produktion av byggnadsmaterial, plast eller metanol, i växthus eller som pH regulator (förutsatt att anläggningen inte använder koldioxiden för biometanisering).

4.3 *Eskilstuna-Strängnäs*

I detta område skulle en biogasanläggning kunna producera ungefär 100 GWh på lokala råvaror. Detta produktionsområde är till stor del beroende av grönmassa, alltså vall, halm och mellangrödor, för att kunna nå höga produktionspotentialer. Med biometanisering kan potentialen ökas med ytterliggare med 24 GWh per år. Biogasen förvätskas vid en den potentiella produktionsanläggningen och transporteras sedan med vägtransport till Oxelösund.

Biogödseln från anläggningen skulle kunna ersätta ungefär 65 procent av kvävebehovet, 80 % av fosforbehovet och hela kaliumbehovet i jordbruket i området. Utöver det estimeras koldioxidproduktionspotentialen till ungefär 15 000 ton CO_2 per år.

4.4 *Nyköping-Oxelösund*

I detta produktionsområde föreslås att en mindre anläggning etableras i närheten av Oxelösund där substratmixen främst består av matavfall, grönmassa och gödsel. Produktionspotentialen uppgår till cirka 65 GWh. Eftersom produktionspotentialen är något mindre i detta område föreslås att den anläggning som etableras producerar komprimerad biogas som sedan transporteras till SSAB via rörledning (då produktionspotentialen kan vara för liten för att förvätskning ska vara ekonomiskt försvarbart). Detta representerar en lösning som kan göra produktionssystemet ekonomiskt möjlig. Som även beskrivs i avsnitt 4.6 skulle produktionen vid anläggningen kunna öka genom leverans av substrat från de södra och västra delarna av produktionsområdet Södertälje-Gnesta-Trosa-Nykvarn, vilket eventuellt kan öka produktionspotentialen till en nivå som möjliggör förvätskning.

Biogödseln skulle kunna uppfylla ungefär 60 procent av kvävebehovet och 70 % av fosforbehovet i området samt hela kaliumbehovet. Potentialen för koldioxidproduktion beräknas ligga kring 10 000 ton CO_2 per år, vilket tillsammans med vätgas via biometanisering skulle kunna öka produktionspotentialen för biogas med ytterligare 16 GWh.

4.5 *Flen-Katrineholm-Vingåker*

För detta område föreslås det att den redan existerande anläggningen i Katrineholm utökas för att framförallt kunna röta mer gödsel, vall och mellangrödor. Alternativt etableras flera mindre gårdsanläggningar där gasen uppgraderas vid gårdsanläggningarna och förvätskas centralt vid den redan existerande anläggningen (som ej har en förvätskning idag). Detta är möjligen att föredra då detta område har förhållandevis stor andel gödsel i sin biomassapotential vilket är dyrt att transportera långa sträckor. Det kan då istället vara mer gynnsamt att producera gasen nära substratet och sedan transportera gasen till en gemensam förvätskning. Produktionspotentialen i området är cirka 100 GWh. Denna potential kan höjas genom biometanisering med ytterligare 26 GWh, med följd att koldioxidproduktionen minskar och att det krävs stor tillgång på vätgas. Liksom i Söderköping-Norrköping finns möjlighet att importera substrat från Östergötland men även potentiellt från Region Örebro. Biogasen transporteras från anläggningen i Katrineholm i flytande form till Oxelösund med vägtransport.

På grund av den stora potentialen i gödsel kan biogödsel från anläggningen täcka mer än 90 procent av kvävebehovet och hela fosfor- och kaliumbehovet. Koldioxidproduktionen estimeras till 17 000 ton per år.

4.6 *Södertälje-Gnesta-Trosa-Nykvarn*

Detta produktionsområde har den minsta potentialen på knappa 50 GWh per år. Denna kan ökas med 13 GWh per år genom biometanisering. Den förhållandevis låga potentialen gör att det kan bli svårt att etablera en produktionsanläggning som producerar förvätskad biogas i området. Alternativen som kvarstår är att etablera en anläggning för produktion av komprimerad gas, som sedan kan förvätskas vid en annan anläggning i regionen (exempelvis kan en gemensam förvätskning etableras i Oxelösund som förvätskar gas från detta område och produktionsområde Nyköping-Oxelösund) eller att substraten i området exporteras där substrat från södra och västliga delar av området kan transporteras till en eventuell anläggning i Oxelösund eller Eskilstuna kommun. Substrat i övriga delar kan förslagsvis transporteras till den redan existerande anläggningen i Södertörn.

Biogödseln i området kan täcka något mindre än 90 procent av kvävebehovet och hela fosfor- och kaliumbehovet. Koldioxidproduktionen uppgår till ungefär 8 500 ton per år.

5 Diskussion

Region Sörmland med omnejd har möjlighet att flerfaldigt öka produktionen av biogas och biogödsel genom en mix av nyetableringar och expansioner av existerande och planerade anläggningar. Den stora biogaspotentialen i området finns främst i lantbruksrelaterade substrat så som vall, gödsel, mellangrödor och halm. Ett första steg i denna riktning kan vara att öka mängden gödsel i den redan existerande anläggningen i Katrineholm samt etablera en liknande anläggning som samrötar gödsel, matavfall och grönmassa antingen i Eskilstuna-Strängnäs, Nyköping-Oxelösund eller Söderköping-Norrköping. För att kunna mobilisera en större mängd grönmassa i biogasanläggningarna krävs dock fler studier fokuserade på hur sådana anläggningar praktiskt bör drivas på bästa sätt för att säkerställa en stabil rötningsprocess. Dessutom behövs ytterligare studier om hur vallodling för biogasproduktion påverkar mat- och foderproduktion i området för att undvika negativa samhällseffekter och säkerställa att vallodlingen bidrar till jordbrukets långsiktiga hållbarhet. Kopplat till detta finns även vissa frågetecken kring vilka nuvarande och framtida administrativa barriärer det kan finns för vallodling för biogas, exempelvis i EU:s direktiv om främjandet av förnybar energi (RED).

En stor biogas- och biogödselproduktion skulle medföra positiva hållbarhetseffekter för den studerade regionen. Om biogasen används i SSABs ståltillverkning kan stora mängder fossil naturgas ersättas med ett regionalt producerad förnybart bränsle vilket, till exempel, reducerar fossila koldioxidutsläpp och stärker den regionala ekonomin (Lindfors och Eklund, 2019). En biogasproduktion är även betydelsefull ur energisystemsperspektiv då elproduktionen från fluktuerande energikällor (så som vind och sol) ökar. Biogasen skulle här kunna användas som balanskraft eftersom den är lagringsbar och gasgeneratorer förhållandevis snabba att ta i drift. Andelen förnybar energi i området ökar även, vilket skulle reducera energisektorns fossila koldioxidutsläpp samt öka energisäkerheten i området.

Denna potentialstudie har utgått från de trender som syns i biogassektorn vid potentialberäkningar och analysen av resultatet. Nämligen att anläggningarna tenderar att bli större och större, nyetableringar är sällan mindre på än 80 GWh per år, vilket ställer krav på tillgång till stora mängder substrat. Storleksökningen drivs främst av viljan att producera flytande biogas för att öppna upp nationella och kontinentala marknader för biogasen då den flytande gasen är billigare att transportera än den gasformiga och därför kan säljas på marknader längre bort från produktionen. Den flytande gasen ses även som en nyckel för användning i basindustri och sjöfart där det finns en stor potentiell efterfrågan. Detta eftersom den stora efterfrågan skulle medföra stora logistikkostnader för transporten och lagringen av gasen om den var komprimerad. Dessa trender har påverkat analysen mot att sammanställa potentialen i produktionsområden som uppnår den kritiska gränsen kring 80-100 GWh per år. Dock finns här en begynnande mottrend där intresset för och framförallt behovet av teknik som möjliggör mindre anläggningar med acceptabel ekonomisk prestanda

ökar. Denna typ av anläggningar skulle vara ett bra komplement till stora centraliserade anläggningar i det studerade området då de skulle möjliggöra biogasproduktion från råvaror som är dyra att transportera eller produktion i områden med små men betydelsefulla biomassapotentialer. Till sist bör nämnas att även om mycket av trenden inom biogassektorn går mot flytande biogas kommer den gasformiga gasen vara fortsatt viktig inom kollektiv- och personbilstrafik men att expansionsmöjligheterna är begränsade i detta segment, i relation till förvätskad gas i sjöfart, tunga transporter och industri.

Regionala potentialstudier kan identifiera var potentialer finns och ge indikation på hur dessa kan realiseras (Kautto och Peck, 2012). Den förhållandevis högre transparensen i jämförelse med nationella eller kontinentala potentialstudier gör det lättare att se hur potentialen kan realiseras med enskilda etableringar och expansioner (Ersson m.fl., 2013; Lindfors m.fl., 2020). De kan även bli grogrund för idéer och utgöra diskussionsunderlag vilket kan bidra till att främja nya studier, samarbeten och implementering. Med en ökad efterfrågan och högt uppsatta produktionsmål för svensk biogas kommer liknande regionala eller lokala biogaspotentialstudier vara nödvändiga för att identifiera lovande områden för etablering av biogasanläggningar.

Så klart finns andra perspektiv som sällan inkluderas i potentialstudier (så även i denna). Ofta delas potentialstudier in i olika kategorier beroende på vilken potential som undersökts. Det kan röra sig om en teoretisk potential eller bruttopotential, som visar hur stor den maximala potentialen är, eller exempelvis ekologisk potential, som visar på hur stor del av den teoretiska potentialen som kan uppnås utan betydande negativ påverkan på den miljö som råvarorna hämtas ur. Men överlag indikerar studier att smart designade biogassystem kan bidra med stora miljö- och hållbarhetsfördelar i jämförelse med andra alternativa energibärare för transport- och industrianvändning (se exempelvis Lindfors och Eklund, 2019). I denna studie har fokus legat på teknisk och administrativ potential, alltså vilken potential går att uppnå med nuvarande (eller i framtiden närstående) teknik och administrativa villkor. Ekonomiska begränsningar har inte inkluderats men blir självklart en viktig aspekt för fortsatta implementeringsstudier. Utöver detta inkluderas heller inte tekniska detaljer kring hur anläggningar bör utformas och vilken typ av teknik som bör tillämpas eftersom det ofta kräver avvägningar kring ekonomiska och platsspecifika aspekter (Patterson m.fl., 2011; Brienza m.fl., 2021). Hur logistik av både råvaror, biogas och biogödsel bör hanteras har heller inte inkluderats. Detta är så klart en mycket relevant aspekt för implementering då det är stora mängder material och energibärare som behöver transporteras för att uppnå den beräknade potentialen varför de bör betänkas i framtida implementeringsstudier.

6 Slutsats

I denna regionala potentialstudie har den tekniska och administrativa potentialen för ett biogassystem i Region Sörmland med omnejd (Kommunerna i Region Sörmland samt Södertäljes, Nykvarns, Söderköpings och Norrköpings kommun) studerats. Studien bygger på metodik där den rötbara biomassapotentialen först beräknades vilket sedan låg till grund för att beräkna biogas-, koldioxidproduktions- och näringscirkulationspotentialer. Resultatet visar att en flerfaldig ökning av produktionen av biogas och biogödsel är möjlig i det studerade området. Region Sörmland med omnejd producerar idag omkring 50 till 60 GWh biogas per år och potentialen beräknas till mellan 380 och 540 GWh per år. Därtill kan ytterligare 100 GWh biogas produceras per år genom biometanisering av koldioxiden i rågasen, då krävs dock stora mängder vätgas. De stora potentialerna för biogasproduktion i området finns i vall, gödsel, mellangrödor och halm. Om all biomassa som inkluderats i studien skulle rötas kan biogödseln som samproduceras i biogasanläggningarna uppfylla cirka tre fjärdedelar av kvävebehovet, nära hela fosforbehovet och fyra gånger kaliumbehovet i områdets jordbruk. Detta betyder att jordbruket nästan skulle bli självförsörjande gällande gödningsmedel.

Ett potentiellt biogassystem som skulle kunna realisera stor del av potentialen togs även fram som en del av studien. I det förslaget expanderar den redan existerande anläggningen i Katrineholm samt den planerade anläggningen i Eskilstuna till att båda producera kring 100 GWh per år. Samtidigt etableras nya anläggningar utanför Oxelösund och Norrköping. Oxelösundsanläggningens lokala potential uppskattas till ungefär 65 GWh per år medan Norrköpingsanläggningens potential uppgår till drygt 120 GWh per år. Det mesta av gasen som produceras förvätskas och transporteras för användning i SSABs fossil-fria ståltillverkning i Oxelösund. Potentiellt kan anläggningen i Oxelösund transportera komprimerad gas i lågtrycksgasnät till SSAB.

Fortsatta studier behövs dock för att vidare underlätta realiseringen av den identifierade potentialen. Exempelvis behövs studier som fokuserar på hur grönmassa från lantbruket på bästa sätt bör användas i biogassystem. Här är det av intresse att studera hur biogasprocesser kan förbättras för att möjliggöra en stabil rötningsprocess med enbart grönmassa (vall, mellangrödor, med mera) samt hur halmen kan tillgodogöras i ett biogassystem. Det är även av intresse att studera detta ur ett lantbruksperspektiv, exempelvis hur en ökad odling för biogasproduktion skulle påverka individuella lantbrukare, lantbrukssektorn i stort och åkermarkernas långsiktiga fertilitet. Det behövs även studier som fokuserar på implementeringsmöjligheter för enskilda anläggningar i området, där teknikval, råvarubas och logistik blir centrala frågeställningar.

Referenser

AL SEADI, T., DROSG, B., FUCHS, W., RUTZ, D., och JANSSEN, R., 2013. Biogas digestate quality and utilization. *The biogas handbook*, s. 267–301.

AMMENBERG, J., GUSTAFSSON, M., O'SHEA, R., GRAY, N., LYNG, K.-A., EKLUND, M., och MURPHY, J.D., 2021. *Perspectives on biomethane as a transport fuel within a circular economy, energy, and environmental system*. IEA Bioenergy Task 37, Nr. 2021:12.

ANDERSON, L.G., 2015. Effects of using renewable fuels on vehicle emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 47, s. 162–172.

ANGELIDAKI, I., KARAKASHEV, D., BATSTONE, D.J., PLUGGE, C.M., och STAMS, A.J.M., 2011. Chapter sixteen - Biomethanation and Its Potential. *Methods in Enzymology*. Amy C. Rosenzweig and Stephen W. Ragsdale, red., Vol. Volume 494, s. 327–351.

ARIUNBAATAR, J., PANICO, A., ESPOSITO, G., PIROZZI, F., och LENS, P.N.L., 2014. Pretreatment methods to enhance anaerobic digestion of organic solid waste. *Applied Energy*, Vol. 123, s. 143–156.

BRÉMOND, U., BERTRANDIAS, A., STEYER, J.-P., BERNET, N., och CARRERE, H., 2021. A vision of European biogas sector development towards 2030: Trends and challenges. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 287, s. 125065.

BRIENZA, C., SIGURNJAK, I., MEIER, T., MICHELS, E., ADANI, F., SCHOUMANS, O., VANEECKHAUTE, C., och MEERS, E., 2021. Techno-economic assessment at full scale of a biogas refinery plant receiving nitrogen rich feedstock and producing renewable energy and biobased fertilisers. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 308, s. 127408.

CONG, R.-G., CARO, D., och THOMSEN, M., 2017. Is it beneficial to use biogas in the Danish transport sector? – An environmental-economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 165, s. 1025–1035.

D' SILVA, T.C., ISHA, A., CHANDRA, R., VIJAY, V.K., SUBBARAO, P.M.V., KUMAR, R., CHAUDHARY, V.P., SINGH, H., KHAN, A.A., TYAGI, V.K., och KOVÁCS, K.L., 2021. Enhancing methane production in anaerobic digestion through hydrogen assisted pathways – A state-of-the-art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 151, s. 111536.

DALE, B.E., BOZZETTO, S., COUTURIER, C., FABBRI, C., HILBERT, J.A., ONG, R., RICHARD, T., ROSSI, L., THELEN, K.D., och WOODS, J., 2020. The potential for expanding sustainable biogas production and some possible impacts in specific countries. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, Vol. 14, Nr. 6, s. 1335–1347.

ENERGIGAS SVERIGE, 2021. *Produktion av biogas och rötrester och dess användning år 2020*. Stockholm, Sweden: Swedish Energy Agency.

ERSSON, C., AMMENBERG, J., och EKLUND, M., 2013. Biofuels for transportation in 2030: feedstock and production plants in a Swedish county. *Biofuels*, Vol. 4, Nr. 4, s. 379–395.

FEIZ, R., JOHANSSON, M., LINDKVIST, E., MOESTEDT, J., PÅLEDAL, S.N., och SVENSSON, N., 2020. Key performance indicators for biogas production—methodological insights on the life-cycle analysis of biogas production from source-separated food waste. *Energy*, Vol. 200, s. 117462.

FEIZ, R., LARSSON, M., EKSTRAND, E.-M., HAGMAN, L., OMETTO, F., och TONDERSKI, K., 2021. The role of biogas solutions for enhanced nutrient recovery in biobased industries—three case studies from different industrial sectors. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 175, s. 105897.

FLORES-ALSINA, X., FELDMAN, H., MONJE, V.T., RAMIN, P., KJELLBERG, K., JEPPSSON, U., BATSTONE, D.J., och GERNAEY, K.V., 2019. Evaluation of anaerobic digestion post-treatment options using an integrated model-based approach. *Water Research*, Vol. 156, s. 264–276.

GREPPA NÄRINGEN, 2021. Räkna Själv [internet]. Tillgängligt: https://greppa.nu/vara-tjanster/rakna-sjalv [Hämtad 2021-10-5].

GUSTAFSSON, M., LINDFORS, A., ANDERBERG, S., AMMENBERG, J., och EKLUND, M., 2018. *Biogaslösningar i Norrköping - Potential för produktion och marknad*. Linköping, Sweden: Biogas Research Center, Nr. 2018:3.

HAGMAN, L., BLUMENTHAL, A., EKLUND, M., och SVENSSON, N., 2018. The role of biogas solutions in sustainable biorefineries. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 172, s. 3982–3989.

KAUTTO, N. och PECK, P., 2012. Regional biomass planning – Helping to realise national renewable energy goals? *Renewable Energy*, Vol. 46, s. 23–30.

KHAN, M.I., YASMEEN, T., KHAN, M.I., FAROOQ, M., och WAKEEL, M., 2016. Research progress in the development of natural gas as fuel for road vehicles: A bibliographic review (1991–2016). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 66, s. 702–741.

LINDFORS, A. och EKLUND, M., 2019. *Samhällseffekter av alternativa drivmedel*. Region Östergötland.

LINDFORS, A., GUSTAFSSON, M., ANDERBERG, S., EKLUND, M., och MIRATA, M., 2020. Developing biogas systems in Norrköping, Sweden: An industrial symbiosis intervention. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 277, s. 122822.

METSON, G.S., FEIZ, R., QUTTINEH, N.-H., och TONDERSKI, K., 2020. Optimizing transport to maximize nutrient recycling and green energy recovery. *Resources, Conservation & Recycling: X*, Vol. 9–10, s. 100049.

MEYER, A.K.P., EHIMEN, E.A., och HOLM-NIELSEN, J.B., 2017. Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production. *Biomass and Bioenergy*.

NORDELL, E., BJÖRN, A., WAERN, S., SHAKERI YEKTA, S., SUNDGREN, I., och MOESTEDT, J., 2022. Thermal post-treatment of digestate in order to increase biogas production with simultaneous pasteurization. *Journal of Biotechnology*, Vol. 344, s. 32–39.

OFFERMANN, R., SEIDENBERGER, T., THRÄN, D., KALTSCHMITT, M., ZINOVIEV, S., och MIERTUS, S., 2011. Assessment of global bioenergy potentials. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 16, Nr. 1, s. 103–115.

PATTERSON, T., ESTEVES, S., DINSDALE, R., och GUWY, A., 2011. An evaluation of the policy and techno-economic factors affecting the potential for biogas upgrading for transport fuel use in the UK. *Energy Policy*, Vol. 39, Nr. 3, s. 1806–1816.

PRADE, T., BJÖRNSSON, L., LANTZ, M., och AHLGREN, S., 2017. Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels? *Journal of Land Use Science*, Vol. 12, Nr. 6, s. 407–441.

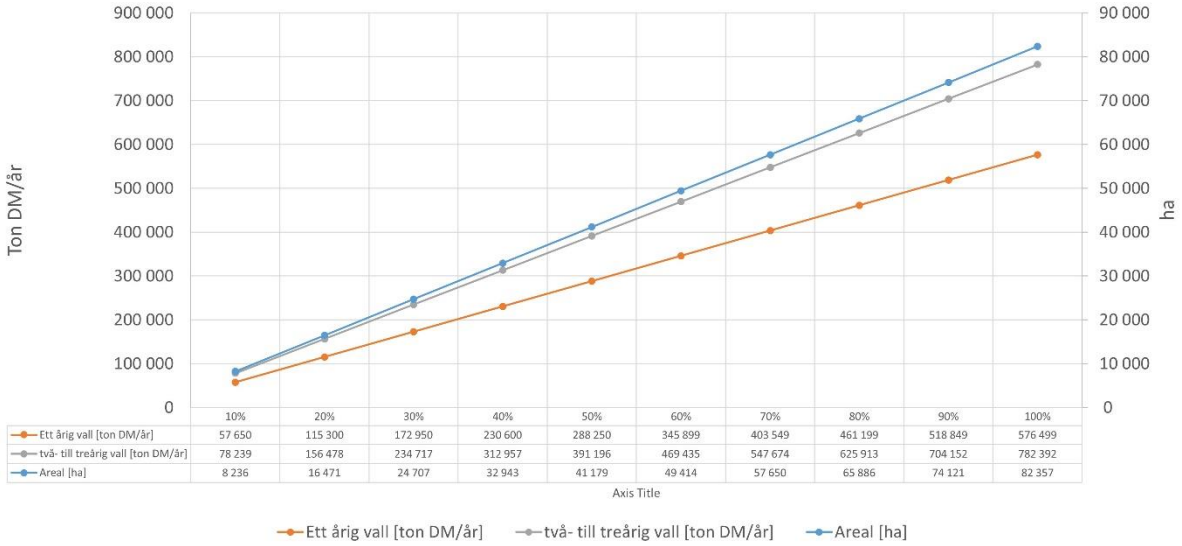
PRADE, T., KÄTTERER, T., och BJÖRNSSON, L., 2017. Including a one-year grass ley increases soil organic carbon and decreases greenhouse gas emissions from cereal-dominated rotations – A Swedish farm case study. *Biosystems Engineering*, Vol. 164, s. 200–212.

RABII, A., ALDIN, S., DAHMAN, Y., och ELBESHBISHY, E., 2019. A Review on Anaerobic Co-Digestion with a Focus on the Microbial Populations and the Effect of Multi-Stage Digester Configuration. *Energies*, Vol. 12, Nr. 6, s. 1106.

WELLINGER, A., MURPHY, J.P., och BAXTER, D., 2013. *The Biogas Handbook: Science, Production and Applications*. 1 edition. Oxford: Woodhead Publishing.

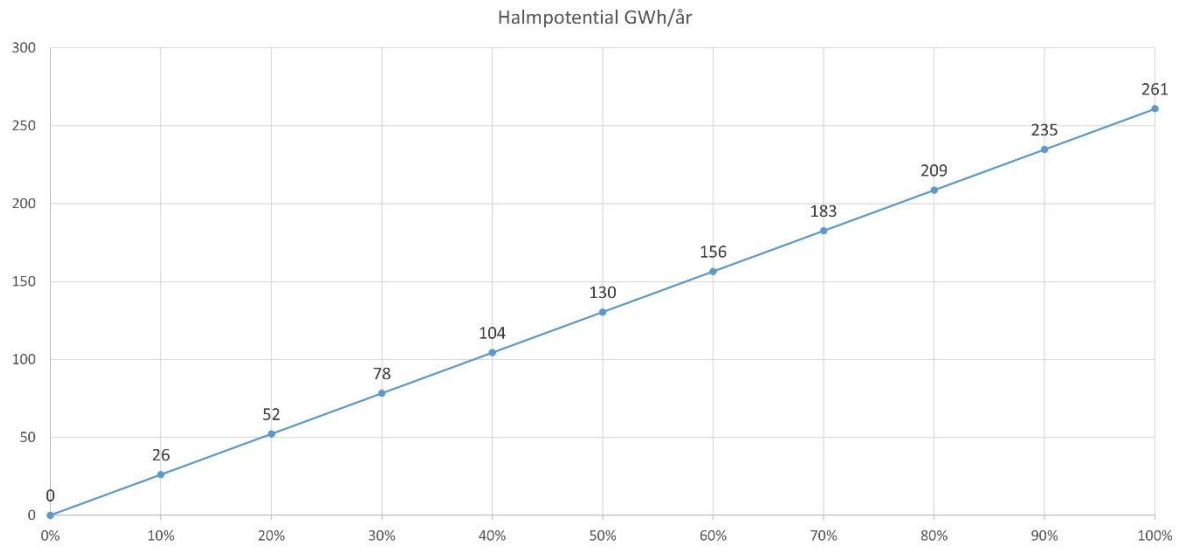
WESTLUND, Å., ROGER, B., LIV, L., och BENGT, B., 2019. *Mer biogas! För ett hållbart Sverige*. Stockholm, Sweden: Statens offentliga utredningar, Inquiry Nr. SOU 2019:63.

Appendix A



	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Ett årig vall [ton DM/år]	57 650	115 300	172 950	230 600	288 250	345 899	403 549	461 199	518 849	576 499
två- till treårig vall [ton DM/år]	78 239	156 478	234 717	312 957	391 196	469 435	547 674	625 913	704 152	782 392
Areal [ha]	8 236	16 471	24 707	32 943	41 179	49 414	57 650	65 886	74 121	82 357

Figur A 1. Biomassapotentialen från vallintroduktion på spannmålsdominerad mark i ton torrvikt per år samt i blått, den areal som tas i anspråk av vallodlingen per år i hektar.



Figur A 2. Halmpotentialen för det studerade området och hur den varierar beroende på hur stor del av den teoretiska potentialen som uppnås i praktiken.