



Östergötlands potential för biodrivmedelproduktion och utökad elektrifiering

Delprojektrapport delprojekt 2- Hållbara transporter i Östergötland

Författare:

Axel Lindfors, Linköpings Universitet
Mats Eklund, Linköpings Universitet
Erika Peltonen Ramkvist, Region Östergötland

Kontaktperson:

Axel Lindfors
013-285620
axel.lindfors@liu.se

Sammanfattning

För att möta bestämmelser om en fossiloberoende fordonsflotta och uppfylla direktivet om förnybar energi krävs en ökad mängd biodrivmedel- och elanvändning i fordon. Dessa mål införlivas genom lokala och regionala initiativ runt om i Sverige. Inhemsk produktion av biodrivmedel för med sig en mängd positiva effekter så som säkrad bränsletillgång, ökad lokal sysselsättning, mer skatteintäkter och en säker avfallshantering av organiskt avfall. För att ge underlag till hur Östergötland bör agera för att bidra till en fossiloberoende fordonsflotta inventeras i denna rapport Östergötlands biomassa- och biodrivmedelpotential samt länets elnätkapacitet.

Studien har applicerat en metod där tidigare studier och intervjuer med sakkunniga legat till grund för datainsamlingen. Därefter har en syntes om hur framtiden för Östergötlands biodrivmedelpotential kan se ut arbetats fram av projektgruppen. Under hela projektets arbetsgång har intressenter varit delaktiga, både med information och data men även i att utforma projektets tillvägagångssätt, upplägg och presentation. Denna höga grad av intressentengagemang bidrar till att resultatet blir mer relevant och att intressenter känner sig mer delaktiga i projektets resultat. Dessutom ökar lärandet från projektet då projektgruppen och intressenter delar med sig mer fritt av erfarenheter och kunskap.

Resultatet visar att Östergötland har goda förutsättningar för ökad biodrivmedelproduktion och ökad elektrifiering av vägtrafiken. Idag kommer större delen av biodrivmedel i Östergötland från primärråvaror eller avfall från hushåll och kommunala aktiviteter. För att realisera en större potential krävs att lantbruks- och skogsbrukssektorerna involveras i högre grad. De mest lovande substraten som inte idag används är flytgödsel, fastgödsel, vall, avloppsvatten från pappers- och massabruk samt skogsrester. Dessa kan tidigt realiseras och tillsammans står de för en betydande del av potentialen. Östergötlands biodrivmedelpotential uppskattas till 3 400 GWh per år. En stor del av denna potential är svårrealiserad och kräver stora insatser om den ska realiseras till 2030.

Elnätets kapacitet i Östergötland identifieras inte som något kortsiktigt problem av elnätsbolagen i Östergötland. Om elnätet får problem att hantera en ökad elfordonsflotta ger detta först upphov till elkvalitetsproblem och sedan att nätet kan slås ut. Gällande personbilar kan hushållsnära laddning medföra att elserviser och transformatorer måste förstärkas i vissa områden (framförallt i förorter och på landsbygden). På längre sikt kan en kraftig ökning av eldrivna fordon göra att kapacitet i vissa lokala elnät måste byggas ut. I dessa områden kan finansiering bli en kritisk fråga då potentiella elbilsägare kan välja att avstå från att byta bil om det medför att de måste betala en högre nätavgift. Samtidigt blir sannolikt icke-elbilsägare inte glada om de måste betala en högre avgift för att andra skaffar elbil i deras område. För tung- och buss trafik kan vissa punkter bli kritiska och kräva stora förstärkningar. Större vägstråk, bussdepåer och rastplatser kommer behöva klara av att flera fordon kan ladda med

hög effekt under samma tid på dagen. På dessa platser behövs sannolikt elnätet förstärkas.

På grund av att elnätsprojekt ofta har lång ledtid visar analysen av resultatet att el bör prioriteras i personbilar och mindre fordon då de påfrestar elnätet mindre. Denna fordonskategori kan även kompletteras med CBG-fordon (komprimerad biogas) och etanolfordon för att uppnå en högre grad av fossilfria fordon. För tyngre transporter pekar analysen på ED95 (etanoldiesel), LBG (förvätskad biogas), HVO och RME. HVO och RME kan redan idag sättas in i tyngre transporter medan ED95 och LBG är några år bort. På detta sätt fås en kontinuerlig ökning av fossilfria fordon fram till 2030 vilket gynnar klimat, miljö och drivmedelsproducenter.

Innehåll

Sammanfattning	ii
Innehåll	iv
1 Inledning	1
1.1 Syfte och avgränsningar	2
1.2 Regionen och den globala marknaden	2
1.3 Ett redan målat papper	3
1.4 Synergier och samproduktionsprocesser	3
1.5 Om potentialer	4
1.6 Användning av drivmedel	4
2 Metod.....	6
2.1 Det undersökta systemet.....	7
2.2 Litteraturstudie	8
2.3 Intressentpåverkan	9
3 Biodrivmedel	10
3.1 Avfall.....	10
3.2 Lantbruk.....	13
3.3 Skogsbruk.....	18
3.4 Akvatiska miljöer	21
4 Sammanställning.....	25
5 Analys	27
6 El och elektrolys	29
6.1 Nätkapacitet	29
6.2 Elkvalitet	29
6.3 Elektrolys med överskottsel.....	30
7 Analys	31
8 Slutsats	33
Referenser	35
Bilaga 1: Beräkningar i detalj.....	39

1 Inledning

De globala klimatförändringarna är en av vår tids stora utmaningar. För att bekämpa detta krävs framförallt en utfasning av fossila energikällor. I Sverige har arbetet med utfasningen kommit långt inom många sektorer, men en sektor där fossila energikällor fortfarande dominerar är transportsektorn (Energimyndigheten, 2018). För att stimulera arbete mot en förändring inom transportsektorn fastställde regeringen år 2012 en proposition att Sverige ska ha en fossiloberoende fordonsflotta år 2030 (Regeringen och Regeringskansliet, 2012). Därtill införs i år det nya bonus-malus systemet för att stimulera nyköp av bilar som drivs på fossilfria och miljövänliga bränslen (Regeringskansliet, 2017). På EU nivå kommer det snart en ny version av direktivet om förnybar energi (eng. renewable energy directive) som även den syftar till att fasa ut fossilbränslen från transportsektorn (Europeiska kommissionen, 2018). Från dessa är det tydligt att det finns en stark nationell och internationell politisk vilja att fasa ut fossilbränslen från transportsektorn, men hur ska detta egentligen göras på lokal och regional nivå? Projektet Hållbara transporter i Östergötland utreder hur en fossiloberoende fordonsflotta skulle kunna bli verklighet för Östergötlands region.

Fossilfrihet på väg, en rapport som ger vägledning till hur Sverige ska uppnå den fossiloberoende vägflotta som bestämdes 2012 (Regeringen och Regeringskansliet, 2012), slår fast att det finns fem strategier som måste införlivas för att uppnå målet. Först behövs utveckling och planering av tillgängliga städer som reducerar transportbehovet. Efter det föreslås infrastruktur- och transportlösningssinitiativ och energiefektiva fordon som används på ett effektivt sätt. Dessa handlar om att reducera mängden bränsle som vi använder, de två resterande strategierna om vilka bränslen vi använder. Nämligen, de slår fast att vi måste öka mängden biodrivmedel och eldrivna fordon.

En inhemsk och regional produktion säkrar bränsletillförseln och tillgången så att en säker övergång till fossilfria bränslen är möjligt. Dessutom kan biodrivmedelproduktion (i detta exempel biogas) bidra till lokala mervärden så som tillgång till biogödsel och säker avfallshantering av biologiska material (Hagman m.fl., 2018). Därav syftar delprojektet till att inventera Östergötlands förutsättningar för biodrivmedelpotential utifrån dess inhemska råvaror och restflöden. Dessutom undersöks om elnätet klarar av en expansion av eldrivna fordon och vilka problem som kan komma att uppstå vid ökad eldrift. Drivmedelpotentialen beräknas för året 2030 eftersom det är året då Östergötland, så som resten av Sverige, ska försöka uppnå en fossiloberoende fordonsflotta.

Denna rapport fokuserar alltså på att utvärdera Östergötlands förutsättningar för att kunna uppfylla de två sistnämnda strategierna för att uppnå en fossiloberoende fordonsflotta. Rapporten ämnar ta fram ett beslutsunderlag, för att i sin tur kunna ta fram handlingsplaner för ökad produktion av biodrivmedel och användning av eldrivna fordon inom Östergötlands län. Rapporten är, som tidigare nämnt, en del av ett större projekt där bland annat även transportmönster, biodrivmedelsstrategier

och Region Östergötlands interna styrning behandlas (läs vidare om projektet på regionostergotland.se¹).

1.1 Syfte och avgränsningar

Syftet med delprojekt 2 i projektet Hållbara transporter i Östergötland är att beskriva hur den framtida biodrivmedelpotentialen kan se ut år 2030 och om elnätets kapacitet klarar av en ökad elektrifiering fram till 2030. Detta kommer göras genom en sammanställning av tidigare arbeten och intervjuer med sakkunniga. Delprojektets resultat syftar även till att bidra till moment i senare delprojekt, speciellt delprojekt 3, 4 och 5.

På grund av relevans, projektets omfång, behovet av detaljrikedom och aleatoriska osäkerheter (slumpmässighet) i framtiden har ett antal avgränsningar varit nödvändiga. Detta har även lett till några begränsningar som är viktiga att peka ut och detta görs löpande i texten om de rör detaljer om enskilda substrat eller analysmoment. En generell begränsning med beräkningar i rapporten är att omvandlings- och distributionsförluster på grund av läckage inte ingått i beräkningarna. Detta eftersom dessa är mycket svåra att uppskatta och att det i många fall är en kostnadsfråga. Att isolera och underhålla system för att minska läckage till en försumbar nivå är något som är möjligt men som på grund av kostnadsfrågan inte alltid görs. För att få till en resurs-effektiv omställning till förnybara bränslen krävs dock att läckage hindras så långt som möjligt varför de blir försumbara i en sådan framtid.

I rapporten används ordet biodrivmedel för de drivmedel som enbart är producerade från biomassa. Där ingår även vätgas gjord genom ångreformerings av biogas eller syngas. Elektrifiering och vätgas gjord genom elektrolys behandlas även i rapporten men räknas inte in i termen biodrivmedel eftersom endast en liten del av Sveriges elproduktion kommer från biomassa.

1.2 Regionen och den globala marknaden

Eftersom projektet ska stå som grund för beslutsfattande på regionalnivå i Östergötland är det främst intressant att inventera Östergötlands egna förutsättningar för biodrivmedelproduktion från egen biomassa. Detta eftersom en ökad och diversifierad biodrivmedelproduktion kan få med sig många positiva mervärden så som säker avfallshantering, energisäkerhet, möjlighet för ekologiskt jordbruk och ökade skatteintäkter från ökad bruttoregionalproduktion för att nämna några (Hagman och Eklund, 2016).

Att begränsa sig geografiskt gällande industriell produktion är dock något som inte är speciellt enkelt. De flesta bränslen och även vissa substrat handlas nämligen på en global marknad. Exempelvis kan produktionsanläggningar i Östergötland importera substrat från Polen, Baltikum eller andra delar av Sverige. På liknande sätt är det långt ifrån säkert att biodrivmedel vars substrat och produktion sker i Östergötland faktiskt används inom länet. Biogas är det enda bränslet som idag är lokalt knytet

¹<https://www.regionostergotland.se/Regional-utveckling/Samhallsplanering/Energi-och-klimat/Hallbara-transporter-i-Ostergotland/>

inom länet eller dess närliggande område på grund av den höga transportkostnaden av komprimerad biogas. Men med utbyggnad av förvätskningsanläggningar och kan biogasen transporteras och handlas i vidare utsträckning i flytande form.

I projektet har biomassapotentialet och således biodrivmedelpotentialet beräknats utifrån biomassa som odlas, växer vilt, slängs eller på annat sätt uppkommer inom Östergötlands landskapsgränser. I de fall då produktion redan sker i Östergötland baserad delvis på importerade substrat har författarna utgått från den del av substratet som antas ha sitt ursprung i Östergötland. Har det inte gått att uppskatta detta har hela dagens tillverkning tagits med i biodrivmedelpotentialet.

1.3 Ett redan målat papper

I Östergötland finns idag redan en mängd produktionsanläggningar för olika biodrivmedel så som biogas i Linköping och etanol på Händelö, Norrköping. Dessutom finns infrastruktur för distribution och försäljning av dessa bränslen. Vi har alltså inte ett vitt papper att jobba med eller besluta utifrån utan vissa drivmedel har fördelar på grund av att viss infrastruktur redan är på plats. Dock kommer en utökad biodrivmedelproduktion och elektrifiering kräva infrastrukturförändringar för alla drivmedel men vissa är större än andra. Biodiesel, till exempel, kräver inte så stora infrastrukturförändringar annat än produktionsanläggningar medan vätgas skulle kräva produktionsanläggningar, distributionssätt och försäljningsinfrastruktur. Utöver det finns redan en mängd dieselfordon som är godkända att köra på biodiesel som skulle kunna gå över till det förnybara bränslet utan att behöva byta motor. För Östergötland är det inga andra drivmedel som har den fördelen.

I denna rapport fokuseras det främst på potentialen som olika bränslen har i en fullt utvecklad framtid. Det är alltså viktigt att komma ihåg att de potentialer som inte är realiserade idag för med sig infrastrukturkostnader och ledtider som inte alltid syns i resultatet som redovisas här. I vissa fall är ledtiderna kanske så långa att det är svårt att ens tänka sig att en förändring ska kunna ske innan 2030. Detta gäller till exempel etableringen av en stor förgasningsanläggning eller förstärkning av majoriteten av Östergötlands elnät. Projektet ämnar spendera mer tid med dessa problem i delprojekt 5 och hänvisar läsaren till denna delrapport för en fördjupad diskussion om olika drivmedelssystemens ledtider och infrastrukturkostnader.

1.4 Synergier och samproduktionsprocesser

En följd av att man delar isär och analyserar substrat var för sig är att det är lätt att missa synergier mellan substraten. I vissa fall kan kombinationer av substrat ge en positiv biodrivmedelavkastning, en avkastning som är större än om substraten skulle hanteras var för sig. På samma sätt kan ett substrat verka orimligt eftersom källorna är för utspridda för att kunna uppnå den skala som behövs. Men om det råkar vara så att substratet kan hanteras samtidigt med ett annat substrat som finns på samma geografiska område kan det bli aktuellt att realisera produktion av båda substraten.

I potentialstudien har synergieffekter inte kvantifierats eftersom det är väldigt osäkert vilka kombinationer som ger positiva respektive negativa effekter på biodrivmedelavkastningen. Dessutom är det svårt att uppskatta hur stor del av de olika substrat-

ten som skulle kunna hanteras samtidigt utan en mer ingående studie i substratens geografiska ursprung. Rapporten tar upp vissa synergieffekter kvalitativt för att de kan spela en viktig roll vid implementering av biodrivmedelsproduktion. Exempel på detta återfinns i kapitel 3.1.2 och 3.2.1.

1.5 Om potentialer

Att beräkna framtida potentialer och ta fram scenarion för framtidens samhälle är otroligt svårt. Osäkerheterna är ofta stora men ändå behandlas ibland prognoser och scenarion som profetior. Osäkerheten kommer bland annat utifrån att man bedömer framtiden med nutidens kunskapsnivå. Framöver kanske det sker genombrott inom olika sektorer eller inställningen till olika tekniker ändras. Denna typ av förändring får ofta scenarion att ändras och prognoser att slå fel.

Varför ska man då beräkna potentialer för framtiden? Anledningen är att riktlinjer och uppskattningar är bra verktyg för att ta beslut hur vi ska agera idag för att påverka framtiden i rätt riktning. Även om vi aldrig kan veta säkert hur framtiden kommer bli är viss kunskap och vissa insikter ändå bättre än att inte ha några alls. Exempelvis kan en framtida potential jämföras med drivmedelsbehovet för Östergötland idag. Visar det sig att biodrivmedelpotentialen och elnätets kapacitet inte räcker till för att stödja en fossiloberoende fordonsflotta behövs stora insatser sättas in redan nu för att de ska kunna stå klara innan 2030. För sådana beslut räcker det med grova storleksordningar och välgrundade uppskattningar, vilket är vad rapporten syftar till att ge beslutsfattare. Resultatet är även användbart ur ett lärandesyfte där tillvägagångssättet också tryckt på att involvera intressenter genom hela projektet för att just stärka lärandet kring resultatet (se kapitel 2.3).

Projektet har följt principen att ungefär rätt är bättre än exakt fel, vi har alltså försökt måla med breda penslar och visa på osäkerheterna där de är som störst. Detaljerna är inte det som ska fokuseras på utan projektresultatet vill förmedla trender och storleksordningar mellan olika drivmedel, substrat och substratområden. Detaljerna är dock tydligt redovisade för att öka transparensen så att rapporten går att kritiskt granska och synpunkter kan framföras och diskuteras.

Rapporten bör ej ses som en plan eller profetia om hur framtiden kommer bli. Istället är rapporten en inventering av den biomassapotential som med nutidens kunskap kan bli biodrivmedel. Utifrån resultatet kan man sedan måla upp en mängd olika scenarion beroende på målsättningar, substratmix och den ekonomiska situationen.

1.6 Användning av drivmedel

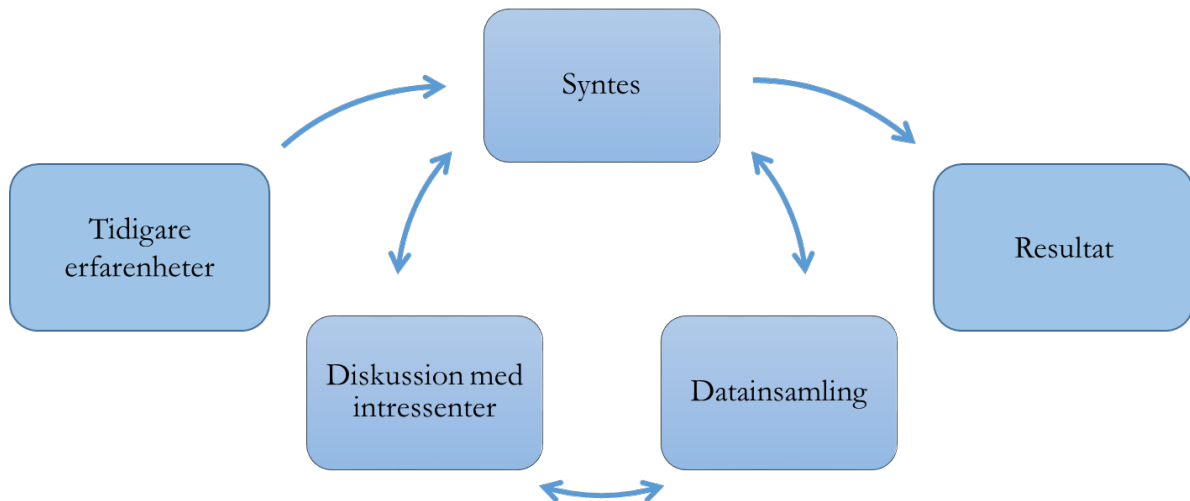
I rapporten förs inga större diskussioner kring hur användandet av biodrivmedel bör ske. Läsaren bör dock vara medveten om att det finns ett antal olika användningsspår för olika typer av fordon. I rapporten tas fem olika drivmedel upp: etanol, biogas, biodiesel (HVO/RME), vätgas och el. Dessa kan sedan användas på olika sätt. Etanol som används i personbilar och mindre fordon är ofta utblandad med en del bensin, så kallad E85. Etanol som används i tyngre fordon är ofta ED95, en etanoldiesel som innehåller 95 % etanol. För biogas är det idag komprimerad biogas (CBG) som används både i tunga som lätta fordon. I framtiden kan detta komma att ändras då last-

bilar inte kan undvara utrymme för att ha stora kompressionstankar på sina flak. Då ses förvätskad biogas (LBG) som en lovande teknikutveckling. Förvätskningen gör även att det blir lättare att transportera biogasen lägre sträckor från produktionsanläggningar till tankstationer. Eldrift sker idag genom batterifordon, men i framtiden kan detta ändras. För framförallt tunga transporter kan det i framtiden bli aktuellt med elvägar som gör att fordon inte behöver ha lika stor mängd batterier ombord. Då kan batterier laddas och motorn köras på elen från infrastruktur längs vägarna. En fortsatt diskussion på detta ämne återfinns i projektets andra delprojekt, nämligen delprojekt 3 och 4.

I delprojekt 3 och 4 återfinns även mer information om bränsleanvändning idag och i framtiden. Idag används ungefär 3 200 GWh bränsle i Östergötland, detta förväntas öka i takt med ökande mobilitetskrav och befolkning. År 2030 förväntas bränsleanvändningen i länet uppgå till 4 200 GWh, varav de största användarna är personbilar, långväga transporter och sjöfarten (se delprojekt 3 och 4 för mer information).

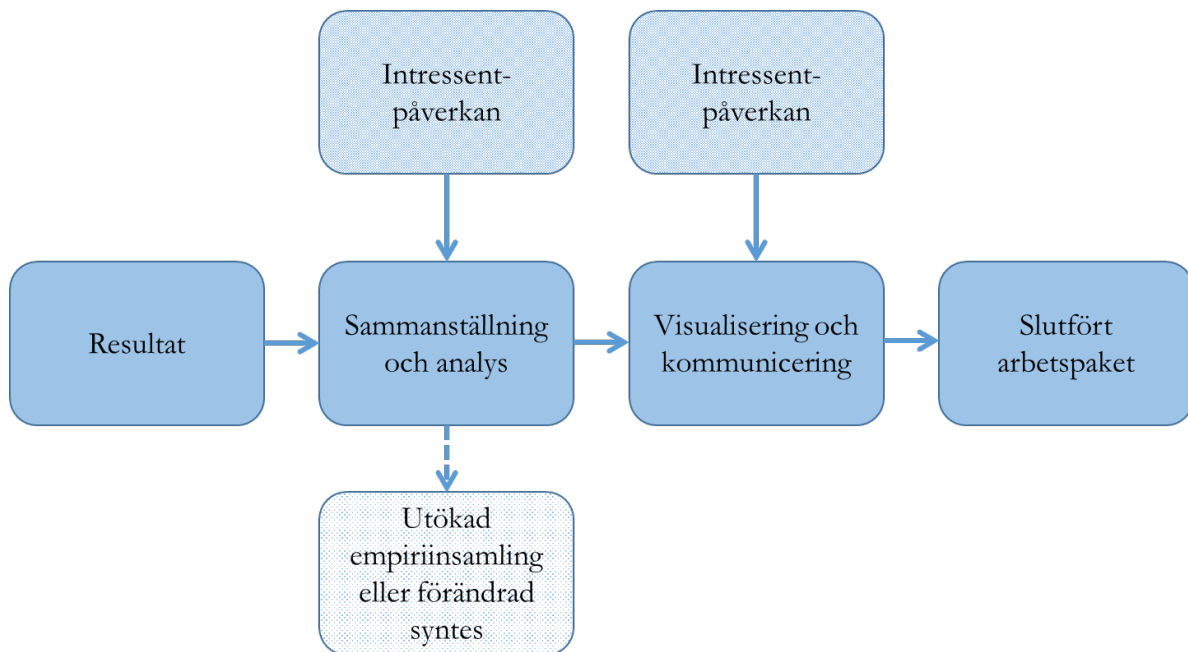
2 Metod

Metoden för delprojekt 2 kan delas upp i två huvuddelar. Syntes och empiriinsamling samt sammanställning och analys av resultat. Syntesen och empiriinsamlingen har följt en abduktiv metod där en kombination av applicering av tidigare studier och teorier samt datainsamling på regional nivå stegvis lett till ett resultat. Processen har varit iterativ med fokus på att tidigt integrera projektgruppens övriga deltagare i projektet samt låta externa intressenter få påverka delprojektet. För en schematisk bild över den första huvuddelen av metoden se Figur 1.



Figur 1. En överblick över hur en syntes av framtiden och empiri om specifika områden iterativt arbetats fram. De tvehövdade pilarna symboliserar att den iterativa processen inte alltid följde en precis ordning utan exempelvis intressenter kunde påverka båda andra delar.

Huvuddel två behandlade sammanställning, analys och visualisering av resultaten framtagna i huvuddel ett. Även här användes intressenter till projektet i ett samskapande syfte. Denna process följde dock en mer linjär modell, se Figur 2. Om projektgruppen eller övriga intressenter upptäckte eller påpekade ett informationsglapp korrigerades detta genom att använda metoden från huvuddel ett.



Figur 2. Tillvägagångssättet för huvuddel två: sammanställning, analys och visualisering av resultatet. Den prickade pilen symboliserar att den användes endast om projektgruppen eller externa intressenter identifierade ett informationsglapp i resultatet. Om detta påträffades korrigerades resultatet genom metoden för huvuddel ett, se Figur 1.

Som kan ses i Figur 1 och 2 har metoden involverat intressenter i hela arbetsprocessen. Delprojektet har således haft ett transdisciplinärt tillvägagångssätt där externa medverkande inte enbart tillfört kunskap till empiriinsamlingen utan även fått medverka i utformandet av arbetsprocessen, sammanställningen och visualiseringen av resultatet. Transdisciplinär forskning kan öka resultatets relevans och stärka forskningens inverkan eftersom intressenter är delaktiga i kunskapsprocessen och därigenom stärks allas förståelse för hur resultatet bör användas (Pohl, 2011). Dessutom ger ett transdisciplinärt tillvägagångssätt mer legitimitet och relevans till arbetet (Lang m.fl., 2012). En anledning till den ökade relevansen och legitimiteten är att deltagarnas ägandekänsla över resultatet ökar.

2.1 Det undersökta systemet

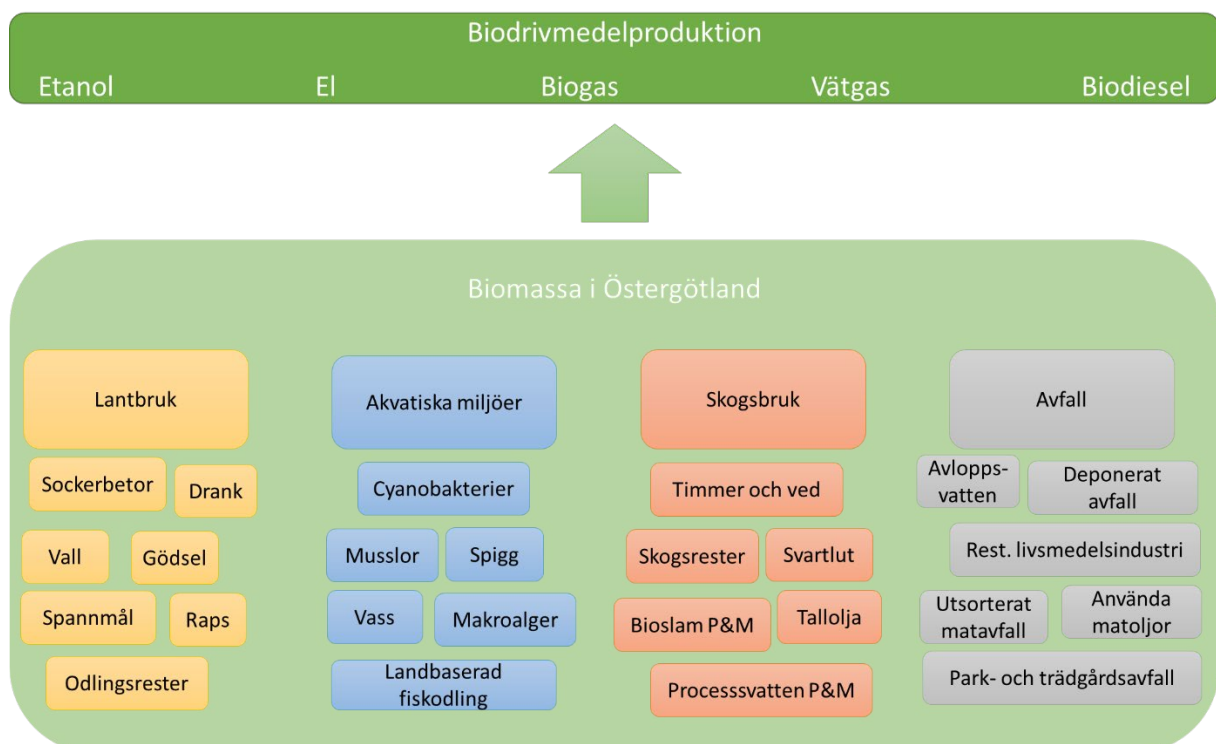
Det mest kritiska att besluta om gällande systemet var vilka substrat och drivmedel som skulle inkluderas. Systemet växte iterativt fram under arbetsprocessen allteftersom projektgruppen identifierade omstruktureringar eller förenklingar som kunde göras. I början av arbetet skapades en första version av systemmodellen utifrån tidigare arbeten inom området (Rydberg m.fl., 2010; Ersson m.fl., 2012; Gustafsson m.fl., 2012; Börjesson m.fl., 2013; Dahlgren m.fl., 2013) samt författarnas tidigare erfarenheter inom området. Detta ledde till ett första utkast för vilka substrat som skulle behandlas och att ett *bottom-up* tillvägagångssätt valdes.

Bottom-up valdes eftersom det är ett bra angreppssätt för att få förståelse om varje enskild process och dess förutsättningar i modellen. Projektets tillvägagångssätt är också ett bra komplement till många av de tidigare nämnda studierna. Då de använt sig av en top-down metodik där man utgått från mål, scenarion eller tekno-

ekonomiska utvecklingsmönster och sedan uppskattas hur exempelvis målen kan uppnås. Den mer grundläggande förståelsen för varje substrat och dess produktionsprocess var viktigt i projektet eftersom vi vill skapa en lokal förståelse för hur dessa substrat kan realiseras till biodrivmedelproduktion. Denna förståelse hoppas ge ett lättare och mer fokuserat underlag för beslutstagare där det är tydligt vilka förutsättningar och potentialer som varje substrat och biodrivmedel har i Östergötland. Det finns även indikationer på att ett bottom-up tillvägagångssätt är mer transparent och lättare att agera efter (Offermann m.fl., 2011).

Den geografiska utgångspunkten är Östergötland men eftersom biodrivmedel och biomassa är en global handelsvara och användningen av biodrivmedel inte kan ses som en helt regionalt knytet aktivitet suddas de geografiska gränserna ut något. Potentialberäkningarna baseras dock på biomassa som uppkommer inom Östergötlands landskapsgränser. För en mer ingående förklaring se kapitel 1.2.1.

Systemet redovisades sedan för projektgruppen och två externa grupper, ett kompetenscenter för biogasforskning samt en forskargrupp inom miljöteknik och systemanalys. Utifrån synpunkter och diskussion reviderades sedan systemgränsen och strukturen på systemet för att bli mer användbar. Systemet reviderades även utifrån kunskap inhämtad ifrån litteraturstudien.



Figur 3. Bild över det studerade systemet. Nederst syns de undersökta substraten inom Östergötland och ovan dessa syns de olika drivmedel som behandlas i rapporten.

2.2 Litteraturstudie

Litteraturstudien gjordes främst för att samla in data, men även till viss del för att relatera delprojektet till relevant teori. Gällande teoribakgrund hämtades detta från vetenskapliga publikationer och böcker medan data hämtades från både vetenskap-

liga publikationer och böcker samt grå litteratur så som, myndighets- och företagsrapporter, lagstiftning, konsultationsrapporter och offentliga beslutsmaterial.

2.3 Intressentpåverkan

Intressentpåverkan och samproduktion av kunskap har varit centralt för projektets metod. Dels kommer detta utifrån att ämnesområdet är väldigt brett och komplext vilket gör att stora osäkerheter är vanliga. Ett sätt att reducera dessa osäkerheter är att ta hjälp av och diskutera dessa med intressenter och sakkunniga. En samproduktion av kunskap och en gemensam definition av forskningsfrågor, projektomfång och problemområde leder dessutom ofta till ökad relevans och transparens av det framtagna resultatet (Lang m.fl., 2012; Brandt m.fl., 2013; Thompson m.fl., 2017). Detta är något som är speciellt relevant för detta projekt då resultatet dels direkt ska användas av projektgruppen i andra delprojekt, men även kommer att behöva vara relevant och tydligt för användare som vill använda underlaget vid beslutsprocesser rörande utfasningen av fossila bränslen i transportsektorn.

Intressentpåverkan har skett på olika sätt i projektet. Under projektets uppstart hölls en dialog om projektets omfång och syfte tillsammans med andra inom projektet. Därtill följer att projektgruppsmöten där projektets resultat visats alltid inkluderat en diskussion och revideringstillfälle för att öka relevansen av och förståelsen för resultatet. På dessa möten har även externa intressenter ibland varit delaktiga så som representanter från kollektivtrafiken, samhällsplaneringen och mobilitetssamordningen. Slutligen har även projektets resultat diskuterats med intressenter från biodrivmedelproduktionen vid två tillfällen. På dessa tillfällen gavs möjlighet för intressenter att komma med reflektioner, data och synpunkter på resultatet och projektet som helhet.

3 Biodrivmedel

Här presenteras tillvägagångssätt, antaganden och resultat för varje enskilt undersökt substrat. Detta görs för att ge transparens till läsaren så att denna ska kunna följa analytiska resonemang och få djupare förståelse för vad som står bakom sammanställningen i kapitel 4 där den sammanlagda potentialen presenteras. Beräkningar presenteras i större detalj i bilaga 1. Substraten har delats in efter områden baserat på var substraten uppkommer, det har lett till fyra områden: Avfall, Lantbruk, Skogsbruk och Akvatiska miljöer. Uppdelningen är gjord för att illustrera var biomassapotentien är lokaliserad och vilka industriella och samhällsprocesser som är knutna till varje substrat.

3.1 Avfall

Avfallsområdet innefattar avfall från hushåll och de industrier som inte innefattas i områdena Lantbruk och Skogsbruk. Det vill säga i området avfall ingår även livsmedelsbutiker, restauranger, slakterier, farligt avfall, osv. Följande substratkategorier ingår i området Avfall: avloppsvatten, avfall från livsmedelsindustri, utsorterat matavfall (hushåll och restauranger), använda matoljor, park- och trädgårdsavfall samt deponerat avfall.

Avfall ses som ett lovande område för biodrivmedelproduktion eftersom råvaran ofta är billig (i många fall får producenten betalt för att hämta avfallet). Dessutom tar avfallssubstrat ingen mark i anspråk till skillnad från skogs- och lantbrukssubstrat. Mängden avfall som finns att tillgå är dock starkt knuten till mängden mänsklig aktivitet i ett område. Detta betyder ofta att potentialen från avfallssubstrat är relativt små i mindre folktäta områden.

3.1.1 Avloppsvatten

På reningsverket sker en hygienisering av slammet, denna process ger upphov till biogas. På de flesta större reningsverk uppgraderas sedan denna biogas till fordonskvalitet men på de mindre anläggningarna blir detta oftast kostsamt. Där är det vanligare att gasen facklas eller förbränns för el- eller värmeproduktion. Eftersom de större reningsverken, som tjänar en majoritet av Sveriges befolkning, redan idag uppgraderar sin biogas, ökar inte produktionen av avloppsbaserad biogas speciellt kraftigt. Mellan år 2005 och 2015 hade biogasproduktionen från avloppsvatten en genomsnittlig årlig ökning på 2,3 procent (Energimyndigheten, 2016).

Dock finns en viss tillväxtpotential i att optimera redan existerande avloppsreningsverk mot att producera mer biogas samt att reningsbehovet väntas öka i samband med ökad stadsbefolkning. Dessutom kan mindre reningsverk potentiellt samuppgradera sin gas om det finns andra närliggande källor av biogas. Exempelvis kan en närliggande gödselrötning med uppgradering göra att reningsverkets biogas blir ekonomiskt lönsamt att uppgradera.

År 2015, producerades 37 GWh biogas från Östergötlands avloppsreningsverk (Anderson och Westling, 2017). Med en genomsnittlig fortsatt ökning på 2,3 procent blir den förväntade ökningen 15 GWh till år 2030 vilket ger en sammanlagd produktion på 52 GWh.

3.1.2 Avfall från livsmedelsindustri

Detta substrat domineras idag av avfall från slakteri- och mejeriindustri. I Östergötland är stora producenter av avfall från livsmedelsindustri exempelvis HK Scan och Arla. Andra potentiella större källor skulle kunna vara bryggerier men i nuläget finns inga bryggerier som uppnår tillräckligt stor skala för att påverka biomassapotentialet markant. I denna kategori hamnar även matavfall från butiker och grossister som kan samlas in och rötas.

Detta substrat rötas vanligtvis i samrötningsanläggningar tillsammans med andra substrat så som matavfall från hushåll, gödsel eller annat. Denna teknik har ökat kraftigt under de senaste åren och förväntas inte fortsätta i samma takt i Östergötland då de lågt hängande frukterna redan är plockade. Istället baseras ökningen på en snittökning för biogasproduktionen i landet under åren 2005-2015, 4,3 procent (Energimyndigheten, 2016). Utan en detaljstudie på livsmedelsföretag och deras förväntningar och förändringsarbeten är det svårt att uppskatta hur denna kategori kommer att förändras över tid men vi anser att snittökningen ger en bra indikation. Denna indikation ligger med största sannolikhet i undre spannet på vad som sannolikt kommer att ske i framtiden då samrötningsökningen har stått för majoriteten av biogasproduktionsökningen under de senaste åren. Avfall från livsmedelsindustri förväntas öka från 63 GWh år 2015 (Anderson och Westling, 2017) till 119 GWh år 2030.

3.1.3 Utsorterat matavfall

Att sortera matavfall från andra avfallsfraktioner möjliggör effektivare rötningsprocess. Bakterier presterar bättre och materialet är lättare att hantera. Utsortering görs oftast vid källan för avfallet, i hushållen eller vid restauranger exempelvis. De vanligaste sorteringsätten i Östergötland är optisk sortering, där matavfall slängs i en speciell typ av soppåse, samt separata kärl, där matavfall hanteras i separata kärl från källan till avfallsanläggningen.

År 2015 beräknas biogasproduktionen från matavfall ligga runt 34 GWh, baserat på rötningsbart avfall i Östergötland (Avfall Sverige, 2016) och Östergötlands kommuners befolkningsstatistik (SCB, 2018a). På grund av att majoriteten av matavfallet samrötas med andra substrat är det svårt att spåra exakt hur mycket biogas som hör till matavfallsfraktionen. Dock tror vi att den beräknade biogasproduktion är rimlig då 34 GWh är lite mindre än det som saknas för att täcka in hela Östergötlands biogasproduktion år 2015 om man drar bort biogas från livsmedelsindustriresten och avloppsvatten. Andra källor till biogasproduktion är idag små i jämförelse med ovan nämnda.

Ökningspotentialen för matavfall ser positiv ut på grund av befolkningsökningen och en stor förbättringspotential är uppsamlingsgraden. Idag går i snitt 56 kg hushållsav-

fall per person och år till biologisk behandling i Östergötland (Avfall Sverige, 2016), år 2030 tror vi att detta kan öka till 97 kg per person där allt går till anaerob rötning (baserat på de kommuner som idag behandlar mest biologiskt avfall per person). Hushållsnära insamlingar, ökad medvetenhet, minskad kompostering och förbränning samt förändrat beteende är nyckelfaktorer till att detta kan ske. Om detta lyckas och med en antagen befolkningsökning på 1,4 procent per år (SCB, 2018b), uppgår biogaspotentialen från utsorterat matavfall år 2030 till 69 GWh.

3.1.4 Använda matoljor

Använda matoljor från storkök och hushåll kan återvinnas för att producera biodiesel. 2012 producerades 4 GWh biodiesel på Tolefors gård från använda matoljor (Ers-son m.fl., 2012). Dock är det svårt och kostsamt att uppnå tillräckligt hög kvalitet för att använda biodieseln som drivmedel och idag används det främst som eldningsolja. Ersson m.fl. (2012) konstaterar även att den produktion som idag finns i Östergötland redan överstiger Östergötlands inhemska potential. Det betyder alltså att en del använda matoljor importeras in från kringliggande regioner. Denna potential förväntas inte öka speciellt mycket till 2030 då det är svårt att få till en effektiv och lönsam insamling och produktion av biodiesel som uppnår kvalitetskraven för drivmedel. Potentiellt skulle en ökad efterfrågan på inhemsk biodiesel och en minskad efterfrågan på utländsk biodiesel gjord på palmolja och PFAD göra att produktionen ökar något till 2030. Sannolikheten för detta bedöms dock som relativt liten då andra substrat anses mer tillgängliga för att mätta en eventuell ökad efterfrågan.

3.1.5 Park- och trädgårdsavfall

Enligt Avfall Sverige (2016) står trädgårdsavfall för 2 procent av hushållens avfall, därtill uppstår en hel del parkavfall från kommunalt och regionalt trädgårdsarbete i parker och naturområden. Av det som görs i renhållningssyfte av trädgårdsarbetare bör allt samlas in men författarna antar att de mesta komposteras eller förbränns.

Utifrån en nationell studie där kommuner utfrågades och 6 av 13 kommuner i Östergötland svarade har ett snittvärde för park- och trädgårdsavfall i Östergötland beräknats till 49 kg per invånare (Stjärna, 2014). Med denna som utgångspunkt skulle idag dessa flöden kunna producera 20 GWh och med folkökningen beräknas detta vara 25 GWh år 2030. Detta förutsätter att mängden grönytor i behov av trädgårdsarbete ökar linjärt med en ökad befolkning. Hushållens trädgårdsavfall samlas inte in på samma sätt som det kommunala och antas dessutom vara svåråtkomligt varför dess potential utelämnas från resultatet. Skulle detta kunna samlas in skulle denna potential 2030 uppgå till 2 GWh, totalt sätt alltså 27 GWh med det kommunala avfallet.

3.1.6 Deponerat avfall

När organiskt material deponeras och sedermera begravs under andra material sker anaerob rötning och bland annat metangas bildas. Gasblandningen från deponier brukar inte kallas biogas utan går oftast under namnet deponigas. Detta eftersom gasen oftast har en lägre metanhalt och är mer förorenad. Detta gör även att kostnaden för uppgradering till fordonskvalitet blir högre än för biogas från en röttkammare.

I Sverige har vi sedan 2005 ett förbud mot att deponera organiskt avfall vilket gör att deponigasproduktionen från våra deponier minskar varje år. Den enda deponin i Östergötland som är aktuell för deponigasutvinning är Häradsudden utanför Norrköping. Där var deponigasproduktionen 1,2 GWh år 2016 (Energimyndigheten, 2017a). Under de senaste 6 åren (mellan 2010-2016) har medelminskningen av deponigasproduktion från Häradsudden varit 6 procent. Med detta som utgångspunkt är den förväntade deponigasproduktionen från Häradsudden år 2030 0,5 GWh.

3.2 Lantbruk

Östergötland är ett landskap med relativt stor andel jordbruksmark relativt andra svenska landskap. Detta gör att Östergötland har speciellt goda förutsättningar för en stor produktion av biodrivmedel från lantbruket. Dock är det viktigt att grödor i första hand går till mat och foder och endast restprodukter från lantbruket bör gå till bränsleproduktion. Detta bygger dels på förväntade politiska beslut (exempelvis direktivet om förnybar energi) och på en biomassahierarki där biomassa bör gå till mat framför bränsle. Det finns dock vissa undantag. För att öka den biologiska mångfalden i Europeiskt jordbruk har EU bestämt att inför EFA områden (sv. ekologiska fokusområden, eng. ecological focus areas). Generellt sätt så gäller det att om du som lantbrukare har mer än 15 hektar jordbruksmark, inom vissa utpekade områden, ska fem procent av denna utgöras av växtlighet som är bra för den biologiska mångfalden (Europeiska kommissionen, 2016). Till exempel kan man sätta mark i träda, anlägga kvävefixerande växtlighet, mellangrödor eller häckar (Scottish Government, 2018). Grödor som odlas på sådan mark är oftast olämpliga som mat och om det odlas i djurfattiga områden kan det vara svårt att hitta lösningar att använda dessa som foder. För dessa grödor kan biodrivmedelstillverkning bli aktuellt. En närliggande biogasanläggning kan ta hand om grödorna och täcka en del av eller ibland hela kostnaden för odling.

Ett exempel på en sådan odling är att odla vallgrödor. Vallgrödor är kvävefixerande och en mellangröda som kan ge ökad avkastning till andra grödor i växtföljden. Dessutom är vallodlingar bra för pollinerare. Vallen har även visats vara en effektiv kolsänka genom att dess rötter binder ner stabilt kol i marken. Tyvärr är det ofta svårt att få till vallodling i grödorotationen i djurfattiga områden eftersom vallen inte har en tydlig avsättning. En biogasanläggning skulle i sådana områden vara gynnsam eftersom den tillåter vallodling med dess mervärden genom att höja vallens värde. Dessutom får bönderna även tillgång till biogödsel då djurgödsel inte är lika lätt att tillgå i odlingsstata jordbrukslandskap.

Därför inkluderas biogasproduktion från vallgrödor som en tänkbar biodrivmedelpotential från primärprodukter från lantbruket. Andra grödor som undersökts (sockerrör, spannmål och raps) är inte godkända för EFA och bör i första hand gå till mat och foderproduktion. Ett undantag från detta resonemang är produktion som redan idag existerar. Detta gäller endast för spannmål då en del spannmål idag går till etanolproduktion i Östergötland. Anledningen till undantaget är att det förmodligen kvarstår en del primärgrödor i gamla produktionskedjor även 2030 medan nya initiativ bör kunna exkludera sådana substrat.

Inom området Lantbruk ingår alltså primär- och restprodukter från jordbruk och djurhållning. Generellt är lantbrukssubstraten utspridda och återfinns i rurala miljöer vilket gör att logistik blir en kritisk faktor för de flesta av substraten. För att lösa logistiska problem behövs samarbeten och gemensamma initiativ från lantbrukare. Detta ger storskalsfördelar som för med sig en minskad kostnad per producerad effekt vilket väger upp för logistikkostnaderna. De substrat som ingår i området lantbruk är: gödsel (fast och flyt), odlingsrester, vall, raps, sockerbetor, spannmål och drank.

3.2.1 Gödsel

Att röta gödsel är ett lovande sätt att öka biogasproduktionen i Östergötland. Östergötland är en, för Sverige, djurtät region med bra förutsättningar för gödselrötning. Detta substrat används redan på flera platser i Sverige och Europa, vilket gör det till en mogen teknik. Dessutom existerar speciella gödselrötningstöd som öppnar upp nya investeringsmöjligheter. Gödsel delas i rapporten upp mellan fastgödsel och flytgödsel. Olika djurhållningssätt och tekniker gör att gödsel från olika gårdar har olika torrhalt. I rapporten har författarna valt att förenkla detta genom att anta att alla nötkreatur och svin ger upphov till flytgödsel, medan får, häst och fjäderfä ger upphov till fastgödsel. Denna förenkling bygger på att de är de vanligaste gödselslagen för dessa djurtyper i Sverige (Linné m.fl., 2008).

Ofta är gödsel utspritt över stora områden och för att använda gödsel för biogasproduktion krävs det att gårdar går ihop för att få till den skala som behövs för att projektet ska bli lönsamt. Dessutom är energidensiteten för flytgödsel relativt låg, vilket gör att det inte är möjligt att transportera gödselsubstrat särskilt långt. Istället behöver rötninganläggningar ligga relativt nära gårdarna där gödsel kan hämtas från. Detta skiljer sig för fastgödsel som är torrare och således har högre energidensitet. Fastgödsel är inte lika geografiskt bundet som flytgödsel och kan transporteras något längre.

Det är viktigt att poängtera att fastgödsel generellt sätt torrötas medan flytgödsel rötas vått. Skillnaderna i tekniken beror främst på att våt rötning kräver att substratet är pumpbart, alltså behöver torrgödsel spädas ut med vatten innan det kan rötas i en våt anläggning. I en torrötninganläggning skyfflas istället gödsel in i rötchammaren vilket kräver att flytgödsel torkas innan det kan rötas i en torrötninganläggning. Därför är det viktigt att undersöka vilken typ av gödsel som är vanligast i området innan man bestämmer sig för vilken rötningsteknik som ska användas.

Biogaspotentialen från fastgödsel beräknas vara 61 GWh och på grund av att denna kan transporteras längre finns stora möjligheter att realisera merparten av potentialen om biogasanläggningar anläggs som kan hantera torrötning. För flytgödsel delas detta substrat upp i en del som antas vara gödsel som kan realiseras snart på grund av att gårdarna ligger i djurhållningskluster. Samt en del där gårdarna är mer utspridda och därför kan behöva förbehandla sin gödsel för att sänka vattenmängden eller vänta på att biogasens värde ökar och marginalkostnaden för substrat blir bättre. Potentialen för flytgödsel uppgår i Östergötland till 234 GWh och av detta antas 50 procent ligga inom kluster där gödselrötning kan bli aktuellt tidigt. Denna pot-

ential kan eventuellt vara högre om samrötningseffekter räknas in. Gödsel har nämligen visat ha goda egenskaper för samrötning med lignocellulosa material så som halm (Tsapekos m.fl., 2017). Andra lantbrukssubstrat och stadsavfall har även de gett positiva resultat i samrötning med gödsel (Mata-Alvarez m.fl., 2014).

3.2.2 Odlingsrester

Odlingsrester är samlingsnamnet som här används för de rester som blir kvar på åkrar efter skörd, exempelvis blast och halm. I Östergötland finns gott om odlingslandskap och därav en hel del biomassa från odlingsrester att ta till vara på. Dessutom finns i odlingsområdena sällan tillräckligt med djur för att producera gödsel, vilket leder till att gödsel måste fraktas längre distanser eller att marken måste gödulas med mer mineralgödsel. Detta gör att rötning av odlingsrester ses som en bra lösning. Biogas kan utvinnas från restprodukter och efter rötning förs näringen tillbaka till jorden som biogödsel. En annan potentiell positiv bieffekt av detta är att uppsamling av odlingsrester på åkrarna också kommer att medföra att frökapslar och delar från ogräs som funnits på åkrarna samlas upp och rötas. Detta kan leda till att åkern följande år blir mindre utsatt för ogräs.

Även om näringen återförs genom rötresterna har författarna valt att beräkna biodrivmedelpotentialen med bärgningskoefficienter i tanken. Bärgningskoefficienten är den koefficient som bestämmer hur mycket av odlingsresterna som man kan föra bort från marken utan att det skadar bördighet och näringsinnehåll i marken. Bärgningskoefficienter för växtslag i Östergötland är hämtade från Henriksson och Stridsberg (1992) och restmängder per sädesslag är från Einarsson och Persson (2017). Eftersom en hel del av halmen idag används som djurfoder, bäddar och som bränsle dras den halmen bort från biodrivmedelpotentialen, det är alltså endast överskottsresterna som ligger till grund för potentialen. Med återförande av näringsämnen genom rötresterna är det möjligt att bärgningskoefficienten kan överskridas något men det har inte inkluderats i rapporten eftersom det inte är säkert att jordbruksmarken klarar detta.

I likhet med gödsel är logistik- och transportkostnader ett stort problem för odlingsresters användning. Därför anses det mer troligt att odlingskluster som har stort behov av biogödsel men saknar närliggande djurgårdar kommer att vara de första som anammar denna lösning. I rapporten antas detta vara 30 procent av odlingsresterna varför detta substrat delats upp i odlingsrester kluster och odlingsrester utspritt. För klusterförhållandena beräknas denna potential till 93 GWh per år och för de utspridda odlingsresterna som är svårare att realisera är biogaspotentialen 217 GWh per år.

3.2.3 Vall

Som diskuterats i kapitlets öppning för vall med sig en mängd positiva effekter till jordbrukslandskap. Dock är reglering och lönsamhet stora problem för vallen. Det är just nu osäkert hur länge bränslen gjorda från vall kan tänka räknas som ett förnybart bränsle enligt direktivet för förnybara bränslen. Kostnader för att så och skörda är dessutom ett problem jämfört med restprodukter där huvudprodukten ofta täcker för

dessa kostnader. EFA (ekologiska fokusområden) bestämmelser tillåter även alternativa användningssätt så som träda vilket kan vara mer kostnadseffektivt för bönderna. För att få igång biodrivmedelproduktion från vall behövs förmodligen politiska ställningstaganden och incitament. Det vill säga att vallens positiva effekter också belönas ekonomiskt.

Det är dock viktigt att sådana beslut inte tas för hastigt då vallens positiva effekter (se kapitel 3.2) minskar per ökad andel mark. Det vill säga, desto mer vall i odlingslandskapen, desto mindre positiva effekter får nästa nya åker med vall. Dessutom bör vallen inte tränga undan för mycket födoogrödor eftersom dessa behövs för självhushållningen och lokalproduktionen i Östergötland och Sverige. På grund av detta har vall delats upp i två poster, en där lika stor areal som den mark som idag ligger i träda används för att odla vall på med syfte att producera biogas från denna. Samt en post där 15 procent av odlingsmarken används till vallodling med syfte att producera biogas. 15 procent antas vara den övre gränsen för hur mycket jordbruksmark som kan tas upp av biodrivmedelsproduktion. Detta betyder inte att den mark som idag ligger i träda byts direkt till endast vallodling utan vallen bör sättas in i odlingsföljder. Om samma produktion av grödor ska behållas behövs att den mark som idag ligger i träda börjar brukas igen (även denna med en odlingsföljd där vall kan ingå). Idag är det ungefär 3,6 procent av odlingsmarken som ligger i träda i Östergötland (Jordbruksverket, 2017a), en sådan andel mark skulle ge en biogaspotential på 191 GWh per år. 15 procent av odlingsmarken skulle ge en potential på 663 GWh per år.

3.2.4 Raps

Raps kan användas i biodieselproduktion, nämligen RME. Raps är en högvärdig gröda och det är därför osäkert hur mycket av grödan som kommer användas till drivmedelsproduktion förutsatt att matproduktion prioriteras över bränsleproduktion. Dessutom är det osäkert hur mycket mer raps som Östergötlands odlingsmark skulle klara av på lång sikt utan att bördighet och markförhållanden försämras.

Det som talar för att raps skulle kunna användas i framtiden är om vissa typer av importerad HVO straffas. Då kan efterfrågan på biodiesel driva priset på råmaterial högt nog för att raps kan bli aktuellt i större grad. Dessutom finns det positiva effekter för rapsodlare att ha en alternativ avsättning för rapsen. Om matoljepriset sjunker ger RME produktion en alternativ avsättning som skapar stabilitet för priset på raps. Potentialen för raps från den areal av mark som idag ligger i träda (3,6 procent) beräknas till 75 GWh per år men i resultatet antas att denna areal används för vallodling (se resonemang i kapitel 3.2 och 3.2.3).

3.2.5 Sockerbetor

Socketor betor tas med i rapporten eftersom det är den gröda som ger bäst biodrivmedelavkastning per hektar mark (Agro Öst, 2012). I likhet med raps är det osäkert om marken klarar av ökad odling av sockerbetor eller vilka grödor som kan konkurreras ut. Dessutom är sockerbetor inte något som odlas i stort omfattning i Östergötland idag (Jordbruksverket, 2017a).

I rapporten är det antagit att åkermark som tilldelas biodrivmedelproduktion bör gå till vallodling (se kapitel 3.2 och 3.2.3) men är det så att efterfrågan på biogas ökar markant och andra substrat tar slut eller används till andra applikationer kan sockerbeter bli aktuellt på grund av den höga avkastningen. Biogaspotentialen för sockerbeter på en areal mark i samma storlek som den som ligger i träda idag (3,6 procent) beräknas till 387 GWh per år. Från sockerbeter är det även möjligt att göra etanol. Med en etanolproduktion uppgår potentialen till 253 GWh per år.

3.2.6 Spannmål

Spannmål är idag det biodrivmedelssubstrat som det används mest av i Östergötland. Spannmålen används för att producera etanol och tidigare biogas (samt djurfoder) vid Agroetanols fabrik på Händelö. Etanolproduktion från spannmål med ursprung i Östergötland beräknades år 2012 vara 440 GWh (Ersson m.fl., 2012). Då utgick författarna från att en tredjedel av spannmålen i Agroetanolsfabrik kom från Östergötland. Med samma antagande applicerat på dagens produktion som ligger på 230 000 m³ (Lantmännen Agroetanol, 2018) skulle detta uppgå till 482 GWh. Det är förmodligen så att en del av dagens etanol är producerad från andra substrat än spannmål då dessa data saknas antas nuvarande produktion ge en indikation över storleken. Dessutom exporteras nästan all etanol producerad i Östergötland utomlands. Detta beror främst på att andra länder har gynnsammare institutionella förutsättningar för att sälja etanol med bra klimatprestanda.

Framtiden för spannmålsbaserad etanol är osäker och svår att förutsäga. Förmodligen introduceras mer restprodukter och cellulosarika material i etanolproduktion vilket minskar behovet av spannmål. Dock kan ökat behov och efterfrågan av etanol driva en ökad produktionsnivå av etanolen vilket kan kräva mer spannmål för att förse behovet. Därav har rapporten valt att anta att användningen blir oförändrad till 2030, alltså 482 GWh per år.

3.2.7 Drank

Drank är i rapporten benämningsnamnet på organiska restmaterial från jäsningsprocesser. I Östergötland gäller detta framförallt etanolproduktion (Agroetanol) och bryggerier (exempelvis Centralbryggeriet och Nääs). Tyvärr är Östergötlands bryggerier idag för små för att rötning ska vara lönsamt och ge betydelsefulla volymer för drivmedelsproduktion. Dranken från bryggerier kan även potentiellt användas som djurfoder, gödslingsmedel, tillsats i blomjord och i brödbakning. Dranken från etanolproduktionen i Östergötland har möjlighet att producera en betydelsefull del biogas i röt-kammare men idag produceras processat djurfoder (DDGS, *Distillers Dried Grain Solubles*).

På grund av den alternativa användningen av drank som djurfoder finns inte så stora potentialer kvar för drivmedelsproduktion. För att det ska bli lönsamt från bryggeriernas processer krävs en ökad skala, något som skulle kunna ske i framtiden men det är idag osäkert vilken skala som skulle kunna få en sådan lösning lönsam samt vilken expansion Östergötlands bryggerier kan ha i framtiden.

Från djurfoderproduktionen på Agroetanolsfabrik bedömdes det 2012 finnas möjlighet att producera 18 GWh från drankvattnet (Ersson m.fl., 2012). Idag släpps en del av drankvattnet ut i avloppsvattnet som sedan rötas i Norrköping kommuns avloppsreningsverk men mycket av potentialen är idag inte realiserad. Potentialen i drankvattnet beror till stor del på etanolproduktionens storlek och hur denna förändras i framtiden. I likhet med etanolproduktionspotentialen i kapitel 3.2.6 är detta fortsatt osäkert och därför antas drankens potential vara densamma år 2030, nämligen 18 GWh.

3.3 Skogsbruk

Området skogsbruk innefattar rester och primärråvaror från skogen och skogsbruksrelaterade industriella processer så som pappers- och massabruk. Generellt sätt så har skogsbrukssubstraten stor potential men hög konkurrens. Det vill säga, den svenska skogen skulle kunna producera väldigt mycket biodrivmedel men större delen av biomassapotentialet används redan idag till alternativa applikationer. Alltså handlar biodrivmedelsproduktion främst om att identifiera tillgängliga lågvärdiga substrat så som restprodukter och avfall.

3.3.1 *Timmer och ved*

Att använda dessa primärråvaror från skogen till biodrivmedel är inte aktuellt. Dagens tillämpningar är mer värdefulla och i likhet med grödor från jordbruket finns redan applikationer som tar tillvara på timmer och ved. Dock finns undantagsscenario, i framtiden kan det bli vanligare och vanligare med extremväder, som följd av klimatförändringar. Vid stormar där skogsmark blir hårt drabbade kan en överproduktion av timmer och ved uppstå då många behöver göra sig av med vindfällan. Då kan en existerande biodrivmedelsanläggning baserad på skogsrester (så som grenar, barr, rötter eller bark) användas för att ta till vara på överskottet. Utöver överproduktion på grund av stormar ses ingen potential att producera biodrivmedel från timmer och ved. Eftersom det är väldigt osäkert hur mycket överproduktion som kan bli samt hur ofta framtidens stormar kan inträffa finns ingen beräkning av denna potential med i resultatet.

3.3.2 *Skogsrester*

Substratet skogsrester innefattar grenar, rötter, bark och barr från avverkade träd. I en förgasningsanläggning kan man producera syntesgas av dessa. Syntesgasen kan i sin tur reformeras till metangas och användas i gasmotorer som bränsle. Syntesgas kan också reformeras till en mängd andra biodrivmedel så som vätgas och FT-diesel². I rapporten antas dock att en förgasningsanläggning i Östergötland skulle satsa på metangas då det i regionen redan finns stor kunskap och intresse kring metangas från andra substrat (biogas) samt att det är den mognaste tekniken i Sverige (se exempelvis GoBiGas utanför Göteborg).

År 2017 avverkades 3 920 000 skogskubikmeter skog i Östergötland (Skogsstyrelsen, 2017). Av dessa var andelen gran 67,8 procent och andelen tall 18,2 procent, reste-

² Fischer-Tropsch är en kemisk process för att omvandla syngas (produktgasen från förgasningsanläggningar) till bland annat diesel.

rande kom från andra typer av träslag och räknas inte med i förgasningspotentialen på grund av härledningssvårigheter och saknad av data. Grenar, toppar, bark och barr från avverkade granar och tallar i Östergötland beräknas då uppgå till 344 496 ton. Detta ger en drivmedelpotential på 1 025 GWh metangas per år, alltså i särklass den största potentialen som finns i Östergötland.

Dock medför storleken på potentialen en stor investeringskostnad. Då tekniken även är avancerad (relativt en röt-kammare) och det inte finns några självklara aktörer som kan bygga upp och sköta större förgasningsanläggningar i Östergötland, är förgasning av skogrester på en storskalig nivå relativt långt borta. En anläggning på 1 TWh produktion kommer dessutom ta lång tid att planera och bygga upp och kommer rimligtvis inte vara på plats innan 2030. Troligtvis kommer mikroanläggningar, pilotanläggningar och modulanläggningar att kunna sättas upp för att ta tillvara på en del av potentialen men det är svårt att förutsäga hur stor del av potentialen som skulle kunna realiseras på så vis varför potentialen redovisas intakt i sammanställningen.

3.3.3 Tallolja

Tallolja är ett potentiellt biodrivmedelssubstrat som uppkommer i pappersmassabruk som använder sig av sulfatmassatekniker. Av talloljan kan sedan biodiesel produceras. Idag används talloljan i sulfatmassabruk för intern energianvändning. Detta gör att talloljan i Östergötland idag är svår att realisera men en ökad efterfrågan och pris som följd av att palmolja, PFAD och växtbaserad HVO fasas ut skulle kunna få Östergötlands tallolja att bli aktuell som ett biodrivmedelssubstrat. Baserat på produktionskapaciteten i sulfatmassabruket i Östergötland på 460 000 ton per år (Bille-rudKorsnäs AB, 2018), och ett råttalloljeutbyte på 30 kg tallolja per ton pappersmassa (Aro och Fatehi, 2017), beräknas biodieselpotentialen till 93 GWh per år. Denna siffra varierar dock beroende på hur mycket pappersmassa som produceras och det är idag osäkert om och hur mycket produktionen kan förändras fram till 2030. Men värdet tros ge en bra riktlinje till hur mycket biodiesel som skulle kunna produceras från tallolja i Östergötland.

3.3.4 Processvatten från Pappers- och massaindustri

I Östergötland finns flera pappers- och massabruk. Dessa bruk använder uppskattningsvis årligen mellan 35-45 miljoner kubikmeter vatten. Av detta antas 75 procent vara processvatten, alltså vatten som kommer i kontakt med organiskt material och alltså går att röta. Enligt Meyer och Edwards (2014) är alla dessa strömmar rötbara men ger olika högt utbyte och är olika lätta att komma åt. Den anaeroba rötningen av processvattnet hjälper dessutom reningen eftersom den reducerar mängden COD³ i vattnet så att industrin kan släppa tillbaka vatten i närliggande vattentäkter. Idag är det vanligare att använda aeroba rötningsteg för att uppnå samma effekt men då produceras ingen biogas.

Baserat på biogasprocessstudier av Karlsson m.fl. (2011) beräknas Östergötlands pappers- och massabruk kunna producera 192 GWh biogas per år från deras processvatten. Denna potential varierar, i likhet med talloljan, beroende på produktionen av

³ Ett mått på den mängd syre som krävs för en fullständig nedbrytning (totaloxidation) av materialet.

papper och pappersmassa. Eftersom de olika bruken använder sig av olika tekniker och producerar olika typer av produkter är det svårt att uppskatta en total potential utan ingående studier på varje bruk. Som sagts i inledningen av denna rapport bör potentialerna endast användas som riktlinjer och för att se relativ storleksordning. Gällande detta är processvatten från pappers- och massabruk en förhållandevis stor potential i Östergötland som dessutom finns koncentrerad till ett litet område vilket bör göra den mer lättåtkomlig än andra mer utspridda substrat.

Rötning av processvatten ses av författarna som lovande för Östergötland men det kvarstår en del hinder. Rening av processvatten ses inte som en kärnprocess och står därför lågt på listan över prioriterade investeringar. Dessutom vill pappersbruken förmodligen inte själva äga en biogasanläggning utan de är mest intresserade av att rena sitt processvatten. För att få till drivmedel från processvattnet från pappers- och massabruk kan det krävas att biogasaktörer etablerar samarbeten med Östergötlands pappers- och massaindustri.

3.3.5 Bioslam från pappers- och massaindustri

Bioslam är en restprodukt från aerob rening av processvatten från pappers- och massaindustri. Bioslammets innehåll och komposition kan variera mycket från bruk till bruk men också från dag till dag beroende på produktionsprocesser och produktionstakt. Bioslammet kan rötas anaerobt för att ytterligare reducera COD² och producera biogas. En sådan lösning kräver mindre investeringar och förändringar av processer än att lägga om hela reningssteget till anaerob rötning.

Potentialen hos Östergötlands fyra pappers- och massabruk beräknas vara mellan 0,2-4,8 GWh per år (i sammanställningen har ett medelvärde valts för att representera storleksordningen). Som syns är variationen otroligt stor och osäkerheterna kring detta substrat är markanta. Dessutom påverkas potentialen av eventuell implementering av anaerob rötning av processvattnet. Om mer vatten rötas anaerob sänks bioslammets biogaspotential. Potentialen försvinner dock inte helt eftersom processvattnet uppehåller sig för kort tid i rötningssteget för att en fullständig rötning ska ske. Om rening sker med anaerob rötning kallas bioslammet istället för digestat eller rötrest.

3.3.6 Svartlut

Svartlut är benämningen på en samling restprodukter från vissa pappersmassabruk. Dessa produkter används idag internt för energiåtervinning och regenerering av kemikalier. För att kunna använda detta substrat krävs alltså en alternativ energikälla för att försörja pappersbruken vilket kan vara svårt att hitta. Svartlut anses därför inte ingå i drivmedelpotentialen för Östergötland för närvarande även om potentialen beräknades uppgå till 1 TWh i en tidigare studie (Ersson m.fl., 2012).

3.4 Akvatiska miljöer

Substrat från akvatiska miljöer är ett relativt nytt och obeprövat område. Därav är en gemensam nämnare för substraten en stor osäkerhet. Men akvatiska substrat har två stora positiva drag som får de att stå ut från andra substrat.

För det första tar de inte land i anspråk på samma sätt som landbaserade substrat då även användning av restprodukter kan få indirekta konsekvenser för den landanvändning som vi idag har. Exempelvis kan ökad lönsamhet för lantbruket eller skogsbruket på grund av ökad användning av deras restströmmar leda till att en ökad produktion är möjlig inom sektorerna. Dessutom utnyttjar några akvatiska substrat även djupet i de akvatiska miljöerna vilket ger en extra dimension att skörda på utöver ytan som används.

För det andra är biodrivmedelproduktion från akvatiska miljöer ett sätt att föra bort näring från akvatiska miljöer och därmed minska övergödningen i våra sjöar, hav och vattendrag. Övergödning är bland de största miljöhoten som våra akvatiska miljöer står inför och biodrivmedelproduktion kan kombinera en nödvändig produkt med bioremediering.

3.4.1 *Musslor*

Blåmusslor växer naturligt i Östersjöns vatten och har bra filtrerande egenskaper. Dessa egenskaper gör blåmusslans remedieringsvärde högt. Biodrivmedelproduktionen sker från odlade blåmusslor, där det finns ett antal olika odlingstekniker, som sedan rötas anaerobt för att producera biogas. Odlingen går vanligtvis ut på att band eller rep placeras ut på en plats där blåmusslor växer naturligt, därifrån växer musslorna fast på banden och kan skördas 18 månader efter att banden lagts ut (Ländin och Ståhle, 2018). Det viktigaste att tänka på gällande odlingsplasten är att vattenomsättningen är tillräckligt hög. Detta är för att undvika syrefattiga bottnar under musslorna som följd av avföring och sedimentering från musslorna.

Musslorna rötas helst utan skal för att minska mängden kalcium i rötresterna och för att öka energidensiteten i rötchammaren (skalet är ej rötbart). För detta krävs förbehandling där skalet separeras från musselköttet. Biogaspotentialen för Östergötlands är mellan 2,59 och 9,89 GWh per år beroende mycket på lokala förutsättningar, osäkerheter gällande metanutbyten och musslornas tillväxthastighet (Ländin och Ståhle, 2018).

3.4.2 *Cyanobakterier*

Cyanobakterier, även kallade mikroalger, är encelliga kvävefixerande bakterier som växer i vattenmiljöer. Under varma somrar är det vanligt att de växer mycket, klumpar ihop sig och bildar ett grönt och giftigt lager på vattenytan, en så kallad algblomning. Det är under sådana förhållanden som anaerob rötning av cyanobakterierna kan vara aktuellt. Anledningen är att det finns stora mervärden, annat än att producera biogas, med att samla upp och använda cyanobakterierna. Algblomningen är nämligen ett problem som påverkar kustens attraktivitet och turism, och alltså har direkt ekonomisk inverkan på kustområden. Dessutom har cyanobakterier en stor

kvävefixerande förmåga och när bakterierna dör och sjunker till botten skapas övergödningssproblem och döda bottnar. Därför skulle ett stort värde finnas i att bara samla upp och föra bort cyanobakterier under säsonger då algbloomningen är som värst.

Biogaspotentialen hos algerna varierar mycket beroende på hur kraftig algbloomningen är på sommaren men det råder även en del osäkerheter om biogasutbytet. En sommar med liten eller ingen algbloomning blir det således ingen biogaspotential men under en sommar med kraftig algbloomning kan potentialen uppgå till 42 GWh per år (Ländin och Ståhle, 2018). Denna potential gäller för kuststräckan mellan södra Öland och norra Stockholms skärgård, alltså mer än bara Östergötlands kust. Denna potential är också beroende på tillgången på oljelänsar (som är den teknik som finns att tillgå för att samla upp cyanobakterierna). Enligt ett antagande att man skulle kunna få tillgång till fem oljelänsar under somrar med medelstor algbloomning skulle potentialen för södra östersjökuststräckan (från Stockholms skärgård till södra Öland) uppgå till 13 GWh per år. Anledningen till att hela kuststräckan tas med i potentialberäkningarna är att materialet troligtvis skulle samlas in som en gemensam insats. Alltså är det inte troligt eller önskvärt att varje region för sig sätter in insatser för att samla upp och rena algerna utan det ligger i alla regioners intresse att samverka kring en sådan lösning.

3.4.3 Makroalger

Makroalger är en grupp vattenlevande fotosyntetiserande växter, vanligtvis kallade tång och sjögräs. Makroalger är i likhet med andra akvatiska substrat ett substrat med stora osäkerheter gällande biodrivmedelpotentialen i Östergötland. De största osäkerheterna gäller hur mycket alger som skulle kunna samlas in utan betydande påverkan på naturliga akvatiska ekosystem samt hur makroalgerna skulle kunna bli lönsamma. Makroalger kan användas för att producera en rad olika bränslen så som vätgas, etanol och biogas (Ländin och Ståhle, 2018). För de arter som växer i Östergötlands kustområden är det dock endast biogasproduktion som undersökts varför det är det bränsle som är aktuellt i rapporten.

Precis som för cyanobakterierna finns det positiva mervärden med att samla in och använda makroalger. Bland annat sprider makroalgerna illaluktande doft när de förmultnar på stränder och klippor. Att röta algerna och sedan utnyttja rötresterna minskar dessutom övergödningen av Östersjön och skapar samtidigt en användbar biprodukt som exempelvis kan ersätta mineralgödsel. Makroalgerna har dock visats sig innehålla något för höga halter av kadmium vilket gör att det inte passar att röta enskilt utan måste blandas ut med andra substrat för att minska kadmiumhalten och tillåta spridning av rötresterna.

På grund av osäkerheterna som beskrivs ovan samt saknad av undersökningar för specifikt Östergötlands kustområden är det svårt att uppskatta en potential för makroalger. Med antagandet att Kalmars kust någorlunda liknar Östergötlands (med linjärt förhållande mellan de båda kuststräckornas längder) uppgår potentialen till 0,4 GWh. Även om denna siffra säkerligen kan skilja med 10 gånger storleken så är det

ändå en liten (och dyr) källa för biodrivmedelproduktion och bör endast användas i samrötningsanläggningen om alger ändå samlas upp i renhållningssyften.

3.4.4 Vass

Bladvass är Nordens största grässlåg och växer längs grunda vattendrag och strandängar. Även om vassen inte bara växer i akvatiska miljöer räknas den till området akvatiska miljöer då vassen växer i eller i närhet av akvatiska miljöer samt har likheter med användningen av andra akvatiska substrat. I rapporten har endast Östersjökusten varit grund för Östergötlands potential men vassängar finns även i sjöar och vattendrag runt om i Östergötland. Dock kunde det inte återfinnas tidigare inventeringar och studier kring mängden vass för hela Östergötland utan endast Östersjökusten. Vassen längst Östersjökusten växer på så kallade havsstrandängar och de är i särklass vanligast längst Bråvikens kuststräcka.

Vassbestånden i Östergötland ökar idag som följd av igenväxning och övergödning. Igenväxningen sker eftersom bete och slåtter på havsstrandängarna och havsnära marker minskat samt att mer näring tillkommer Östersjön (övergödning). För att inte förlora naturvärdet och landskapsvärdet underhålls många havsstrandängar för att skydda just landskapsbilden. Att i samband med remedieringsåtgärder samla ihop och röta vegetationen till biogas ses som en möjlig lösning. Som för de vattenbase-rade växterna får man då positiva mervärden i att områdena blir mer attraktiva och att näring förs bort från områdena (minskad övergödning). Vassen är dock en viktig plats för fåglar och fiskar och det krävs mer kunskap om vilka effekter omfattande vasskörd kan få på ekosystemet kring havsstrandängarna. För Östergötland beräknas havsstrandängarnas biodrivmedel genom anaerob rötning av vass till 5 GWh per år (Ländin och Ståhle, 2018). Förmodligen finns en större potential om strandängarna skördas intensivare men det bör undvikas för att inte skada djurlivet. Dessutom finns förmodligen en utforskad potential i att skörda vass kring sjöar och sötvattendrag som inte tas med i denna studie.

3.4.5 Spigg

Storspigg är en liten, oätbar fisk som lever i Östersjöområdet. Sedan 1990-talet har spiggbestånden ökat kraftigt och det finns risk att detta kan skapa obalans i vissa ekosystem (Ländin och Ståhle, 2018). För att undvika denna konsekvens och för att föra bort näring från Östersjön och därigenom minska övergödningen kan man fiska och röta spigg till biogas. Ett sådant miljöfiske skulle ske mycket selektivt och bör ske på vinterhalvåret. Eftersom spiggen då bildar stim på öppet vatten och då står tätare. Dessutom gör ett kallt klimat att fisken står mer still och är då är de lättare att fånga (Ländin och Ståhle, 2018).

Eftersom produktionen är säsongsbetingad kan det vara bra att samröta spiggen med andra substrat. Dock ska det nämnas att det finns tekniker för att lagra fiskbaserade substrat som inte är så kostsamma. Då väldigt få studier gjorts på rötning av spigg samt ingen studie gjorts på uppfiskning av spigg utanför Östergötlands kust har ingen potential kunnat uppskattas.

3.4.6 Landbaserade fiskodlingar

Landbaserad fiskodling är något som kan bli mer aktuellt i framtiden. Hårdare krav på näringsläckage från odlingarna kan till exempel göra att en landbaserad variant i framtiden blir standard. Fördelen med en sådan odling är att odlingen ingår i ett slutet system där vattnet renas från näringsämnen, fiskavföring och annat (sedermera kallad fiskslam) som blandas med vatten eller sedimenterar i bassängen. Detta material kan sedan exempelvis rötas till biogas i en anaerob rötkammare. Om fisken rensas och paketeras på plats kan även fiskrenset rötas tillsammans med slammet från vattenreningen för en ökad biogaspotential.

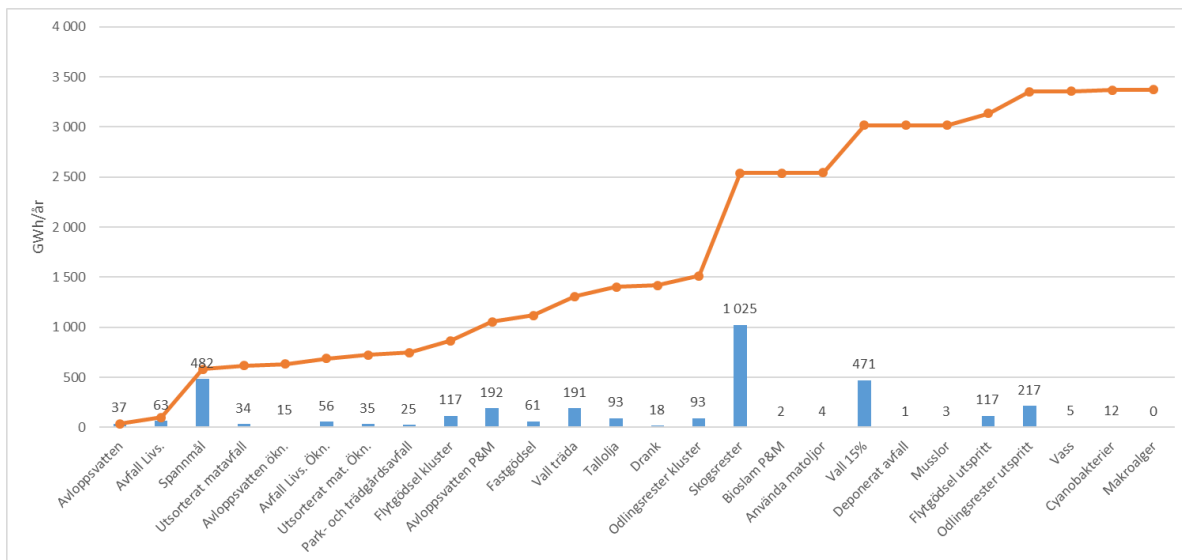
Det är dock väldigt svårt att säga något om potentialen från landbaserad odling eftersom den enbart beror på hur många sådana odlingar som kan tänkas etablera sig i Östergötland. Enligt Roozbeh Feiz (personlig kommunikation, 2018), som forskar på just biogasrötning i samband med landbaserad odling av fisk, är en normalstorlek för en landbaserad odling på 5000 ton producerad fisk per år. En sådan anläggning ger upphov till lika stor vikt fiskslam (5000 ton) och ungefär 15 procent av fisken rensas bort. Baserat på detta skulle biogaspotentialen för en sådan anläggning vara 0,5 GWh per år. Skalas denna typ av anläggning upp, eller blir denna typ av anläggning väldigt vanlig kan denna potential bli en betydande tillgång på biodrivmedel i länet. Men på grund av osäkerheten kring hur många landbaserade odlingar man kan tänkas se i framtiden har potentialen inte kunnat räknas in i sammanställningen.

4 Sammanställning

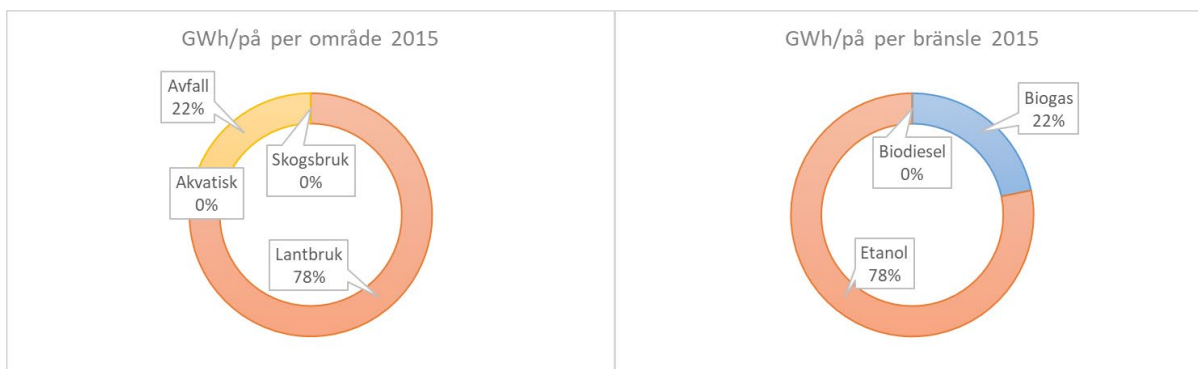
Utifrån substraten som undersöktes i kapitel 3 har en sammanställning gjorts. Sammanställningen ger en bild av biodrivmedelpotentialen för Östergötland och bör inte ses som en prognos för biodrivmedelproduktion. Istället visar sammanställningen en inventering för Östergötlands realiserbara biomassa, realiserbar för biodrivmedelsframställning. Rimlighetsbedömning är något som rapporten inte direkt behandlar. Istället beskrivs hinder, osäkerheter och behov för varje substrat. Rimlighet relativt andra substrat bedöms utifrån projektgruppens kunskap och erfarenheter (se nästa paragraf för en utförligare beskrivning). I de fall då osäkerheter varit så stora att en uppskattning av potentialen ej varit möjlig har substratet uteslutits från sammanställningen, detta bör ej tolkas som en rimlighetsbedömning utan endast att data saknas för detta substrat. Med säker data skulle substratet kunna vara rimligt eller inte rimligt att producera biobränsle från.

Sammanfattningen redovisas i Figur 4 där samtliga substrat där potential kunnat uppskattas finns med. Figuren är uppbyggd på så sätt att längst till vänster är substrat som redan existerar idag (till och med spalten *utsorterat matavfall*). Efter det följer ökning av existerande potentialer, baserat på deras historiska utvecklingar (till och med spalten *utsorterat mat. ökn.*). Därefter kommer resterande tänkbara substrat som rangordnas från lågt hängande frukter till substrat som kräver mycket förändring och innovation för att realiseras. Denna rangordning baseras på substratets potentialstorlek, ekonomisk rimlighet, institutionella villkor och teknisk mognad. Dock är det viktigt att nämna att potentialer i verkligheten realiseras gradvis och i vissa fall parallellt med varandra. Exempelvis kan det vara en lägre frukt att realisera fem procent av odlingsresterna än all fastgödsel, även om fastgödsel placeras tidigare i grafen.

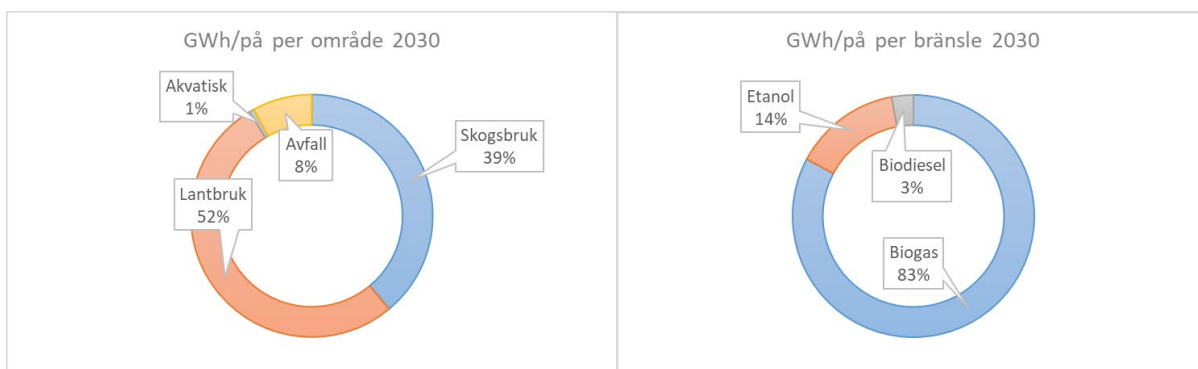
2015 uppgick produktionen av biobränslen som kunde använts som biodrivmedel till cirka 620 GWh per år och med endast en ökning av existerande potentialer blir potentialen år 2030 720 GWh. Den totala biodrivmedelpotentialen uppgår till ungefär 3 400 GWh år 2030, med hänsyn till att produktionen inte har markant negativ påverkan på sociala förutsättningar eller miljön.



Figur 4. En sammanställning av biodrivmedelpotentialer från de substrat som behandlas i kapitel 3, resultat. De substrat som inte gick att uppskatta en potential för inkluderas ej. Den orangea prickade grafen markerar den aggregerade biodrivmedelpotentialen. Den totala aggregerade potentialen för biodrivmedelsproduktion i Östergötland är cirka 3 400 GWh.



Figur 5. Till vänster: Biodrivmedelproduktionen år 2015 uppdelat per område som substratet grupperats inom. Till höger: Biodrivmedelproduktionen år 2015 per bränsleslag i Östergötland.



Figur 6. Till vänster: Den totala biodrivmedelpotentialen år 2030 uppdelat per område som substratet grupperats inom. Till höger: Den totala biodrivmedelpotentialen år 2030 per bränsleslag i Östergötland.

5 Analys

Utifrån sammanställningen (Figur 4) går det att se att det finns ett antal outnyttjade substrat med stor potential i Östergötland. Dessa är flytgödsel, vallgrödor, avloppsvatten från pappers- och massabruk samt odlingsrester. Dessutom finns en potential som sticker ut storleksmässigt, nämligen skogsrester. Samtliga av dessa potentialer, förutom avloppsvatten från pappers- och massabruk, kommer troligen realiserats gradvis. Det vill säga, produktionen från dessa substrat kommer gradvis att öka, inte gå från inget till väldigt mycket med ett ingrepp. Gällande avloppsvatten från pappers- och massabruk kommer denna potential förmodligen realiserats trappstegsvis. Om de två stora bruken i Östergötland anammar anaerob rening med biogasproduktion kan nästan hela potentialen realiserats direkt.

Om målet är att snabbt realisera en stor mängd biodrivmedel i Östergötland är det främst ovan nämnda substrat som bör satsas på. Här bör även fastgödsel och tallolja nämnas. Deras potentialer är inte lika stora som den första kategorin av substrat men de är energirika substrat och står för en icke-försumbar del av Östergötlands biodrivmedelpotential. Figur 6 visar att en stor framtida biodrivmedelproduktion i Östergötland kräver att lantbruk och skogsbruk involveras i biodrivmedelproduktionen. Detta ska så klart inte komma på bekostnad av primärråvaruproduktionen från sektorerna utan kommer i majoritet från restflöden så som avloppsvatten, gödsel och bark. Det är restflöden (och i vissa fall primärråvaror) från lantbruket och skogsbruket som i särklass innehar de största potentialerna för framtida biodrivmedelproduktion i Östergötland (se Figur 6).

I Figur 4 syns det att dagens biodrivmedelproduktion till stor del är beroende av primärråvaror och kommunala aktiviteter (exempelvis, matavfall från hushåll och avloppsvatten). För att ändra den trenden och uppnå en större potential än idag krävs att primärråvarorna byts mot restflöden och att områden utanför det som oftast hör till kommunal aktivitet satsar på biodrivmedel. Dessa är två stora makrohinder som biodrivmedelproduktionen står inför om man i framtiden vill uppnå en stor ökning av produktionen.

Ett sätt att öka biodrivmedelproduktionen i sektorer som lantbruk och skogsbruk är att öka efterfrågan på biodrivmedel och på så sätt göra det mer attraktivt för företag inom dessa sektorer att investera i biodrivmedelproduktion. Tittar man var den stora bränslepotentialen finns så står biogas ut från andra bränslen (Figur 6). Ska man alltså styra efterfrågan mot något biodrivmedel bör det satsas på biogas då Östergötland kan realisera mer mängd biodrivmedel innan maximal potential uppnås för drivmedlet. Här ska man dock iakttä att vissa substrat kan användas till att producera olika bränsleslag (exempelvis skogsrester). I studien har antaganden om vilket bränsle som troligtvis produceras av substraten antagits baserat på författarnas och intressenters erfarenheter och kunskap om teknikmognad och ekonomisk rimlighet. Detta kan dock i framtiden förändras men baserat på dagens kunskap så har det mest troliga bränslet valts. Dessutom bör det sägas att det i framtiden kommer behövas en mix av många olika bränslen för att byta ut dagens fossila bränslen. Men för att und-

vika att behöva importera dyra och ibland icke miljövänliga biodrivmedel från utlandet kan det vara intressant att känna till den inhemska potentialens gränser.

Ungefär 83 procent av den totala biodrivmedelspotentialen består av biogas, denna potential uppgår till ungefär 2 800 GWh. Som sagt kan vissa substrat användas för att producera alternativa drivmedel men faktum är även att biogas kan ångreformas till vätgas. Effektiviteten för reformering av metan är 65-70 procent (Holladay m.fl., 2009)⁴. Detta ger en vätgaspotential på 1800-1940 GWh per år. Här är det viktigt att notera att drivlinan för ett vätgasfordon är mer effektiv (50-60 procent) än biogasdrivlinan (20 procent) vilket gör att energi som förloras i ångreformen kan vinnas i drivlinan hos fordon.

⁴ Modifierad för kommersiell skala.

6 El och elektrolys

El som drivmedel skiljer sig i sin karaktär från de tidigare diskuterade biodrivmedelena. När biodrivmedelena kommer från fondresurser (resurser som är förnybara men ändliga om de inte hanteras på ett hållbart sätt) kan el produceras från alla resurstyper (lagerresurser, fondresurser och flödesresurser). Det är alltså inte lika lätt att uppskatta potentialen av resurser som skulle kunna omvandlas till el eftersom flödesresurser för elproduktion i Sverige finns i överflöd. Det handlar endast om var man vill sätta upp produktionsanläggningar, kostnaden för dessa och hur distributionen ska se ut. Begränsningarna för elproduktion ligger alltså inte i resurstillgången utan i nätkapaciteten, elkvaliteten på nätet samt de infrastrukturförändringar som måste till för att öka elproduktionen och användningen i landskapet.

6.1 Nätkapacitet

I Östergötland finns fyra nätoperatörer, E.ON Energidistribution, Tekniska Verken, Mjölby Kraftnät och Vattenfall Eldistribution. I allmänhet skiljer sig inte Östergötlands elnät från andra delar av Sverige utan är uppbyggd på samma sätt. Stamnätsstationer transformerar el från högspänning till regionnätspänning som sedan går ut till lokala nät.

I intervjuer med elnätsbolagen har det visats sig att det inte tror att elnätet i Östergötland inte har någon kortsiktig kapacitetsbrist. På vissa lokala platser finns höglastsituationer men det är inget som är vanligt förekommande i regionen. Näten i vissa delar av Östergötland (så som Tekniska Verkens nät) överdimensioneras även för att klara av eventuell expansion. I villaområden, förorter och på landsbygden är elserviser anpassade efter 25 amperes säkringar vilket kan innebära att en förstärkning av dessa nät behöver ske för att tillåta en stor andel elbilar i dessa områden.

I allmänhet syns det på kort sikt inga tecken på att det skulle kunna bli kapacitetsbrist i Östergötlands nät. Dock finns det en risk på lång sikt att en kraftig ökning av elbilar i lågspänningsområden kan kräva förstärkningar av de nuvarande näten och framförallt serviserna.

6.2 Elkvalitet

Elkvalitet är kanske ett ännu mer aktuellt problem för elnätet och elproducenter ifall Östergötland skulle få en markant större andel elbilar. Elkvaliteten kan försämrans om spänning eller frekvensen på elnätet skiljer sig mellan olika delar av nätet. Exempelvis kan de olika faserna i elnätet hamna ur synkronisering och i olika frekvensintervaller vilket skulle ge försämrad elkvalitet. Anledningen till att elkvaliteten skulle kunna försämrans av elbilar är att hemmaladdning ofta sker på enfasladdare. Dessa kan, om de är tillräckligt kraftiga eller många, skapa en obalans där en fas arbetas hårdare och hamnar ur synkronisering från de andra. Också om det finns många i samma lokalnät som har enfasladdare på samma fas kan detta bli ett problem. För att

avvärja problemet kan trefasladdare användas eller så måste det säkerställas att enfasladdare kopplas jämnt över alla trefaser i samma lokalnät.

6.3 Elektrolys med överskottsel

I framtiden kan elproduktionen komma att fluktuera mer då mer och mer intermittent produktion förs in i elsystemet (exempelvis sol-, vind- och vågenergi). Detta kan leda till att under vissa timmar vissa dagar blir elkostnaderna väldigt låga då elproducenterna måste göra sig av med den el de producerar. Under dessa timmar skulle man eventuellt kunna använda elen till elektrolys för att producera vätgas. Denna vätgas kan antingen användas som ett lager och sedan användas i en bränslecell när solen går i moln eller det är lite vind. Eller så kan vätgasen användas som drivmedel i bränslecellsbilar.

I Östergötland fanns år 2016 142 vindkraftverk som hade en installerad kapacitet på 172 MW och en årsproduktion på 400 GWh (Energimyndigheten, 2017b). Enligt Energikontoret i Mälardalen (2016) planeras ytterligare 100 vindkraftverk i länet. Men ett antagande att de nya turbinerna är större skulle den framtida produktionspotentialen från vindkraftverk kunna uppgå till 800 GWh per år.

Solelsproduktion är svårare att uppskatta eftersom det är en ännu mer decentraliserad elproduktion än vindkraftverk. I Östergötland finns tusentals potentiella solelsaktörer, allt ifrån privatpersoner till fastighetsägare och elproducenter. Därav har ingen uppskattning gjorts för solelspotentialen i framtiden.

7 Analys

Om målet är att uppnå en fossilfri fordonsflotta i Östergötland till 2030 krävs alla tillgängliga drivmedel och el tar ofta en större roll i framtida scenarion. Inom de närmaste åren verkar inte Östergötlands elnät utgöra något problem (utom på vissa lokala platser). Dock kan en stor ökning av eldrivna fordon få konsekvenser på lokalnät i villaområden, förorter och på landsbygden där faskontroller, förstärkning av elserviser och i vissa fall nya transformatorer blir nödvändiga. För att tidigt få till en stor omställning kan det krävas att sådana projekt initieras redan nu eftersom infrastrukturomställning av karaktären som en elnätsreovering ofta tar lång tid att genomföra. Ett mindre lokalt område tar omkring ett år medan en större tätort eller landsbygdsområde kan ta mellan fem till tio år. För en riktigt stor omställning till eldrift i stadsmiljö där man också tänker att bussar och godstrafik drivs i majoritet av el krävs förmodligen ingrepp i tätortsnäten också.

Elkvalitet ses som ett mer närliggande problem som kan uppstå i lokala nät där många ställer om till eldrift. Problemet går dock att undvika genom att förstärka nätet och se till att fördela effekten jämt mellan alla tre faser. Ett potentiellt socialt problem är vem som ska stå för kostnaden av förstärkningen av elnätet. Om privatpersoner som skaffar elbilar tvingas göra det kan det leda till att många väljer att avstå ett byte och hålla kvar vid sin fossildrivna bil. Tvingas istället området betala genom att elnätsägaren höjer sina elnätspriser kan personer som inte bytt till elbil känna sig orättvist behandlade. Det samma gäller om kommunala eller regionala organisationer genom skattepengar skulle subventionera elnätsförstärkningar. Om vi vill ha en diversifierad fordonsflotta i framtiden där en kombination av olika drivmedel förser våra fordon med bränsle kan en beskattning eller områdestaxa få många att byta till elbil framför andra förnybara och miljövänliga drivmedel. Detta kan i sin tur betyda att nät och produktionsinfrastruktur behöver byggas ut ytterligare.

Ett problem som lyftes av intressenter och projektmedlemmar efter intervjuerna med elnätsföretagen är huruvida elnätet klarar av storskalig elektrifiering av busstrafik och godstransporter. Godstransporter kräver ännu större effekt än personbilar och laddar ofta under samma tidpunkt på dygnet (lunch, middag, fikaraster, etc.). Detta betyder att en effekttopp kan ske på vissa koncentrerade ställen längs de stora transportlederna som kan göra att det kommer krävas stora förstärkningar av elnätet längs dessa leder. Bussar likaså behöver också infrastruktur som kräver höga effekter men laddningen kan lättare styras så att bussarna laddar på natten då effektbehovet från hushåll, lokaler och industrier är lägre.

Undersökningen i rapporten har utgått från eldrift baserat på endast batteridrift. Dock finns ett alternativt tekniskspår i elektrifierade vägar som skulle kunna bli aktuellt för vissa vägstråk i Östergötland. Författarna resonerar dock så att elektrifierade vägar har liknande betydelse för elnätet och dess kapacitet. En elektrifierad väg kommer betyda omfattande utbyggnad av elnätet längs vägen i kopplingen mellan elvägen och närliggande elnät.

Elektrolys med överskottsel är väldigt svårt att bedöma om det skulle bli aktuellt i framtiden. Det är inte säkert att en stor intermittent produktion skulle leda till stora mängder överskottsel eftersom andra lagringsmöjligheter kan komma att effektiviseras. Dessutom kan en fortsatt integrering av det Europeiska elnätet leda till att ojämn produktion kan jämnas ut mot andra delar av Europa. Man kan tänka sig att det kanske blåser kraftigt i Sverige men i Tyskland är det lugnare väder. Då kan överskottsel från Sverige säljas till tyska användare. Utöver detta finns problem med hur man ska få lönsamhet i överskottselproduktion då denna överskottsel kanske bara finns tillgänglig under ett fåtal dagar om året men man gärna vill producera och sälja vätgas under hela året.

8 Slutsats

Utifrån biomassainventeringen och elnätstudien kan man se att Östergötland har goda förutsättningar för inhemsk biodrivmedelproduktion och eldrift. Gällande biodrivmedelssubstrat sticker flytgödsel, fastgödsel, vall, avloppsvatten från pappers- och massabruk samt skogsrester ut som stora och lovande substrat att i framtiden realisera. Östergötland har redan en betydande produktion av biodrivmedel sett till sin befolkningens mängd och Sveriges enda storskaliga etanolfabrik. Regionen har dessutom lång historik av användning av biodrivmedel i kollektivtrafik och personbilar. Detta gör att infrastruktur för vissa biodrivmedel redan existerar i Östergötland vilket förenklar framtida omställningar. Sammanlagt uppgår biodrivmedelpotentialen för Östergötland till 3 400 GWh. Detta kan jämföras med att det år 2030 beräknas åtgå ungefär 4200 GWh bränsle i länet (av detta beräknas cirka 900 till sjöfarten, detaljerad information om bränsleåtgången återfinns i delprojektrapport 3 och 4). Det är alltså ungefär 80 % av bränslebehovet som kan täckas med inhemska bibränslen. Dock bedöms mycket av denna potential som svårrealiserbar och läsaren hänvisas till kapitel 3 och 4 för att själv göra sig en bild av vilka substrat som kan realiseras i framtiden och i vilken grad.

I nuläget är det främst avfallsbaserade substrat, kopplade till hushåll, regionala eller kommunala aktörer, samt primärgrödor som står för den stora biodrivmedelpotentialen. För att uppnå en hållbar och betydande mängd biodrivmedel krävs det att aktörer inom lantbruk och skogsbruk engageras i biodrivmedelkedjan. Avfall från dessa sektorer blir kritiska i framtiden om en stor biodrivmedelsproduktion ska realiseras i Östergötland. Att röta akvatiska substrat ses som ett lovande komplement till remedieringsaktiviteter som ändå görs, så som att röja vass på havssträndängar eller samla in tång längs stränder. Dock har akvatiska substrat stora problem med lönsamheten om de inte kan hitta försäljningsmodeller där de också kan få betalt för remedieringstjänsten.

Av den totala potentialen på 3 400 GWh står biogas för ungefär 2 800 GWh. Vissa substrat kan även användas för att producera alternativa bränslen så som etanol eller biodiesel men har i rapporten antagits som biogassubstrat. Antaganden om vilket bränsle som förmodligen skulle produceras bygger på bedömningar av ekonomisk rimlighet, teknisk mognad och tidigare erfarenheter. För en stor ökning av biodrivmedelsanvändningen bör alltså biogas premieras eftersom man kan få till störst inhemsk produktion innan maximal potential nås.

Elnätet i Östergötland bedöms inte kortsiktigt ha några kapacitetsproblem för en ökning av elbilar men en markant ökning av eldrift kan få konsekvenser på elnätet. Gällande personbilar är elnätskvaliteten det första problemet som ses. Om många användare i lokala nät byter till eldrift med enfasladdare kan det uppstå ojämnheter i de lokala elnäten som kan leda till att elkvaliteten försämras. Hemladdning i de flesta villaområden, förorter och på landsbygden kräver även att elservisen förstärks med en kraftigare säkring. En större elektrifiering av fordonsflottan leder till att näten längs de stora transportlederna behöver förstärkas för att hantera effekttoppar från

laddning av lastbilar. Det leder även till att det kan bli aktuellt att förstärka näten i tätorterna vilket kräver mycket större ingrepp än för de lokala näten. För detta är det viktigt att komma ihåg att planering och genomförande av dessa ingrepp kan ta fem till tio år.

Östergötland har alltså bra förutsättningar för att tidigt komma igång med en omställning av transportsektorn. På grund av att tunga transporter kan medföra ett större ingrepp på elnätet anser denna rapport att elektrifieringen i första hand bör ske för personbilar och lättare fordon. De behöver inte lika hög effekt och laddas mer utspjitt än tyngre transporter som ofta laddas under samma tid på dygnet och på ett fåtal platser. Batteriteknik och elvägar för tyngre transporter är dessutom längre bort än batteriteknik för personbilar som redan idag har en kommersiell framgång. Lättare fordon bör också köras på CBG och etanol då lastutrymmet ofta är mindre kritiskt på en personbil och etanol inte lämpar sig för tyngre fordon. För de tyngre transporterna pekar analysen på att ED95, LBG och HVO/RME bör användas. Tidig omställning kan redan idag göras via HVO och RME medan en större tillgång av LBG och ED95 ligger några få år bort i tiden. På så sätt fås en kontinuerlig omställning som gynnar klimat, miljö och samhälle redan innan 2030.

Referenser

- AGRO ÖST, 2012. *Uppdatering av förnybar energi i Östergötland 2012*.
- AMMENBERG, J. och FEIZ, R., 2017. Assessment of feedstocks for biogas production, part II—Results for strategic decision making. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 122, Nr. Supplement C, s. 388–404.
- ANDERSON, S. och WESTLING, N., 2017. *Samhällsekonomiskt värde av biogas - En studie av nyttan med biogas i Östergötland*. 2050 Consulting.
- ARO, T. och FATEHI, P., 2017. Tall oil production from black liquor: Challenges and opportunities. *Separation and Purification Technology*, Vol. 175, Nr. Supplement C, s. 469–480.
- AVFALL SVERIGE, 2016. *Hushållsavfall i siffror - Kommun- och länsstatistik 2015*. Avfall Sverige, Nr. ISSN 1103-4092.
- BERNESSON, S., NILSSON, D., och HANSSON, P.-A., 2004. A limited LCA comparing large- and small-scale production of rape methyl ester (RME) under Swedish conditions. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 26, Nr. 6, s. 545–559.
- BILLERUDKORSNÄS AB, 2018. Skärblacka - BillerudKorsnäs [internet]. Tillgängligt: <https://www.billerudkorsnas.se/om-billerudkorsnas/vara-produktionsanlaggningar/skarblacka/> [Hämtad 2018-4-17].
- BRANDT, P., ERNST, A., GRALLA, F., LUEDERITZ, C., LANG, D.J., NEWIG, J., REINERT, F., ABSON, D.J., och VON WEHRDEN, H., 2013. A review of transdisciplinary research in sustainability science. *Ecological Economics*, Vol. 92, s. 1–15.
- BÖRJESSON, P., LUNDGREN, J., AHLGREN, S., och NYSTRÖM, I., 2013. *Dagens och framtidens hållbara biodrivmedel*. Nr. f3 2013:13.
- BÖRJESSON, P., PRADE, T., LANTZ, M., och BJÖRNSSON, L., 2015. Energy Crop-Based Biogas as Vehicle Fuel—The Impact of Crop Selection on Energy Efficiency and Greenhouse Gas Performance. *Energies*, Vol. 8, Nr. 6, s. 6033–6058.
- BÖRJESSON, P. och TUFVESSON, L.M., 2011. Agricultural crop-based biofuels – resource efficiency and environmental performance including direct land use changes. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 19, Nr. 2, s. 108–120.
- CARLSSON, M. och ULDAL, M., 2009. *Substrathandbok för biogasproduktion*. Svenskt Gastekniskt Center.
- DAHLGREN, S., LILJEBLAD, A., CERRUTO, J., NOHLGREN, I., och STARBERG, K., 2013. *Realiserbar biogaspotential i sverige år 2030 genom rötning och förgasning*. Malmö: Avfall Sverige, Nr. B2013:02.
- DURET, A., FRIEDLI, C., och MARÉCHAL, F., 2005. Process design of Synthetic Natural Gas (SNG) production using wood gasification. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 13, Nr. 15, s. 1434–1446.
- EINARSSON, R. och PERSSON, U.M., 2017. Analyzing key constraints to biogas production from crop residues and manure in the EU—A spatially explicit model. *PLOS ONE*, Vol. 12, Nr. 1, s. e0171001.
- ENERGIKONTORET I MÄLARDALEN, 2016. *Förstudie - Vindkraft i Östergötland*.

- ENERGIMYNDIGHETEN, 2016. *Produktion och användning av biogas och rötresten år 2015*. Eskilstuna: Energimyndighet, Nr. ES 2016:04.
- ENERGIMYNDIGHETEN, 2017a. *Produktion och användning av biogas och rötresten år 2016*. Eskilstuna: Energimyndighet, Nr. ES 2017:07.
- ENERGIMYNDIGHETEN, 2017b. Geografisk statistik 2016 [internet]. *Energimyndigheten.se*. Tillgängligt: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/marknadsstatistik/ny-sida/geografisk-statistik/> [Hämtad 2018-5-25].
- ENERGIMYNDIGHETEN, 2018. *Energiläget 2017*. Bromma, Sweden, Nr. ISSN 1404-3343.
- ERSSON, C., EKLUND, M., AMMENBERG, J., och IVNER, J., 2012. *VISION FÖR BIO-DRIVMEDEL I ÖSTERGÖTLAND- TILLGÅNG PÅ REGIONALA RÅVAROR OCH PRINCIPER FÖR EN RESURSEFFEKTIV PRODUKTION ÅR 2030*. Linköping, Sweden: Industriell Miljöteknik, Environmental Technology.
- EUROPEISKA KOMMISSIONEN, 2016. Greening [internet]. *Agriculture and rural development*. Tillgängligt: https://ec.europa.eu/agriculture/direct-support/greening_en [Hämtad 2018-5-30].
- EUROPEISKA KOMMISSIONEN, 2018. Renewable energy directive [internet]. *Energy*. Tillgängligt: </energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive> [Hämtad 2018-5-22].
- FEIZ, R. och AMMENBERG, J., 2017. Assessment of feedstocks for biogas production, part I—A multi-criteria approach. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 122, Nr. Supplement C, s. 373–387.
- GUSTAFSSON, B., JOHANSSON, C., och NISKANEN, J., 2012. *Uppdatering av förnybar energi i Östergötland 2012*. AgroÖst.
- 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.
- HAGMAN, L. och EKLUND, M., 2016. *The role of biogas solutions in the circular and bio-based economy*. Linköping University Electronic Press.
- HENRIKSSON, A. och STRIDSBERG, S., 1992. *Möjligheter att använda halmeldning till energiförsörjningen i södra Sverige*. Uppsala, Rapport Nr. 161.
- HOLLADAY, J.D., HU, J., KING, D.L., och WANG, Y., 2009. An overview of hydrogen production technologies. *Catalysis Today*, Vol. 139, Nr. 4, s. 244–260.
- HUHTINEN, M., 2006. *Wood biomass as a fuel*.
- JORDBRUKSVERKET, 2017a. Jordbruksmarkens användning 2017 - JO10SM1703 - Tabeller [internet]. *Jordbruksmarkens användning 2017*. Tillgängligt: http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Arealer/JO10/JO10SM1703/JO10SM1703_tabeller.htm [Hämtad 2017-10-24].
- JORDBRUKSVERKET, 2017b. Normskördar för skördeområden, län och riket 2017 [internet]. *Normskörd i kg/ha för län*. Tillgängligt: <https://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik>

%20fakta/Vegetabilieproduktion/JO15/JO15SM1701/JO15SM1701_tabeller2.htm [Hämtad 2017-11-1].

- KARLSSON, A., TRUONG, X., GUSTAVSSON, J., SVENSSON, B.H., NILSSON, F., och EJLERTSSON, J., 2011. Anaerobic treatment of activated sludge from Swedish pulp and paper mills – biogas production potential and limitations. *Environmental Technology*, Vol. 32, Nr. 14, s. 1559–1571.
- LANG, D.J., WIEK, A., BERGMANN, M., STAUFFACHER, M., MARTENS, P., MOLL, P., SWILLING, M., och THOMAS, C.J., 2012. Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, Vol. 7, Nr. 1, s. 25–43.
- LANTMÄNNEN AGROETANOL, 2018. Etanol [internet]. *Etanol*. Tillgängligt: <https://www.lantmannenagroetanol.se/produkter/etanol/> [Hämtad 2018-5-30].
- LINNÉ, M., EKSTRANDH, A., ENGLESSON, R., och PERSSON, E., 2008. *Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter*. Lund: Avfall Sverige mfl.
- LÄNDIN, L. och STÄHLE, J., 2018. *Under ytan - En studie av Östergötlands akvatiska biodrivmedelspotential*. Linköping: Biogas Research Center (BRC), Nr. 2018:1.
- MATA-ALVAREZ, J., DOSTA, J., ROMERO-GÜIZA, M.S., FONOLL, X., PECES, M., och ASTALS, S., 2014. A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 36, s. 412–427.
- MEYER, T. och EDWARDS, E.A., 2014. Anaerobic digestion of pulp and paper mill wastewater and sludge. *Water Research*, Vol. 65, Nr. Supplement C, s. 321–349.
- NORDBERG, U., 2006. *Biogas - Nuläge och framtida potential*. Stockholm: VÄRME-FORSK Service AB.
- 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.
- POHL, C., 2011. What is progress in transdisciplinary research? *Futures*, Vol. 43, Nr. 6, s. 618–626.
- PREEM AB, 2017. *Biodiesel - 100*. Preem AB.
- REGERINGEN OCH REGERINGSKANSLIET, 2012. Fossiloberoende fordonsflotta - ett steg på vägen mot nettonollutsläpp av växthusgaser [internet]. *Regeringskansliet*. Tillgängligt: <http://www.regeringen.se/rattsdokument/kommittedirektiv/2012/07/dir.-201278/> [Hämtad 2018-5-22].
- REGERINGSKANSLIET, R. OCH, 2017. Bonus-Malus och bränslebytet [internet]. *Regeringskansliet*. Tillgängligt: <http://www.regeringen.se/artiklar/2017/09/bonus-malus-och-branslebytet/> [Hämtad 2018-5-22].
- RYDBERG, T., GÅRDFELDT, K., AHLBÄCK, A., ARNELL, J., BELHAJ, M., BÖRJESSON, M., EINARSON, E., FRÖLING, M., GEVERT, B., HAGBERG, L., HANSSON, J., LINDBLAD, M., NORRMAN, J., RICHARDS, T., och ÅSTRÖM, S., 2010. *Biobaserade drivmedel -*

- analys av potential, förutsättningar, marknad, styrmedel och risker*. Göteborg, Nr. IVL rapport 1884.
- SCB, 2018a. Folkmängd i riket, län och kommuner 31 december 2016 och befolkningsförändringar 2016 [internet]. *Statistiska Centralbyrån*. Tillgängligt: <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/helarsstatistik--kommun-lan-och-riket/folkmangd-i-riket-lan-och-kommuner-31-december-och-befolkningsforandringar/> [Hämtad 2018-4-12].
- SCB, 2018b. Befolkningsstatistik [internet]. *Statistiska Centralbyrån*. Tillgängligt: <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolknings-sammansattning/befolkningsstatistik/> [Hämtad 2018-4-12].
- SCOTTISH GOVERNMENT, 2018. EFA Ecological Focus Areas [internet]. *Rural Payments and Services*. Tillgängligt: <https://www.ruralpayments.org/publicsite/futures/topics/all-schemes/basic-payment-scheme/basic-payment-scheme-full-guidance/greening-guidance-2018/efa-ecological-focus-areas/> [Hämtad 2018-5-30].
- SKOGSSTYRELSEN, 2017. Bruttoavverkning, 1000 m³sk. efter Region, Treårsmedeltal och Ägarkategori [internet]. *Statistikdatabas*. Tillgängligt: http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas__Bruttoavverkning/JO0312_2_20160831.px/table/tableViewLayout2/?rxid=a6819262-3f5f-4ee9-bof3-15984a277a41 [Hämtad 2017-12-6].
- STJÄRNA, H., 2014. Biogaspotential i park- och trädgårdsavfall. Lunds Tekniska Högskola, Lund.
- SVENSK SÅGVERKS- OCH LIMTRÄINDUSTRI, 2017. Egenskaper hos barrträ [internet]. *Svenskt Trä*. Tillgängligt: <https://www.svenskttra.se/om-tra/att-valja-tra/fran-timmer-till-planka/egenskaper-hos-barrtra/> [Hämtad 2017-12-6].
- THOMPSON, M.A., OWEN, S., LINDSAY, J.M., LEONARD, G.S., och CRONIN, S.J., 2017. Scientist and stakeholder perspectives of transdisciplinary research: Early attitudes, expectations, and tensions. *Environmental Science & Policy*, Vol. 74, Nr. Supplement C, s. 30–39.
- TSAPEKOS, P., KOUGLIAS, P.G., TREU, L., CAMPANARO, S., och ANGELIDAKI, I., 2017. Process performance and comparative metagenomic analysis during co-digestion of manure and lignocellulosic biomass for biogas production. *Applied Energy*, Vol. 185, s. 126–135.

Bilaga 1: Beräkningar i detalj

FÖRKLARING AV FÖRKORTNINGAR

TS	Torrsubstanshalt, torrhalten i ett material eller substrat
VS	<i>Eng.</i> Volatile solids, mängden organiskt material i ett substrat

Avloppsvatten

Beräknades utifrån genomsnittlig ökning av produktionen från avloppsreningsverk nationellt åren 2005 – 2015 (Energimyndigheten, 2016). 2015 års produktion för Östergötland hämtades från Anderson och Westling (2017). Den genomsnittliga ökningen användes sedan för att projicera 2030 års produktion enligt ekvation [1].

$$\text{Produktion år 2015} \cdot (1 + \text{årlig ökning})^{\text{Antal år (15 i detta fall)}} = \text{Nm}^3 \text{ CH}_4 \quad [1]$$

Avfall från Livsmedelsindustri

Beräknades på samma sätt som avloppsvatten med samma källmaterial.

$$\text{Produktion år 2015} \cdot (1 + \text{årlig ökning})^{\text{Antal år (15 i detta fall)}} = \text{Nm}^3 \text{ CH}_4 \quad [2]$$

Utsorterat matavfall

Mängd avfall som idag processas biologiskt hämtad från Avfall Sverige (2016). Denna mängd är bas för dagens potential. För uppskattningen till 2030 används ett medelvärde från de tre högsta kommunerna i Östergötland som riktlinje för de som är bäst på att sortera och samla in biologiskt material (mängd per person i detta fall). Detta medelvärde multipliceras sedan med antagen folkmängd 2030, vilket är 556 940 baserat på en ökning av befolkningen på 1,4 % per år (SCB, 2018a). Därefter används TS, VS av VS och biogasavkastning från Ammenberg & Feiz (2017). Den totala ekvationen syns i [3].

$$\text{Invånare 2030} \cdot \text{avfall per person} \cdot \text{TS} \cdot \text{VS av TS} \cdot \text{metanutbyte} = \text{Nm}^3 \text{ CH}_4 \quad [3]$$

Använda matoljor

Nuvarande produktion från Ersson m.fl. (2012). Antog ingen förändring fram till 2030 på grund av osäkerheter i resurstillgång och konkurrerande verksamhet.

Park- och trädgårdsavfall

Beräknades efter medelvärden från Stjärna (2014), för Östergötland var detta 49 kg avfall per person. Invånarantal för 2015 samt ökning enligt SCB (2018a), där invånare 2015 var 452 105 och 2030 projiceras till 556 940. TS och VS av TS hämtades från Carlsson och Uldal (2009) och metanutbytet från Nordberg (2006). Biogaspotentialen beräknades enligt ekvation [4].

$$\text{Invånare} \cdot \text{avfall per person} \cdot \text{TS halt} \cdot \text{VS av TS} \cdot \text{metanutbyte} = \text{Nm}^3 \text{ CH}_4 \quad [4]$$

Deponerat avfall

Nuvarande produktion i Östergötland är hämtad från Energimyndigheten (2017a). Därifrån hämtades även produktion 2010 – 2016. En medelminskning togs sedan

fram utifrån data från dessa år för att ge en årlig minskning fram till 2030. Denna fortsatta årliga minskning beräknades enligt [5].

$$\text{Produktion år 2015} \cdot (1 + \text{årlig minskning})^{\text{Antal år}} = \text{Nm}_3 \text{ CH}_4 \quad [5]$$

Gödsel

Hämtat från Linné m.fl. (2008) där gödsel från svin och nötdjur antas vara flytgödsel medan gödsel från fjäderfä, häst och får antas vara fastgödsel. Detta antagande gjordes för att förenkla beräkningar och på ett ungefär uppskatta potentialen hos olika gödselfraktioner. I verkligheten är det olika mellan olika gårdar där vissa använder flyt, andra fast eller djupströ. Valet av att svin och nöt antogs vara flyt och fjäderfä, häst och får vara fast gjordes för att de är de dominerande gödselformerna från dessa djurslag i Östergötland.

Odlingsrester

De odlingsrester som antas finnas tillgängliga i Östergötland är odlingsrester från höst- och vårvete, råg, höst- och vårkorn, havre, höst- och vårraps, majs och sockerbeter. I Östergötland finns även en del rågvete (4768 ha år 2017) som inte inkluderats på grund av osäkerheter i bärgningskoefficienten och hur mycket odlingsrester gröda ger upphov till. Antal ha mark som odlas i Östergötland av de olika grödorna hämtades från Jordbruksverket (2017a). Därefter multiplicerades åkerarealen med normskördar för Östergötland från Jordbruksverket (Jordbruksverket, 2017b), en kvot för odlingsrest per gröda (Einarsson och Persson, 2017) samt en bärgningskoefficient (Henriksson och Stridsberg, 1992) (hur mycket som kan tas från marken utan att ha märkbara negativa effekter på marken). Därefter användes en torrhalt och biogasavkastning för grödor från Feiz och Ammenberg (2017). Dessa data är generella och medför därav en del osäkerheter i resultatet. Ytterligare studier behövs på biogasavkastningen från odlingsrester från olika grödor för att minska denna osäkerhet. räkningen i helhet syns i ekvation [6].

$$\text{Nm}_3 \text{ CH}_4 = \sum_{\text{Gröda } 1}^{\text{Gröda } 10} \text{åkerareal} \cdot \text{normskörd} \cdot \text{bärgningskoefficient} \cdot \text{restkvot} \cdot \text{TS halt} \cdot \text{biogasavkastning}$$

Vall

Vall har beräknats i två delar, en där vall sätts in i skörderotationen så att andelen vall ökar med lika stor yta som den mark som idag ligger i träda. Detta bör föra med sig de positiva effekter som vall har (se kapitel 3.2.3) och ha liknande effekt på markens bördighet som att ha den i träda. Den andra posten representerar en ökning på 15 % av Östergötlands odlingsareal. Detta kräver förmodligen en mer aggressiv biodrivmedelssatsning och förmodligen har de positiva effekterna en viss exponentiell minskning då mer och mer vall odlas (alltså, positiva effekter per ny hektar vall minskar desto mer vall som förs in). Vallen beräknas utifrån den mark som år 2017 låg i träda,

8 706 ha, samt 15 % av åkermarken 30 146 ha (Jordbruksverket, 2017a). Sedan används en snittskörd och biodrivmedelavkastning från Börjesson m.fl. (2015), se ekvation [7].

$$\text{Nm}_3 \text{ CH}_4 = \text{ha vall} \cdot \text{snittskörd} \cdot \text{biodrivmedelavkastning} \quad [7]$$

Raps

Mängden biodrivmedel från raps beräknas efter samma arealmängder som vall för att jämföra. Raps är framförallt intressant eftersom biodrivmedlet är diesel vilket passar

väl in i nuvarande infrastruktur och fordon. Vid en stor ökning av efterfråga på biodiesel skulle rapsproduktion för drivmedelsproduktion vara ett alternativ. Rapspotentialen beräknas enligt liknande ekvation som vall där areal hämtas från Jordbruksverket (2017a), och snitt energiavkastning per ha från Bernesson m.fl. (2004).

$$Nm_3 CH_4 = ha\ vall \cdot biodrivmedelavkastning\ per\ ha$$

[8]

Sockerbetor

Biogaspotentialen från sockerbetor beräknas enligt samma källor och ekvation som vall och inkluderas i rapporten för att dess biodrivmedelsavkastning är den största per ha.

$$Nm_3 CH_4 = ha\ vall \cdot snittskörd \cdot biodrivmedelavkastning$$

[9]

Etanolpotentialen beräknas med hjälp av en energiavkastning på 105 GJ per hektar från Börjesson och Tufvesson (Börjesson och Tufvesson, 2011).

Spannmål

Substratet spannmål används i etanolproduktionen på Agroetanol på Händelö. Denna baseras på antagande från Ersson m.fl. (2012) att en tredjedel av spannmålet kommer från Östergötland då ingen nyare data kunde hittas. Nuvarande produktion är hämtad från Lantmännen Agroetanols hemsida (2018).

Drank

Liksom för spannmål är den mängd drank som finns att tillgå i Östergötland koncentrerad till Agroetanols tillverkning. Data är hämtad från Ersson m.fl. (2012) då ingen nyare data fanns att tillgå.

Timmer och Ved

För stora osäkerheter för att göra beräkningar.

Skogsrester

Biodrivmedelpotentialen från skogsrester utgick från ett medelvärde av bruttoavverkningen av gran och tall i Östergötland åren 2014-2016 (Skogsstyrelsen, 2017). Därefter användes värden från Huhtinen (2006) och Svensk sågverks- och limträindustri (2017) för att beräkna massan av skogsresterna. Biodrivmedelpotentialen beräknades sedan genom att använda värmevärdet från Huhtinen (2006) på 19 MJ/kg och den termiska effektiviteten för förgasningsanläggningar på 57,9 % (Duret m.fl., 2005).

$$GJ CH_4 = \left(\sum_{n=tall, gran} bruttoavverkning_n \cdot (andel\ bark_n + andel\ barr_n + andel\ grenar_n) \right) \cdot värmevärde \cdot termisk\ effektivitet$$

[10]

Tallolja

Substratet talloljas potential beräknades genom att BillerudKorsnäs Skärblackas produktionskapacitet på 460 000 ton (BillerudKorsnäs AB, 2018) multiplicerades med en råttalloljeavkastning på 30 kg per ton pappersmassa från Aro och Fatehi (2017). Från samma källa hämtades en biodieseleffektivitet på 65 %. Energidensiteten baserades på Preems biodiesel 100 (Preem AB, 2017).

$$GWh\ Biodiesel = \text{årlig produktion} \cdot \text{råttalloljeavkastning} \cdot \text{biodieseleffektivitet} \cdot \text{energidensitet}$$

[11]

Processvatten från Pappers- och massaindustri

Då all data för mängden processvatten som Östergötlands fyra pappers- och massabruk använder inte fanns tillgänglig användes för tre bruk deras vattenanvändning med antagandet att 75 % av vattnet som användes var processvatten. För det fjärde bruket fanns data för processvattenanvändning. Därefter användes TS (0,6 %), VS av TS (70 %) och biogasutbyte 135 NL CH₄/kg VS från Karlsson m.fl. (2011).

$$Nm^3CH_4 = total\ vattenanvändning \cdot 0,75 \cdot TS \cdot VS\ av\ TS \cdot biogasavkastning$$

[12]

Bioslam från Pappers- och massaindustri

För att beräkna biodrivmedelpotentialen från bioslam användes Östergötlands fyra pappers- och massabruks produktionskapacitet samt en bioslamkvot på 5 % av totala produktionen (Meyer och Edwards, 2014). Från samma källa hämtades en TS halt på 1 %, VS av TS på 65 % och en drivmedelavkastning på 40 Nm³ /ton VS.

$$Nm^3CH_4 = total\ produktionskapacitet \cdot TS \cdot VS\ av\ TS \cdot biogasavkastning$$

[13]

Svartlut

Inga beräkningar gjordes då substratet redan används internt inom skogsindustrin samt att alternativa energikällor är svårt att hitta för de bruk som använder svartluten.

Musslor

Hämtades från Ländin och Ståhle (2018).

Cyanobakterier

Data hämtat från Ländin och Ståhle (2018) för en uppskattning av väntad biodrivmedelpotential på 13 GWh antogs att 5 oljelänsar kan användas för att samla ihop cyanobakterier. Eftersom detta förmodligen endast skulle göras under somrar med kraftig algbloomning antogs att det var 984 timmar med algbloomning (Ländin och Ståhle, 2018). Dessutom antogs, eftersom scenariot var en kraftig algbloomning, att varje oljeläns kunde samla ihop 730 kg TS per aktiv timme. Biogasavkastning på 366 Nm³ per kg VS och en VS av TS halt på 94 % hämtades från Ländin och Ståhle (2018).

$$Nm^3CH_4 = timmar\ algbloomning \cdot uppsamlingshastighet \cdot antal\ oljelänsar \cdot VS\ av\ TS \cdot biogasavkastning$$

[14]

Makroalger

Data hämtades från Ländin och Ståhle (2018). Tillgänglig mängd makroalger per år valdes till 535 ton TS då det var stora osäkerheter kring hur mycket som fanns tillgängligt. Därav valdes den lägsta uppskattade mängden. Samma gjordes för VS av TS (55 %) och biogasavkastning som uppgår till 150 Nm³ per kg VS (Ländin och Ståhle, 2018).

$$Nm^3CH_4 = tillgänglig\ mängd \cdot VS\ av\ TS \cdot biogasavkastning$$

[15]

Vass

För vass användes bara den vass som benämndes av Ländin och Ståhle (2018) som lättillgänglig (645 ha). Den lägre skördegraden användes också för att inte överskatta potentialen, denna var på 5 ton TS per ha (Ländin och Ståhle, 2018). Med samma resonemang användes den lägre biogasavkastningen på 159 Nm³ per ton TS.

$$Nm^3CH_4 = \text{areal} \cdot \text{snittskörd} \cdot \text{biogasavkastning}$$

[16]

Spigg

På grund av stora osäkerheter gjordes inga beräkningar.

Landbaserad fiskodling

Data hämtades från personlig kontakt med Roozbeh Feiz (2018). Årlig fiskproduktion per anläggning antogs vara 5 000 ton per år där 15 % av vikten rensas bort och kan rötas. TS av detta slam är 20 % och VS av TS 50 %. Biogasavbytet för fiskrenset var på 600 Nm³ per ton VS.

$$Nm^3CH_4 = \text{fiskproduktion} \cdot \text{andel rens} \cdot \text{TS} \cdot \text{VS av TS} \cdot \text{biogasavkastning}$$

[17]