



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för energi och teknik

Effekter av styrmedel på fordonsgasmarknaden – en fallstudie av Sverige och Finland

*Effects of policy instruments on the vehicle gas market
– a case study of Sweden and Finland*

Andrea Carlgren

Civilingenjörsprogrammet i energisystem

Examensarbete 2022:01
ISSN 1654-9392
Uppsala 2022

Effekter av styrmedel på fordonsgasmarknaden – en fallstudie av Sverige och Finland

Effects of policy instruments on the vehicle gas market – a case study of Sweden and Finland

Andrea Carlgren

Handledare: Maria Olsson, Naturvårdsverket

Ämnesgranskare: Cecilia Sundberg, institutionen för energi och teknik, SLU

Examinator: Åke Nordberg, institutionen för energi och teknik, SLU

Omfattning: 30 hp

Nivå, fördjupning och ämne: Avancerad nivå, A2E, teknik

Kurstitel: Examensarbete i energisystem

Kurskod: EX0724

Program/utbildning: Civilingenjörsprogrammet i energisystem 300 hp

Kurskoordinerande institution: Institutionen för energi och teknik

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2022

Serietitel: Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)

Delnummer i serien: 2022:01

ISSN: 1654-9392

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Investeringsstöd, Biogasproduktion, Uppgradering, Fordonsgas, Mahalanobis avstånd

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för energi och teknik

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Abstract

One third of Sweden's greenhouse gas emissions originates from the transport sector, nearly exclusively from domestic road transport. To reach the goal of net zero emissions by 2045, biofuels are needed to complement the electrification of the vehicle fleet. For biogas to be competitive compared to its fossil alternatives, policy instruments are required. There are many instruments like these in place in Sweden, but to ensure that resources are spent effectively, continuous evaluations of the different policy instruments are needed. This case study compares the combination of different policy instruments between Sweden and a comparable country in relation to their respective development of the vehicle gas market.

To identify the country that is suitable for the comparison, calculations of Mahalanobis distance were performed. Then, the differences in development of the two vehicle gas markets were established through a hypothesis testing and lastly an analysis of the different policy instrument mixtures were conducted. The results show that Finland is the most suitable country for the comparison, based on several variables related to the biomass potential and the propensity for introducing climate policy instruments. The Finnish biogas market is less developed than the Swedish one, mainly due to a drive for nuclear power and other biofuels. An increase in the percentage change of refueling stations as well as the number of gas vehicles can be seen in Finland between 2016 and 2017. This can be a consequence of the state-owned Gasum investing in refueling infrastructure. Furthermore, Sweden have been directing policy instruments toward increased usage of biogas in the transport sector for a long time and thereby allowing faith in a stable market such that market actors dare to invest in biogas production and upgrading facilities.

Populärvetenskaplig sammanfattning

En tredjedel av Sveriges växthusgasutsläpp kommer från transportsektorn, framför allt från inhemsk vägtransport. För att nå målet om netto-noll utsläpp till 2045 ses biobränslen som ett nödvändigt komplement till elektrifieringen av fordonsflottan. Biogas är en blandning av främst metan och koldioxid som produceras genom rötning av olika typer av organiskt material. Den blandning av biogas och naturgas som används som fordonsbränsle kallas just fordonsgas. För att göra fordonsgas konkurrenskraftigt gentemot fossila alternativ behövs styrmedel. Olika typer av styrmedel påverkar olika delar av kedjan, det finns bland annat stöd som stöttar produktionen och andra som stöttar vid investeringar när det exempelvis ska byggas olika typer av anläggningar. Det finns redan idag många styrmedel på plats i Sverige, men för att se till att resurserna spenderas effektivt måste effekten av dessa utvärderas med jämna mellanrum. I denna fallstudie jämförs kombinationen av styrmedel mellan Sverige och ett annat land, vilket sedan relateras till respektive utveckling av fordonsgas-marknaden.

Studien består av tre delar som alla besvarar var sin frågeställning. Statistiska metoder har valts för att kvantifiera skillnaderna i marknadsutveckling och för att ta hänsyn till ett flertal variabler för att hitta det land som liknar Sverige mest. Först identifieras det bästa landet för jämförelsen genom att matchas med Sverige baserat på valda variabler som beskriver förutsättningarna för att utveckla en biogasmarknad. Sedan fastställs skillnaderna i utvecklingen av fordonsgas-marknaden genom att jämföra utvecklingen av antalet uppgraderingsanläggningar, fordonskastationer och biogasfordon. Slutligen förs en diskussion om vilka effekter införandet av de olika styrmedlen har haft på marknadsutvecklingen och länderna jämförs i sin helhet.

Resultaten visar att Finland är det mest lämpliga landet för jämförelsen. Det är ett väntat resultat då Finland och Sverige har liknande geografi och kultur. Studien visar att den finska biogasmarknaden är mindre utvecklad än den svenska, främst på grund av en satsning på andra bränslen i transportsektorn och andra ändamål för användningen biomassa. Dessutom har Sverige satsat på en ökad användning av biogas i transportsektorn under lång tid vilket har gjort att det idag finns ett stort antal biogaslastbilar på vägarna. Den ökade användningen av biogasfordon har genererat en efterfrågan på tankstationer. Utvecklingen av båda dessa delar har skapat en tilltro till en stabil marknad vilket gör att aktörer vågar investera i produktionsanläggningar. Det går att se en stor procentuell ökning i antal biogaslastbilar och tankstationer i Finland mellan 2016 och 2017 vilket kan förklaras av att det statligt ägda Gasum började investera i tankinfrastruktur för fordonsgas 2016, vilket sedan dess kan ha haft en inverkan på utvecklingen av antalet gasfordon.

Att utvärdera effekterna av styrmedel kan vara invecklat i och med att det finns andra aspekter som påverkar marknadsutvecklingen i länderna, utöver just styrmedlen. Därför kan det vara svårt att hitta exakta samband, och i den här studien förs i stället en diskussion om införandet av de olika styrmedlen kopplat till hur marknaden utvecklats i samband med detta. För att styrka slutsatserna skulle vidare studier kunna inkludera jämförelser med andra länder som har liknande typer av styrmedel. Slutsatserna om att marknadsutvecklingen faktiskt går att koppla till införandet av stöden skulle kunna styrkas genom att studera marknadsutvecklingen runt tidpunkten för införandet av dessa stöd även i andra länder.

Exekutiv sammanfattning

För att nå målet om netto-noll utsläpp till 2045 ses biobränslen som ett nödvändigt komplement till elektrifieringen av fordonsflottan. För att göra fordonsgas konkurrenskraftigt gentemot fossila alternativ behövs styrmedel. Många styrmedel är redan på plats i Sverige, men för att se till att resurserna spenderas effektivt bör kontinuerliga utvärderingar av de olika styrmedlen göras. Examensarbetet har genomförts i samarbete med Naturvårdsverket i syfte att bidra med kunskap kring effekterna av olika styrmedel riktade mot biogasmarknaden. Naturvårdsverket ger ut stöd till energisektorn inom ramen för Klimatklivet.

Resultaten visar att Finland är det mest lämpliga landet för jämförelsen, baserat på flera variabler relaterade till biomassapotentialet och benägenheten att införa klimatpolitiska stöd. Den finska biogasmarknaden är mindre utvecklad än den svenska, främst på grund av en satsning på andra bränslen i transportsektorn och andra ändamål för användningen av biomassa. Dessutom har Sverige länge riktat styrmedel mot ökad användning av biogas i transportsektorn och därmed skapat en tilltro till en stabil marknad och vilket har lett till en investeringsvilja i produktionsanläggningar. Det kan ses som fördelaktigt att utöka produktionsstöden i Sverige för att jämna ut skillnaderna mellan inhemsk och importerad gas, där den senare får stöd i båda led: vid produktion och vid användning. I Finland däremot behövs en långsiktig plan för användningen av biogas som fordonsbränsle och därefter införa relevanta styrmedel.

Eftersom mycket händer med fordonsgasmarknaden och det finns många nya styrmedel i båda länderna skulle en liknande jämförelse om ett antal år, när stöden har hunnit få ordentligt genomslag, kunnat vara givande. När marknadsutvecklingen kommit längre skulle det även vara intressant att göra skillnad på flytande och komprimerad biogas. Genom att studera lärlkurvor kan kostnadsutvecklingen för en viss teknik beskrivas och styrmedel kan kopplas till olika stadier i utvecklingen. Detta kan bidra med ytterligare insikter om effekten av olika typer av styrmedel. För att kunna dra tydligare slutsatser om styrmedlens faktiska påverkan på marknadsutvecklingen skulle jämförelser med ytterligare länder kunna bidra med insikter. Länder som Nederländerna eller Norge, vars marknader kanske har en annan mognadsgrad, men som ändå liknar Sverige vad gäller valda variabler, skulle kunna vara intressanta att studera.

Förord

Det här arbetet har utförts inom ramen för examensarbete för civilingenjörsprogrammet i energisystem. Arbetet genomfördes i samarbete med Naturvårdsverket och klimatklivsenheten. Där vill jag tacka min handledare Maria Olsson som varit till stor hjälp vad gäller interna kontakter och fått mig att känna mig delaktig i Naturvårdsverkets arbete trots rådande situation med pandemin och arbete på distans. Jag vill även tacka min ämnesgranskare Cecilia Sundberg, lektor i bioenergisystem på Sveriges lantbruksuniversitet för vägledning när syfte och mål inte varit lika självklara. Slutligen vill jag rikta ett stort tack till David Randahl för statistisk vägledning och min pappa för stöd när jag stött på problem, med såväl statistik som med presentation av resultat.

Detta arbete avslutar fem års ingenjörstudier, en utbytestermin och en termins retorikstudier. Dessa år av tentaperioder, nationshäng och labbar skulle inte ha varit möjliga utan mina fantastiska vänner och familj. Nu vidare mot nya äventyr!

Uppsala, juli 2021

Andrea Carlgren

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Problemformulering	1
1.2	Avgränsningar	2
2	Bakgrund	3
2.1	Biogas	3
2.2	Lönsamhet av fordonsgas	4
2.3	Biometanmarknaden i Europa	6
2.3.1	Mål och lagstiftning	7
2.4	Sverige	9
2.4.1	Klimatpolitiska mål	10
2.4.2	Styrmedel	11
2.5	Finland	14
2.5.1	Klimatpolitiska mål	15
2.5.2	Styrmedel	16
2.6	Klimatklivet	18
2.6.1	Uppgradering biogas	19
2.6.2	Fordonsgastankstationer	19
2.6.3	Biogasfordon	19
3	Teori	20
3.1	Matchningsmodell	21
3.2	Statistisk slutledning	22
3.2.1	Statistisk styrka	22
3.2.2	Val av hypotestest	22
3.2.3	Mann-Whitney-Wilcoxon	24
3.2.4	Effektstorlek	25
4	Metod	26
4.1	Val av land	26
4.1.1	Kovariater	27
4.2	Statistisk jämförelse av Sverige och ett annat land	30
4.3	Deskriptiv jämförelse	31
4.4	Datainsamling	31
4.5	Saknade data	31

5	Resultat	32
5.1	Val av land	32
5.2	Känslighetsanalys.....	33
5.3	Uppgraderingsanläggningar	34
5.4	Fordonskastationer.....	35
5.5	Biogasfordon	36
6	Jämförande analys	37
6.1	Olika typer av styrmedel och marknadsutveckling	37
6.1.1	Uppgradering till fordonsgas	37
6.1.2	Inköp av fordon och tankstationer	40
6.2	Styrmedelsmix och mål.....	42
7	Diskussion	44
7.1	Internationell studie för utvärdering av additionalitet.....	44
7.2	EU:s taxonomi.....	44
7.3	Spridning av ny teknik	45
7.4	Fortsatta studier	45
8	Slutsatser	47
9	Referenser	48
Bilagor		
	Bilaga A – Tabell med kritiska värden för MWW	1
	Bilaga B – MATLAB kod för beräkning av Mahalanobis avstånd	2
	Bilaga C – Data för kovariater	3
	Bilaga D - Saknade data.....	5
	Bilaga E – Data för resultatvariabler.....	7

1 Inledning

Detta kapitel introducerar läsaren till ämnet genom att beskriva varför det är intressant att fördjupa sig i. Vidare presenteras studiens syfte och de frågeställningar som rapporten besvarar.

Världen står inför en stor utmaning vad gäller klimatförändringar och många länder har skrivit på Parisavtalet som förbinder parterna till att förhindra att den globala uppvärmningen överskrider 2°C (SOU 2019:63). Sverige har ambitiösa miljö- och klimatmål och för att nå nettonollutsläpp till 2045 krävs omfattande åtgärder. Transportsektorn står för mer än en tredjedel av Sveriges utsläpp och är fortfarande beroende av fossila bränslen (Sveriges miljömål 2021). Det är den enda sektorn med ett eget etappmål, vilket visar på betydelsen av en snabb omställning (SOU 2019:63). IVA (2019) pekar ut biodrivmedel som ett nödvändigt komplement till elektrifiering för att skynda på omställningen av fordonsflottan. Biometan har samma kemiska sammansättning som naturgas och kan därför blandas in obehindrat med naturgas i redan befintlig distributionsinfrastruktur (IEA 2020). Biometan kräver dock stödsystem för att vara konkurrenskraftig mot de fossila alternativen. Sverige har många styrmedel på plats, varav investeringsstödet Klimatklivet är ett. Klimatklivet ger ut stöd till åtgärder inom flera olika områden med syfte att minska utsläppen av växthusgaser. För att säkerställa att finansiering sätts in där den är som mest effektiv för att stimulera marknaden är det viktigt att kontinuerligt utvärdera styrmedelsmixen.

För att utvärdera styrmedel krävs ett kontrafaktiskt scenario, en referensgrupp, som en jämförelse kan göras med (Europeiska kommissionen 2013). Antingen kan detta vara en grupp som inte blir beviljad ett specifikt stöd, eller ett annat land med andra stödsystem. Detta gör att effekterna av olika typer av styrmedel kan studeras och en diskussion kring effektiviteten av stöden kan föras. För att jämförelsen ska bli så givande som möjligt är det viktigt att Sverige matchas med ett land som motsvarar Sverige i så många hänseenden som möjligt. Detta för att kunna isolera förändringar i marknadsutvecklingen till skillnader i styrmedelsmix och minimera sannolikheten att de uppkommit av andra anledningar.

1.1 Problemformulering

För att Sverige ska kunna nå de högt uppsatta klimatmålen på utsatt tid behöver det säkerställas att styrmedel sätts in där de gör som mest nytta. Enligt betänkande av biogasmarknadsutredningen (SOU 2019:63) kommer Sverige inte att nå målen i transportsektorn med nuvarande stödsystem och det finns därför behov av att undersöka vilken typ av stöd som har givit önskad effekt och vilka ytterligare åtgärder som krävs för att öka chanserna att nå målen.

Syftet med studien är att bidra med kunskap om effekterna av olika typer av styrmedel genom att beskriva skillnader i stödeffekter på biometanmarknaden mellan Sverige och ett annat land. Detta görs genom en fallstudie med utgångspunkt i en statistisk hypotesprövning för marknadsutvecklingen och en litteraturstudie över relaterade styrmedel i de två länderna. Studien utformades ursprungligen som en utvärdering av investeringsstödet Klimatklivet. När studien omformulerades till en internationell jämförelse bedömdes det inte längre möjligt att utvärdera enskilda stöd, utan Klimatklivet analyseras nu i stället som en del av Sveriges styrmedelsmix.

För att uppnå studiens syfte ämnas följande frågeställningar besvaras:

- Vilket land är lämpligast för en internationell jämförelse med Sverige med hänsyn till biomassapotential och benägenhet att införa klimatstyrmedel?
- Vilka skillnader kan utläsas för utvecklingen av antal tankstationer för fordonsgas, biogaslastbilar och uppgraderingsanläggningar mellan de två länderna?
- Vilka effekter har styrmedelsmixen i länderna haft på utvecklingen av biometanmarknaden?

1.2 Avgränsningar

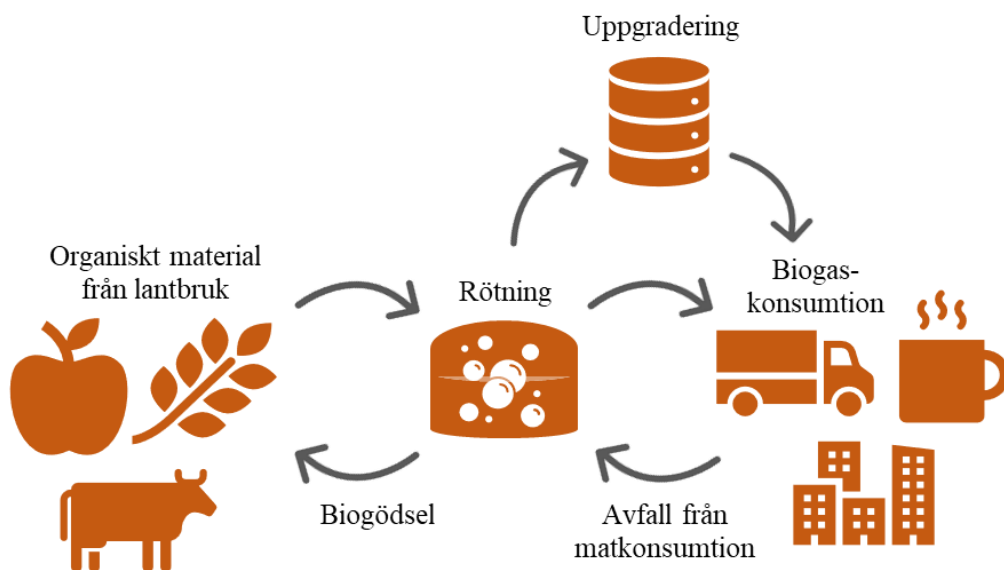
Den här rapporten utvärderar endast stödeffekter på biometanmarknaden under åren 2015–2020, mer specifikt: biometanproduktion, fordonsgastankstationer och biogasfordon. Studien är inriktad på ekonomiska styrmedel och kommer därför inte att hantera andra typer av styrmedel som till exempel juridiska eller informativa.

2 Bakgrund

Detta kapitel redogör för definitionen av biogas, biometan och fordonsgas samt ger en beskrivning av biometanmarknaden i Europa och kostnadsbilden. Sedan presenteras tidigare utvärderingar av Klimatklivet och en kartläggning av de två länderna som ingår i den jämförande analysen.

2.1 Biogas

Biogas är en blandning av främst metan och koldioxid som produceras genom rötning, alltså anaerob nedbrytning, av organiskt material (IEA 2020). I jämförelse med andra biodrivmedel är biogas flexibelt i val av substrat (Tamburini et al. 2020) och IEA (2020) bedömer att världens outnyttjade hållbara biogaspotential är stor och till stor del outnyttjad. Rötresterna kan sedan användas som biogödsel för näringsåterföring till jorden och därmed öka produktiviteten av nytt substrat (Tamburini et al. 2020). Olika produktionstekniker ger olika sammansättning av gasen och metainnehållet varierar vanligtvis mellan 45 och 75 volymprocent. Biogasen kan sedan användas direkt till att producera el och värme eller uppgraderas och användas till bland annat matlagning och fordonsbränsle (IEA 2020). Direkt användning av biogas, till exempel el- eller värmeproduktion, ger högst effektivitet men gasen måste då konsumeras i anslutning till rötningen. Uppgraderad biometan har något lägre effektivitet men är istället lättare att frakta och har ett stort antal användningsområden (Hakawati et al. 2017). I Figur 1 beskrivs biogasproduktion från organiskt material till konsumtion samt den cirkulära idé som biogassystemet bygger på. Insamling och hantering av avfall är en samhällsviktig funktion, men avfall som används som råvara till biogasproduktion kan snarare ses som en tillgång än en belastning.



Figur 1: Växtnäringskretslopp för biogasproduktion.

Biogas som renas från koldioxid och innehåller mer än ca 97 procent metan kallas biometan (Energigas Sverige 2017b). Antingen produceras den genom uppgradering av biogas eller direkt genom förgasning av biomassa och kallas då biologisk syntetisk naturgas (bio-SNG). Uppgradering av biogas är i dagsläget det vanligaste och fungerar så att de olika gaserna separeras genom till exempel vattenskrubber eller membranseparation. Under förgasningsprocessen bryts i stället biomassan ner under hög temperatur och blir till kolmonoxid, koldioxid, väte och metan. Följer gör en metaniseringsprocess där en katalysator används för att göra så att kolmonoxiden och koldioxiden reagerar med vätet och bildar mer metan (IEA 2020). Biometan är kemiskt identiskt med naturgas. Därför kan det blandas in i befintlig distributionsinfrastruktur och konsumeras av slutanvändaren utan att några anpassningar behöver göras (IEA 2020).

Den blandning av biometan och naturgas som används som fordonsbränsle kallas just fordonsgas. Den distribueras antingen till tankstationer via naturgasnät eller med hjälp av lastbil i antingen komprimerad form (CBG) på flak eller i flytande form (LBG) i tank. Distribution via gasnätet är mest kostnadseffektivt, framför allt för större volymer. För transporter där gasnätet inte är ett möjligt alternativ är distribution med flak vanligt för kortare avstånd och mindre volymer medan tank är att föredra för längre avstånd och större volymer. Till 2025 vill EU att samtliga hamnar i stomnätet, en del av det transeuropeiska transportnätet, ska ha satellit-terminaler för flytande naturgas (LNG). Detta kommer i längden även att gynna marknadsutvecklingen för LBG då den kan användas och distribueras på samma sätt som LNG (SOU 2019:63).

2.2 Lönsamhet av fordonsgas

Lönsamheten för biometan beror på kostnader i alla steg i värdekedjan: biogasråvaror, produktionskostnader för rågas, uppgraderingskostnader och distributionskostnader. Utöver detta är prisutvecklingen en faktor som påverkar lönsamheten (Vestman et al. 2014). I Tabell 1 visas en ungefärlig kostnad för de olika delarna av värdekedjan där kostnaden för substrat och hantering av rötresten är inkluderat i kostnaden för rågasproduktion.

Tabell 1: Kostnad för olika delar i värdekedjan för produktion av fordonsgas och den totala kostnaden för fordonsgas [kr/kWh] (Vestman et al. 2014)

	Rågas- produktion	Uppgradering komprimering	Distribution nät	Distribution flak	Tankstationer	Totalt
Median	0,54	0,31	0,06	0,12	0,04	0,97
Medel	0,86	0,32	0,08	0,15	0,07	1,35

Produktionskostnaden för rågas är den del i värdekedjan som utgör störst kostnad, även om den kan variera mycket beroende på val av produktionsteknik och tillgång till substrat. Kostnaderna i Tabell 1 inkluderar både kapital- och personalkostnader, även om dessa utgör en mindre del av den totala kostnaden. Biogas-

produktion i samband med avloppsrening gör det möjligt att minska slammets volym och stabilisera det. Många samrötningsanläggningar och anläggningar i anslutning till avloppsreningsverk är kommunalt ägda och deras primära syfte är just att ta hand om avfall eller att behandla avloppsslam. Alltså inte att gå med vinst på biogasproduktionen (Vestman et al. 2014).

Det går att se en ökad konkurrens om substrat till biogasproduktion på grund av många alternativa användningsområden för råvarorna, vilket driver upp kostnaden och minskar mottagningsavgifter. Exempel på substrat som biogasproducenterna får betalt för att ta hand om är organiskt hushållsavfall och viss gödsel som ägaren måste betala för att bli av med på annat sätt. Hur stor mottagningsavgiften är beror på bland annat pumpbarheten och gasutbyte för substratet. Ett av substraten med högst gasutbyte är slakteriavfall och därmed något som biogasproducenterna gärna tar emot. Dock måste substrat med innehåll av animaliska biprodukter hygieniseras vilket medför ett till produktionssteg och därmed även en extra kostnad (Vestman et al. 2014).

En annan aspekt som påverkar ekonomin i produktionen är kostnaderna för att göra sig av med rötresterna. Det är vanligt att rötresterna ses som en tillgång för användning som gödselmedel för lant- och skogsbruk. Men när utbudet ökar mer än efterfrågan blir det i stället en fråga om att betala för att göra sig av med restprodukterna. Det finns även en skillnad i vad rötresterna från olika typer av produktion faktiskt kan användas till. Rötresten från avloppsreningsverk används primärt till att täcka deponier och soptippar medan resterna från samrötningsanläggningar framför allt används som just biogödsel. Biogasproducenten betalar lantbrukare för att ta emot biogödsel. En stor osäkerhet för producenten kopplat till ekonomin för en anläggning är just kostnaden för att göra sig av med rötrester och köpa in substrat (Vestman et al. 2014).

Det går att se en generellt hög utnyttjandegrad för rågasproduktion men betydligt lägre för uppgraderingsanläggningar, i genomsnitt endast 63%. Det medför att investerings- och personalkostnaderna för uppgraderad gas blir högre per kWh, än vad den skulle ha varit om hela kapaciteten utnyttjades (Vestman et al. 2014). För de två vanligaste teknikerna, vattenskrubber och membran, är investeringskostnaden den största faktorn. Membrantekniken förväntas ha längre ekonomisk livslängd och en lägre investeringskostnad än vattenskrubber men i stället en högre driftkostnad och de båda teknikerna har i slutändan en liknande uppgraderingskostnad per kWh. Det finns dock tydliga storskal fördelar och investeringskostnaden minskar drastiskt med större produktionskapacitet (Larsson 2016).

Distribution av fordonsgas kan ske på tre olika sätt: via gasnät, komprimerad på lastväxlarflak eller flytande i tankbil. Från Tabell 1 går att utläsa att distributions-

kostnaden utgör den minsta delen av totalkostnaden för biometanproduktion. Avståndet är kanske den mest självklara aspekten som har inverkan på distributionskostnaden. Fraktavståndet har störst påverkan på driftkostnaden för lastväxlar flak eftersom kostnaden beror på hur långt bilarna färdas. Komprimerad gas som transporteras med flaktransport förvaras i gasbehållare i varierande material. Kompositflak har en lägre vikt vilket gör att en lastbil kan frakta mer, men är i stället ett dyrare alternativ än stålflak. Ju större gasvolym desto mer kostnadseffektivt är alltså transport via gasnätet, där inga vikt-begränsningar finns (Anderson et al. 2019).

Priset för fordonsgas följer priset för alternativa bränslen som bensin och diesel. Priset på fordonsgas följer generellt bensinpriset, men 10–20% lägre, och vilken biogas som är lönsam bestäms alltså av bensinpriset. Det finns dock en hög betalningsvilja för fordonsgas vilket gör det till den biogasprodukt som genererar störst intäkter (Energimyndigheten 2020d). Efterfrågan på fordonsgas är som sagt högre än biogasproduktionen och därför finns även en efterfrågan på det fossila alternativet, naturgas. Prissättningen på naturgas varierar mellan olika delar av världen och ungefär hälften av den europeiska marknaden utgår från hubbar. Även naturgaspriserna är alternativkostnadsbaserad i kombination med utbud och efterfrågansmekanismer (Vestman et al. 2014). Biometan är ca 20% dyrare än naturgas för slutkunden (Winqvist et al. 2021).

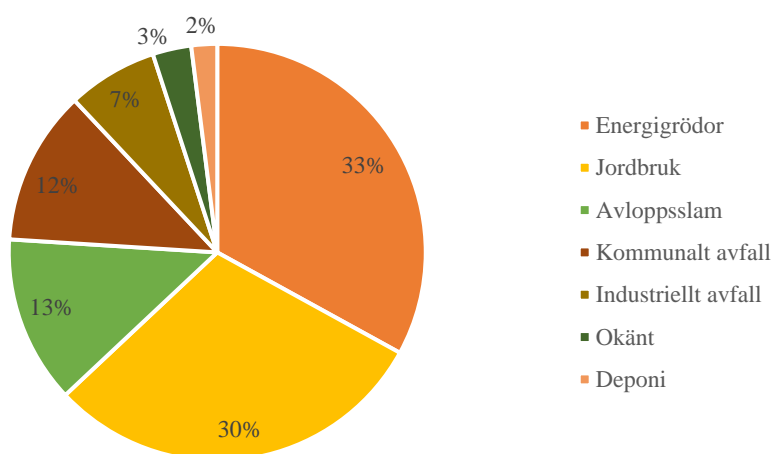
2.3 Biometanmarknaden i Europa

EU är världsledande inom biodiesel som bränsle i transportsektorn. Under de senaste åren har uppmärksamheten skiftat från just biodiesel och bioetanol till biometan på grund av den låga klimatpåverkan under hela livscykeln. De redan drygt 1,4 miljoner naturgasfordon som finns i Europa idag (NGVA 2019) skapar stora möjligheter för att gå över till andra, förnybara, gasformiga bränslen, liksom redan etablerad tank- och distributionsinfrastruktur (Scarlat et al. 2018).

Den totala biogasproduktionen i Europa år 2015 var 654 PJ (Petajoule) (Scarlat et al. 2018) vilket motsvarar ca 5% av den totala naturgasanvändningen (Eurostat 2020). Biogasen har flera olika användningsområden men generellt i EU används den till största delen till elgenerering, ibland i kombination med värmeproduktion för att öka vinstmarginalen. Uppgradering till biometan förekom år 2015 i 15 europeiska länder där Tyskland, Storbritannien och Sverige hade flest produktionsanläggningar (Scarlat et al. 2018).

Det är inte bara användningen som skiljer sig avsevärt mellan olika europeiska länder, utan även det substrat som används i produktionen (Scarlat et al. 2018). I Figur 2 visas den gemensamma råvaruuppdeleningen för Europa. Produktionen sker främst genom anaerob fermentering med jordbruksavfall, energigrödor och

gödsel. Användningen av just energigrödor har ökat kraftigt till följd av det stora utbytet och bra transportmöjligheter (Scarlat et al. 2018). Det är dock en kontroversiell fråga då användningen av första generationens grödor till biodrivmedel konkurrerar med livsmedelsförsörjning och indirekt bidrar till avskogning (González-García et al. 2013). Första generationens biodrivmedel utgör mer än 80% av EU:s användning. Andra generationens biodrivmedel är i stället exempelvis bio-SNG. Ifrågasättande av hållbarheten i produktionen har bidragit med en osäkerhet vad gäller marknadsutvecklingen.



Figur 2: Råvaror för biometanproduktion i Europa 2018 (EBA biomethane map 2020).

2.3.1 Mål och lagstiftning

FN:s Agenda 2030 ligger till grund för mycket av det hållbarhetsarbete som genomförs i världen idag. De 17 globala hållbarhetsmålen antogs 2015 och flera av dem kopplar till utvecklingen av biogasmarknaden (SOU 2019:63):

- Mål två inkluderar uppmaning om att *främja ett hållbart jordbruk*, vilket kan appliceras på rötning av gödsel för att minska metanutsläpp och återföring av näringsämnen genom biogödsel.
- Mål sex om en *hållbar förvaltning av vatten och sanitet* kan kopplas till bearbetning av avloppsslam och dess användning som substrat.
- Mål sju om *hållbar energi för alla* där biogas är en viktig förnybar energikälla som kan användas i många olika sektorer.
- Mål nio om *motståndskraftig infrastruktur och hållbar industrialisering samt främja innovation* där utbyggnad av gasnät och tankstationer är infrastruktur som är viktig för en fortsatt utveckling av biogasmarknaden tillsammans med innovativa nya tekniker för mer kostnadseffektiv biogasproduktion och för att bana väg för förgasning av biomassa och därmed behjälpa den tuffa konkurrensen om substrat.

- Mål elva som syftar till *hållbara städer* med rötning av biologiskt avfall och förnybara bränslen till bland annat transportsektorn som två viktiga delar.
- Mål tolv om *hållbar konsumtion och produktion* kopplat till biogasens cirkulära idé, förnybar energikonsumtion och den hållbara livsmedelsproduktion som följer av ett hållbart jordbruk.
- Mål tretton som uppmanar till *att vidta omedelbara åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna* som har resulterat i många mål på både EU nivå och nationell nivå, där biogas ses som en del i att ersätta fossila energikällor med förnybara.
- Slutligen ger mål fjorton om att *nyttja de marina resurserna på ett hållbart sätt för en hållbar utveckling* utrymme för nya substrat som restprodukter från fisk och skaldjur eller nyttjande av alger.

Klimatkonventionen (UNFCCC) har antagits av många av världens länder, däribland Sverige och Finland, och trädde i kraft 1994. Knutet till ramkonventionen vid start var Kyotoprotokollet som 2015 ersattes av det nya globala klimatavtalet, Parisavtalet (SOU 2019:63). Mål tretton i agenda 2030 om att vidta åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna hänvisar till FN:s klimatförhandlingar och knyter därmed an till Parisavtalet (FN-förbundet 2017). Parisavtalet är rättsligt bindande och innehåller åtaganden om att hålla den globala uppvärmningen till under 2 °C men att allt som går ska göras för att den inte ska överstiga 1,5 °C.

På EU-nivå finns nu mål till 2030 och 2050. Det långsiktiga målet är att minska EU:s utsläpp med 80–95% till 2050 från 1990. Och nivåerna för klimat- och energiramverket till 2030 är en minskning med 40%, som med klimatmålsplanen för 2030 finns ett förslag att höja till 55% (Europeiska kommissionen 2021b). Utsläppen är uppdelade mellan de utsläpp som omfattas av EU:s utsläppshandelsystem (EU ETS) och de som inte gör det, och därmed ingår i den icke-handlande sektorn. Den icke-handlande sektorn ska uppnå en minskning med 30% medan de utsläppen som omfattas av EU ETS ska minska med 43%. Vidare ska andelen av energianvändningen som tillgodoses av förnybar energi vara 27% större och en effektivisering av energianvändningen på 27-30% jämfört med 2007 ska uppnås (SOU 2019:63).

EU har flera direktiv som anknyter till biogasmarknaden. Till skillnad från förordningar, som blir bindande från dagen de träder i kraft, måste direktiv implementeras i medlemsländernas egen lagstiftning inom utsatt tid (Europeiska kommissionen 2021a). Exempel på relevanta direktiv är Avfallsdirektivet (2008/98/EG) som innebär en ökad insamling av organiskt avfall, Infrastrukturdirektivet (2014/94/EU) om utbyggnad av infrastruktur för alternativa bränslen och Förnybarhetsdirektivet (2009/28/EG) som berör andelen förnybart i transport-

sektorn. Det omarbetade förnybarhetsdirektivet (REDII) som måste genomföras senast juni 2021 medför att biogas nu omfattas av ursprungsgarantier och även inkluderas i kategorin biomassabränslen och kan därmed anta mer strikta hållbarhetskriterier än de som är gemensamma för hela EU (SOU 2019:63).

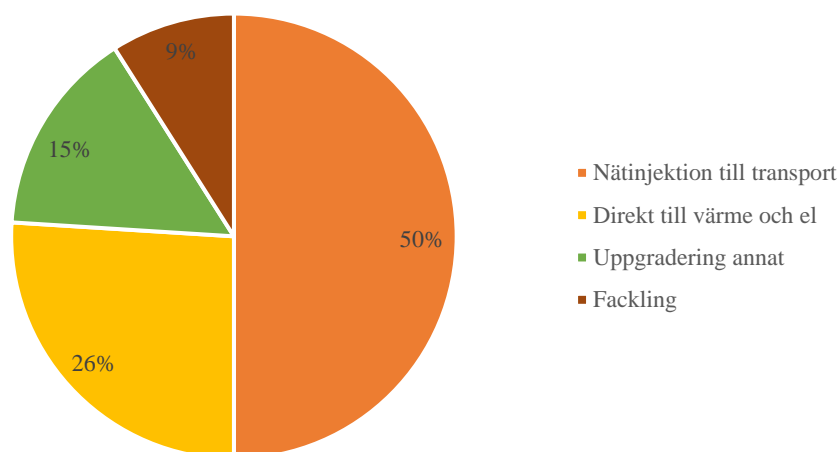
EU:s konkurrensregler påverkar möjligheterna att införa statliga ekonomiska styrmedel riktade mot en viss verksamhet. Det är inte tillåtet så länge de inte gäller ett specificerat undantag till exempel omfattas av gruppundantagsförordningen (651/2014). Stöd till biobränslen får inte överkompenseras, vilket innebär att ett stöd endast får kompensera för de kostnader som överskrider kostnaden för det fossila alternativbränslet (SOU 2019:63). Energimyndigheten (2020d) beräknade att produktionskostnaden av biogas år 2019 var högre än priset för naturgas och bedömer därmed att skattereduktionen var befogad. Statsstödsregelverket kan göra det svårt för medlemsländerna i utformningen av effektiva styrmedel. Energiskattedirektivet (2003/96/EG) reglerar till exempel medlemmarnas bränslebeskattning för att inte störa den inre marknaden (SOU 2019:63).

2.4 Sverige

En tredjedel av Sveriges totala utsläpp utgörs av utsläpp från inrikes transporter (Sveriges miljömål 2021). Till följd av bland annat befolkningsökning och ökad e-handel förväntas även transporterna att öka. Biodrivmedel är avgörande för en snabb omställning av fordonsflottan men är även viktig på lång sikt. Förutsättningarna för att utöka en hållbar inhemsk produktion av biodrivmedel är goda då Sverige har stor tillgång till restprodukter från både jord- och skogsbruk (IVA 2019).

Infrastruktur för komprimerad fordonsgas är väl utbyggd och nyttjas främst av lätta lastbilar och personbilar. För tyngre fordon och sjöfart krävs utbyggnad av en motsvarande infrastruktur för flytande biogas då denna har lägre bränsleförbrukning och lägre klimatpåverkan. För att möta den ökande efterfrågan av biodrivmedel behövs styrmedel som inte bara kopplar till stimulans av marknaden utan även direkt riktat mot produktionen (IVA 2019). Det västsvenska gasnätet sträcker sig från Danmark upp längst hela västkusten och är över 3 000 km. Det finns även mindre gasnät i vissa större städer runt om i Sverige och även lokala gasnät i anslutning till produktionsanläggningar. Sedan 2015 har biogas-användningen i Sverige har ökat med över 50%. Den svenska biogasmarknaden är beroende av dansk gas. I och med en stor ökning i efterfrågan hinner inte den svenska biogasproduktionen med, vilket har resulterat i att endast 4,5% av de 23% biogas som finns på gasnätet var från inhemsk produktion år 2018 (SOU 2019:63).

Som visas i Figur 3 är användningen av biogas i Sverige främst kopplad till uppgradering till biometan för användning i transportsektorn. Detta skiljer sig mycket från resterande europeiska länder och beror sannolikt på inriktningen på styrmedlen.

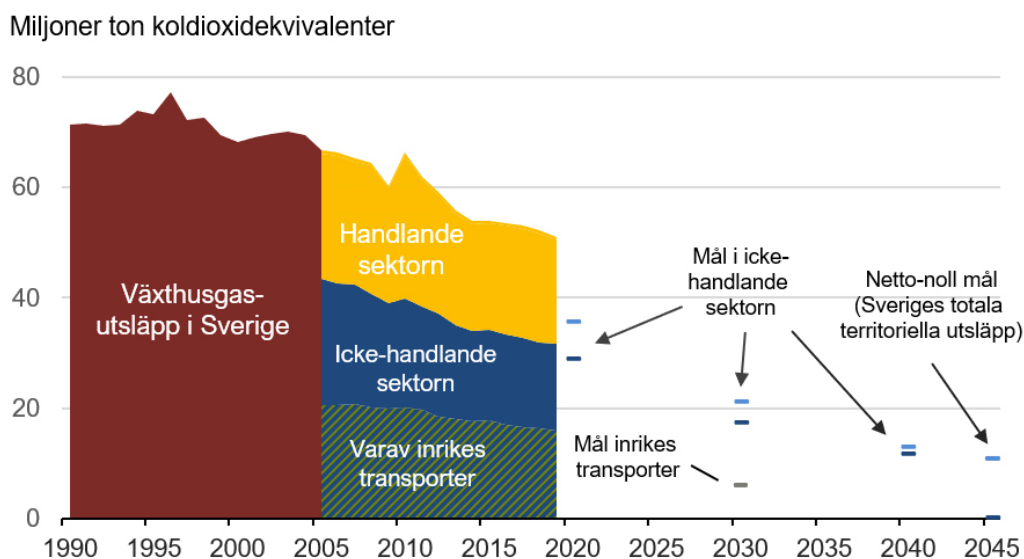


Figur 3: Användning av biogas i Sverige 2020 (Boesgaard 2017).

2.4.1 Klimatpolitiska mål

I Sverige utgörs grunden för miljöpolitiken av 16 satta miljö kvalitetsmål och 17 etappmål. (SOU 2019:63) har pekat ut åtta av dem som kopplade till biogasproduktion och användning. Dessa är: begränsad klimatpåverkan, frisk luft, bara naturlig försurning, giftfri miljö, ingen övergödning, levande sjöar och vattendrag, ett rikt odlingslandskap och god bebyggd miljö. Naturvårdsverkets utvärdering (2019) bedömde att inget av målen kommer att kunna uppnås inom den givna tidsramen och att det till och med går att utläsa en negativ utveckling för två av målen: ett rikt odlingslandskap och begränsad klimatpåverkan.

Förutom Sveriges övergripande mål om nettonollutsläpp till 2045, finns även etappmål till 2020, 2030 och 2040 för den icke handlande sektorn (Naturvårdsverket 2021c). Transportsektorn som inte omfattas av EU ETS har ett eget etappmål om 70 procent mindre utsläpp från inrikes transporter till 2030 (mot 2010) (Naturvårdsverket 2020a). Detta innebär att transportsektorn står inför en stor omställning där el, vätgas och biodrivmedel alla ses som delar av lösningen. I Figur 4 visas Sveriges växthusgasutsläpp för olika sektorer och mål kopplade till den icke-handlande sektorn.



Figur 4: Sveriges växthusgasutsläpp uppdelat på utsläpp inom EU ETS och den icke handlande sektorn samt klimatmål för den icke handlande sektorn (Naturvårdsverket 2021c).

För att nå målen till 2030 för den icke handlande sektorn bedömer SOU i biogasutredningen (2019) att ytterligare insatser behövs. Transportsektorn beräknas endast nå halvvägs till de uppsatta målen och en ökning av biodrivmedel är avgörande för att maximera chanserna att nå målen. Tre fjärdedelar av den utsläppsreduktion som har uppnåtts sedan 2010 kan härledas till just ökad användning av biodrivmedel (SOU 2019:63).

2.4.2 Styrmedel

Det finns många olika typer av klimatpolitiska ekonomiska styrmedel för att nämna några: energiskatt, utsläppsskatt, miljöavgifter, moms, driftstöd, investeringsstöd och skattelättnad. Dessa kan delas in i direkta och indirekta styrmedel där de fyra första är indirekta stöd och de tre senare benämns direkta stöd. Alla styrmedel verkar tillsammans och en marknadseffekt avgörs inte av ett specifikt stöd. Det finns en risk med att tillämpa stöd under lång tid, vilket är att prisnivån bibehålls hög. Detta innebär att stödnivåer hela tiden måste ses över för att när marknaden är mogen kunna fasas ut. En önskad konsekvens av investeringsstöd kan vara att driften inte prioriteras eftersom det endast är byggandet av anläggningen som stöds. Dock minskar risken för investeraren och ofta byggs dyra och stora anläggningar. Produktionsstöd gör i stället att stor och effektiv produktion premieras vilket kan vara fördelaktigt beroende på vilket energislag och vilket stadium i marknadsutvecklingen det handlar om (Nordisk ministerråd 2000). Detta avsnitt är till stor del baserat på det betänkande som Statens offentliga utredningar redovisade, som gav förslag på långsiktiga konkurrenskraftiga villkor för biogas (SOU 2019:63).

Utöver Klimatklivet som beskrivs i avsnitt 2.6 finns flera andra styrmedel som inverkar på biogas och biometanmarknaden i Sverige. Det kan göras skillnad på vilken del av kedjan stöden har som avsikt att påverka. Antingen kan de vara riktade mot ökad användning och på så sätt driva på marknadsutvecklingen, och i andra fall handlar det om att stöden är riktade direkt mot ökad produktion (SOU 2019:63).

Sverige har många styrmedel som knyter an till biogasmarknaden och ett viktigt administrativt styrmedel är reduktionsplikt. Reduktionsplikten som infördes i juli 2018 inkluderar inte biogas. Det som regleras är hur stor reduktion av utsläpp som produktionskedjan genererar. År 2020 gällde procentsatserna 21% lägre växthusgasutsläpp för diesel och 4,2% för bensen, i jämförelse med helt fossila alternativ. Principen bygger på att kostnaden för omställningen till förnybart läggs på de som använder fossil diesel och bensen (Energimyndigheten 2020c). Energigas Sverige (2017a) anser att reduktionsplikten är ett långsiktigt styrmedel för låginblandning av biodrivmedel men att andra styrmedel måste införas för att skapa incitament för bränslebyte till helt förnybara höginblandade alternativ som biogas. Detta eftersom det handlar om olika distributionssystem för flytande bränslen, gasformiga bränslen respektive el. Med syftet att kostnaden ska läggas på de fossila användarna och el- och gasdistributörer inte har tillgång till dessa skulle kostnaden även hamna hos användarna av förnybara bränslen. Innan reduktionsplikten infördes ställdes krav på en utsläppsminskning på 6% till 2020 genom drivmedelslagen (2011:319) (Energimyndigheten 2020a).

Det finns även många ekonomiska styrmedel som riktar sig antingen direkt mot biogas eller mot transportsektorn. Styrmedel som är direkt inriktade på biogas utöver Klimatklivet inkluderar gödselgasstödet som riktar sig till produktion av biogas från gödsel och löper mellan 2014–2023. Stödet bidrar till biogasproduktion som används till el, värme och fordonsgas och kräver alltså inte att gasen måste uppgraderas. Uppgradering av gasen bedöms dock ha störst miljönytta (SOU 2019:63). Stödet ges baserat på energiinnehållet i den producerade rågasen och det maximala stödbeloppet är 40 öre/kWh (Jordbruksverket 2021b).

Ett tillfälligt stöd till producenter av biogas sattes in 2018 som ett komplement till gödselsstödet. Då det länge har funnits en skev konkurrens mellan svenskproducerad och importerad gas. Eftersom mycket av de svenska styrmedlen är inriktade på ökad användning och andra länder generellt fokuserar sina stöd på produktionen av biogas får importerad gas stöd i båda skeden medan svensk gas går miste om produktionsstöd (SOU 2019:63). Stödet ges per kWh rågas med ett maximalt stödbelopp på 40 öre/kWh och det är endast gas som används som fordonsgas som kan få stöd (Jordbruksverket 2020).

Biogas och andra förnybara drivmedel är även helt eller delvis befriade från energi- och koldioxidskatten som tas ut på fossila bränslen. Detta gör biogasen mer konkurrenskraftig i relation till de fossila alternativen och gäller även importerad gas. Skattebefrielsen har länge betraktats som det mest effektiva styrmedlet för biodrivmedel men nu är det mer troligt att reduktionsplikten är det viktigaste styrmedlet på området (SOU 2019:63). Under 90-talet bidrog energi- och koldioxidskatten till en kraftigt ökad användning av bioenergi i framför allt fjärrvärmeproduktionen. Från början var syftet med energiskatten att minska oljeberoendet. 1991 i och med införandet av koldioxidskatten skiftade syftet till att vara kopplat till klimatpolitiken (Sahlin & Carlsson Reich 2006).

Landsbygdsprogrammet innefattar flera olika stöd och har varit verksamt mellan 2014–2020 och nu även förlängt mellan 2021–2022 (Jordbruksverket 2021a). Det är ett EU-program som hanteras av Jordbruksverket och inkluderar bland annat investeringsstöd till användning och produktion av biogas från gödsel, uppgradering eller rötresthantering. Totalt finns 37 miljarder kronor tillgängligt för samtliga områden (Jordbruksverket 2021c). I slutet av 2018 kunde det konstateras att endast 16% av de 217 Mkr avsatta till biogas hade utnyttjats. Detta tror Jordbruksverket kan bero på konkurrens med Klimatklivet och den osäkerhet som är kopplad till politiken kring biogas. Programmet inkluderar även ett projektstöd för utveckling av processer, teknik och metoder för en hållbar utveckling av jordbruket och hälften av budgeten hade i slutet av 2018 gått till projekt inom biogas (SOU 2019:63).

Slutligen finns även styrmedel riktade mot transportsektorn som berör biogas. bonus-malus är ett bonussystem riktat mot inköp av biogasfordon och trädde i kraft i juli 2018. En bonus tilldelas de bilar som har låga utsläpp och en förhöjd fordonsskatt straffar de som har höga utsläpp (SOU 2019:63). Eftersom det finns en viss fördröjning mellan det att ett nytt styrmedel införs till att de får effekt är det svårt att avgöra om det går att se några effekter av stödet. Bonus-malus ersatte dock en femårig skattebefrielse för gasbilar med samma syfte (Malmkvist 2017). Skattebefrielsen var tillgänglig för personbilar mellan 2010–2012 och efter det även lätta lastbilar och bussar, samt husbilar (Transportstyrelsen 2021).

Drive LBG är ett så kallat innovationskluster som finansieras av Energimyndigheten men har Energigas Sverige som värdorganisation (Malmkvist 2020). Innovationsklustret är verksamt mellan 2018–2021 och är inriktat på flytande biogas. I likhet med Klimatklivet ges stöd till bland annat förvätskningsanläggningar, tankstationer och inköp av tunga fordon (SOU 2019:63).

Utöver ovan nämnda finns många fler styrmedel som indirekt påverkar biogasmarknaden några exempel är trängselskatten, miljözoner, elbusspremien (SOU 2019:63). En klimatpremie för miljölastbilar har även betalats ut sen 2020

och går tillskillnad från Drive LBG och Klimatklivet att söka när som helst och inte under specifika ansökningsperioder. Stödet gäller 40% av merkostnad eller 20% av inköpspriset för inköp av tunga lastbilar (Gasum 2021).

2.5 Finland

Resultatet från matchningen, som användes för att ta fram vilket land som är lämpligast för en internationell jämförelse med Sverige, visade att det lämpligaste landet är Finland. I detta avsnitt presenteras därför bakgrundsinformation om landet, som sedan kommer att användas i analysen.

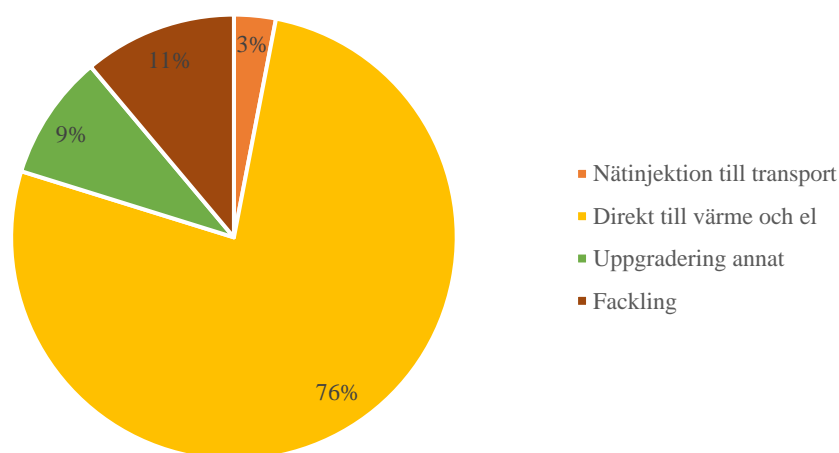
Utsläppen från transportsektorn stod för ungefär 20% av landets totala utsläpp 2015 och 94% av transportsektorns utsläpp kommer från just vägtransport. Regeringens strategi för att reducera utsläppen från transportsektorn är att förlita sig på en blandning av biomassa och kärnkraft. Det finns dock en risk att strategin är otillräcklig, på grund av brist på hållbara inhemska biodrivmedel och förseningar i utvecklingen av kärnkraft (IEA 2018). På grund av de långa avstånden i landet och många tunga industrier är det totala antalet godstonkilometer i Finland är nästan dubbelt så många som det europeiska genomsnittet (Ministry of the Environment and Statistics Finland 2017). Ministry of Economic Affairs and Employment (2020) bedömer att biogas kommer att ha en roll i Finlands transportsystem men att den kommer att ha en betydligt mindre roll än andra biobränslen. Detta är framför allt till följd av en brist på hållbara substrat och att produktion av bio-SNG inte är tekniskt eller ekonomiskt mogen för att vara lönsamt. Den koldioxidbaserade beskattningen av fordon orsakade en övergång från bensin till diesel och bidrog till en lägre bränsleförbrukning i nya fordon. Sedan 2010 går det att se en nedåtgående trend av utsläppen från transportsektorn, vilket beror på ökad inblandning av biobränslen (Ministry of the Environment and Statistics Finland 2017).

Länge har deponier varit den största källan till biogas i landet men sedan 2016 har biologiskt avfall gått om som den främsta källan. Gräsensilage står för den största biogaspotentialen men även produktion av bio-SNG är en stor outnyttjad källa (Gustafsson et al. u.å.). Finland har mycket export från skogsindustrin och restprodukterna används i stor utsträckning för värme- och elproduktion. Restprodukterna kan dock vara för lite för den omfattande planerade användningen. Fjärrvärme och biodrivmedel konkurrerar om råvarorna samtidigt som tekniker för produktion av andra generationens biobränslen inte är fullt utvecklade (IEA 2018).

Finland har ingen egen naturgasproduktion och är därför beroende av bränsleimport. En gasledning från Ryssland till östra Finland invigdes 1973 och försörjer landet med naturgas (Ministry of the Environment and Statistics Finland 2017). Sedan slutet av 2019 är även en anslutning till Estland i drift (Gasgrid 2021). Det

finska gasnätet i sydöstra Finland drevs fram till 2019 av Gasum Oy som ägs av den finska staten. Utöver de 1 300 km som gasnätet sträcker sig finns även runt 24 lokala nät runt om i landet. Gasum är även den största biogasleverantören i landet och är också verksam i Sverige (IEA 2018). Gasum började 2016 bygga biogastankstationer för att bryta det dilemma som landet stod inför: eftersom det inte har funnits några tankstationer för fordonsgas har kunderna inte valt gasbilar och eftersom det inte funnits någon efterfrågan på biometan har inte investeringar gjorts i tankstationer (Winquist et al. 2019).

I Finland används biogasen främst till värme och elproduktion vilket kan ses i Figur 5 och en väldigt liten andel går till transporter.



Figur 5: Användning av biogas i Finland 2020 (Boesgaard 2017).

2.5.1 Klimatpolitiska mål

Finlands klimatpolitik är baserad på internationella överenskommelser som UNFCCC, Parisavtalet och EU bestämmelser (Ministry of the Environment and Statistics Finland 2017). Finland en färdplan för energi och klimat till 2040 som innehåller mål om nettonollutsläpp till 2035 (MEAE et al. 2019). Till 2030 ska Finland ha nått 50 procent förnybar energi av den totala slutgiltiga energiförbrukningen och 40 procent förnybara drivmedel i transportsektorn (IEA 2018). Det mål som ligger till grund för utformningen av styrmedel är att minska utsläppen från transportsektorn med hälften till 2030 jämfört med 2005 (MEAE et al. 2019). En av de mer kostnadseffektiva åtgärderna är att effektivisera fordonen medan konvertering till biogas och leverans- och inblandningsskyldigheter är betydligt dyrare (IEA 2018).

Utöver konkreta inblandningsmål har de även mål om ett minskat importberoende både vad gäller olja och övriga energikällor, samt att halvera oljekonsumtionen till

2030. Landet har stora möjligheter att investera i avancerad biobränsleproduktion från avfall och restprodukter och regeringen har lagt fram en ny stödordning för alternativ bränsleinfrastruktur som även inkluderar gastankstationer. De har ingen övre gräns för hur stor inblandning av biodrivmedel som är tillåtet och lägger därmed ansvaret på bränsleproducenterna. För att accelerera utbytet av fordonsflottan har Finland bland annat mål om 250 000 eldrivna fordon och 50 000 gasdrivna fordon till 2030. Samtidigt jobbar de för ett skifte mot kombinerade mobilitetstjänster, *Mobility as a Service (MaaS)*, som kommer att leda till ett minskat individuellt ägande av fordon (IEA 2018).

Sammantaget har Finland följande mål som påverkar transportsektorn:

- Nettonoll växthusgasutsläpp till 2035
- halverad oljekonsumtion 2030
- 50 000 gasdrivna fordon 2030
- 40% förnybara drivmedel i transportsektorn 2030

2.5.2 Styrmedel

Det finska biogassystemet är liksom det svenska beroende av ekonomiskt stöd. Det finns tre olika stöd direkt kopplat till biogasproduktion: inmatningstariffer för elproduktion, investeringsstöd för industriell produktion och produktion kopplat till jordbruket och slutligen undantag för biometan från drivmedelsbeskattningen (Winqvist et al. 2019). Men även Finland har indirekta styrmedel på drivmedelsmarknaden som påverkar marknadsutvecklingen för biogas.

Europeiska kommissionen (2020) beskriver distributionsskyldigheten som det viktigaste styrmedlet för biodrivmedel. Biogas är dock inte inkluderat och styrmedlet riktar sig till företagen som säljer drivmedel och baseras på drivmedlets energiinnehåll. Styrmedlet innebär att drivmedelsdistributörer varje år måste leverera en viss andel biodrivmedel. Leveransandelen har ökat från 6% 2011 till 20% 2020. En dubbelräkning görs, alltså att energiinnehållet räknas dubbelt för avancerade biobränslen, vilket inkluderar biobränslen från bland annat avfall och restprodukter (Vero skatt 2016). Regeringen (RP 48/2021) bedömer att om biogas skulle inkluderas i distributionsskyldigheten skulle biogasens värde öka vilket kan ha bedömts ha en positiv effekt på lönsamheten för produktionsanläggningar. Det skulle i sin tur kunna medföra ett minskat behov av investeringsstöd. En risk är dock att andra låginblandade biodrivmedel, till exempel diesel, minskar i och med att skyldigheten uppfylls på andra sätt. Att inkludera biogas i distributionsskyldigheten skulle dock innebära att en anmälan till europeiska kommissionen behöver göras då ett villkor i gruppundantagsförordningen (artikel 41.3) är att biobränslen som har en leveransskyldighet inte får beviljas stöd. Detta kan eventuellt medföra att ändringar i investeringsstöden behöver göras.

Finland har en energi- och koldioxidbeskattning som beror på drivmedlets värmevärde respektive växthusgasutsläpp (Finansministeriet 2021). För koldioxid-skatten delas biodrivmedel in i tre grupper där icke hållbara biodrivmedel beskattas likvärdigt som fossila bränslen, hållbara biobränslen beskattas med 50 procent och biobränslen producerade från bland annat avfall eller restprodukter, är helt är undantagna från koldioxidskatten (Europeiska kommissionen 2020). Sedan 2014 har skatten varit 58€/tCO₂. Koldioxidbeskattning infördes första gången 1990 som en beskattning baserat på koldioxidinnehåll och reformerades 2011 till den kombinerade energi- och koldioxidbeskattning de har idag. Miniminivåer för energibeskattning i EU sätts genom energiskattedirektivet (2003/96/EG). Finlands nivå ligger dock betydligt högre än miniminivåerna med syfte att minska energianvändningen och energieffektivisera.

Investeringsstödet för produktion kopplat till jordbruket är inom Finlands program för landsbygdsutveckling och ges ut via det EU-finansierade program som löper mellan 2014–2020 (Winquist et al. 2019). Det är många områden utöver biogasproduktion som är inkluderade. Utöver finansiering från den europeiska jordbruks-fonden för landsbygdsutveckling ingår även medel från regeringen och kommuner. Totalt handlar det om över 80 miljarder kronor som finns tillgängliga för samtliga områden (EAFRD 2020). Stödet täcker upp till 40% av investeringskostnaden om jordbruksanläggningen främst använder energin i sin egen verksamhet eller 30% av investeringskostnaden om gården säljer energin till utomstående i form av till exempel el eller fordonsbränsle (Winquist et al. 2021).

Investeringsstödet kopplat till industriell produktion heter Energistöd och ger stöd upp till 30% av investeringskostnaden eller upp till 40% för ny teknik. Syftet är att hjälpa till att främja ny teknik, investera i nya anläggningar eller utbyggnad av redan befintlig producerande anläggning (Business Finland 2021). Stödet har varit på plats sedan 1999 men i sin nuvarande form sedan 2019 (IEA 2017). Det är främst riktat mot den icke-handlande sektorn vilket inkluderar produktion av avancerade biobränslen för transport. Stora projekt, över 50 Mkr, handläggs hos Arbets- och näringsministeriet och små projekt hos Business Finland. Målet är att stödet ska fasas ut i takt med att teknologier utvecklas (MEAE et al. 2019). Totalt har ca 40 biogasanläggningar beviljats stöd varav ca 20 under 2017–2019. De flesta projekten är biogasproduktion kopplat till kommunalt avfall och behandling av avloppsslam. Från 2019 behöver biogasprojekt även presentera en plan för behandling av rötresten (Arbets- och näringsministeriet 2020).

Mellan 2018–2021 har ett omvandlingsstöd för personbilar varit tillgängligt tillsammans med ett infrastrukturstöd. Omvandlingsstödet riktar sig till bilägare som vill konvertera sina diesel eller bensinbilar till gas eller etanol och för konvertering till gas kan 1000€ erhållas (Traficom 2021). Infrastrukturstödet gäller upprättande av fordons-gastankstationer och elbils-laddning. Finska energi-

myndigheten beviljar de projekt som vunnit ett anbudsförfarande (Energiavirasto 2021). I anbudsförfarandet konkurrerar projekten inom tre grupper. För grupp ett som gäller gastankstationer är anslaget 3 000 000 € och det högsta av alla grupperna (FörfS 498/2018). Sedan inrättandet av stödet har 37 tankstationer beviljats stöd varav 7 av dem redan är installerade (RP 48/2021 rd).

Framåt planeras flera nya styrmedel, bland annat att inkludera biogas och elbilar i kvotplikten med förhoppningen att öka användningen av biometan i transportsektorn, att införa infrastrukturstöd för arbetsplatser och bostadsbolag och att införa upphandlingsstöd för tunga lastbilar (Ministry of Transport and Communications 2021).

2.6 Klimatklivet

Klimatklivet är ett svenskt investeringsstöd som är inriktat på fysiska investeringar som minskar växthusgasutsläpp. Stödet är alltså aktivt inom många olika branscher och områden som till exempel energiproduktion, industri och transporter. Alla utom privatpersoner kan ansöka om stöd, dessa aktörer kan vara allt ifrån kommuner och regioner till företag. Som det ser ut idag är en majoritet av de sökande företag. Stödet har delats ut sedan 2015 och regleras genom EU-bestämmelser och klimatklivsförordningen (2015:517). Ansvaret är huvudsakligen uppdelat mellan länsstyrelserna och Naturvårdsverket med hjälp av underlag från andra myndigheter. Länsstyrelserna stöttar den sökande och gör en första bedömning av ansökan, varpå Naturvårdsverket gör en slutgiltig bedömning och fattar beslut om utbetalning. I Naturvårdsverkets bedömning av ansökan beaktas främst utsläppsminskning per investerad krona. Stöd ges inte ut till åtgärder som är allt för lönsamma (Naturvårdsverket 2021d). Beviljandet ges i sin tur via artiklar i Gruppundantagsförordningen (651/2014) som styr vilka typer av investeringar som kan beviljas stöd (Naturvårdsverket 2021e). Utöver att minska utsläppen av växthusgaser syftar stödet även till att påverka fler av Sveriges miljömål positivt liksom till att sprida ny teknik (Naturvårdsverket 2021b). Tiden mellan det att stödet beviljas till slutdatum för en anläggning, tankstation eller fordon bedöms vara i genomsnitt ca 1,5 år. Först när slutdatumet nås måste alltså åtgärden vara genomförd och det är därför en viss fördröjning från det att stöd beviljas tills enheten kan ses i statistiken (Naturvårdsverket 2021a).

Innan Klimatklivet har andra miljöinvesteringsprogram genomförts: de Lokala investeringsprogrammen (LIP) mellan 1998 och 2002 och Klimatinvesteringsprogrammen (Klimp) mellan 2003 och 2012 (Naturvårdsverket 2020b). De båda föregångarna har givit stöd till liknande åtgärder och kan vara att tacka för den starka utvecklingen av biometanmarknaden redan innan Klimatklivet. LIP kunde sökas av kommuner för investeringar med positiva miljöeffekter och Klimp gav ut nästan 1,8 miljarder kronor varav ca en tredjedel av bidraget betalades ut till biogasåtgärder: produktion, fordon och tankstationer (Naturvårdsverket 2013).

2.6.1 Uppgradering biogas

Klimatklivet ger stöd till uppgradering av biogas. I vissa fall inkluderar ansökningarna både uppgraderings- och förvätskningsanläggningar och i andra fall biogasproduktion med uppgradering i anslutning. Uppsatsen fokuserar på just uppgraderingsdelen och de ansökningar som inkluderar nya uppgraderingsanläggningar har valts ut. Det finns vissa otydligheter gällande vilka delar ansökningarna inkluderar, men Klimatklivet har beviljat stöd till minst elva nya uppgraderingsanläggningar mellan 2015–2020. Detta motsvarar mellan 15–20% av alla anläggningar i drift 2020 (Naturvårdsverket 2021a).

2.6.2 Fordonsgastankstationer

Under åren som Klimatklivet har givit stöd till tankstationer har det handlat om främst tankstationer för flytande och komprimerad biogas men även tankstationer för biodiesel och några få för bioetanol. Det totala stödbeloppet för biogastankstationer beräknas till ca 788 Mkr mellan åren 2015–2020. Och beräknad CO₂e-minskning för dessa är drygt 200 MCO₂e (Naturvårdsverket 2021a). Av de omkring 150 beviljade ansökningar för fordonsgastankstationer mellan 2015–2020 är 85 slutbetalda och 6 upphävda. Ca 60 är tankstationer för komprimerad gas och drygt 50 är tankstationer för flytande biogas. Beviljade ansökningar för flytande biogas har beviljats från 2017 och framåt medan komprimerad biogas har förekommit sedan stödet började ges ut. I omkring 20 av fallen går det inte att hitta information om det handlar om flytande eller komprimerad gas och i flera av ansökningarna handlar det om tankstationer för både flytande och komprimerad (Naturvårdsverket 2021a).

2.6.3 Biogasfordon

Stöd till inköp av biogasfordon har främst skett sedan 2018. Det gäller nästan uteslutande lastbilar och mellan 2015–2020 har 432 flytande biogasfordon och 72 fordon med komprimerad biogas beviljats stöd.¹ Det totala stödbeloppet för biogasfordon beräknas till nästan 129 Mkr mellan åren 2015–2020. (Naturvårdsverket 2021a).

¹ Angus, Cecilia. 2021. Handläggare, Klimatklivsenheten för transporter. E-post 6 maj.

3 Teori

Här beskrivs hur styrmedel kan utvärderas och kapitlet innehåller även en beskrivning av teorin bakom de valda statistiska metoderna och beskrivning av betydelsen av den statistiska styrkan i analysen.

För att utvärdera ett styrmedel finns det ett antal metoder att tillämpa. Europa kommissionen (Europeiska kommissionen 2013) beskriver två olika angreppssätt för att utvärdera effekterna av ett stöd. Det första besvarar frågan: *varför fungerar det?*, där teorin bakom stödet jämförs med implementeringen. Och det andra besvarar frågan: *gör det skillnad?*, där orsakseffekter uppskattas med en kontrafaktisk metod (Europeiska kommissionen 2013). I den här rapporten kommer fokus att ligga på det senare angreppssättet. Ett kontrafaktiskt scenario beskriver vad som skulle ha hänt utan insats eller med alternativa insatser (Vinnova 2014). Det kontrafaktiska scenariot är alltså en grupp som inte mottar stöd eller mottar andra stöd, men som i övrigt helt motsvarar gruppen som mottar stöd. Eller att observera stödmottagarna innan och efter införandet av ett stöd och då kan problemet formuleras enligt Ekvation 1.

$$\Delta_{B-A} = E + O_{B-A} \quad (1)$$

Där Δ_{B-A} är skillnaden innan och efter införandet, E är den verkliga effekten av stödet och O_{B-A} är andra förändringar över tid, som symboliserar den förändring i utveckling över tid som inte är kopplat till stödet. Det är svårt att identifiera orsakseffekter så länge den sista termen inte uppskattas till noll, vilket i de flesta fall inte är en rättvis representation av verkligheten. En betydligt vanligare metod är i stället att jämföra de som fått stöd med de som inte fått stöd och problemet kan då formuleras enligt Ekvation 2.

$$\Delta_{T-NT} = E + S_{T-NT} \quad (2)$$

Där Δ_{T-NT} är skillnaden i resultat mellan en grupp som fått stöd och en som inte fått stöd, E är den verkliga effekten av styrmedlet och S_{T-NT} är påverkan från urvalsprocessen, även kallat urvalsfel eller selektionsbias. Liksom i den föregående metoden måste den sista termen kunna approximeras till noll för att ett kausalt samband mellan effekt och styrmedel ska kunna etableras. För att vara helt säker på att urvalsfel är noll är det optimalt att använda en experimentell metod och slumpmässigt välja ut vilka som får stöd och inte, för att sedan jämföra grupperna. Detta är tyvärr ofta inte möjligt i praktiken med hänsyn till krav kopplade till ansökningsprocessen (Europeiska kommissionen 2013).

3.1 Matchningsmodell

När det inte är möjligt att använda en experimentell metod för att minimera urvalsfelet kan en observationsstudie med matchning genomföras. Behandlade enheter matchas med obehandlade enheter med liknande värden på kovariater. Kovariater är benämningen på variabler som påverkar studiens utfall: till exempel utveckling av biogasmarknaden, eller behandlingsvariabeln: till exempel länder med ett visst klimatstyrmedel och länder utan. Varje enhet, i det här fallet länderna, har en vektor som består av dess kovariater, uppmätta innan behandlingen sattes in, och den behandlade enheten matchas till en eller flera obehandlade enheter (Gu & Rosenbaum 1993).

Två val måste göras när matchningen konstrueras. Först måste definitionen av avståndet mellan vektorerna väljas, sedan måste en algoritm väljas som tilldelar kontrollenheter till den behandlade enheten och slutligen måste strukturen för de matchade seten att fastställas (Gu & Rosenbaum 1993). Det finns ett antal olika metoder för att uppskatta avståndet, det mest grundläggande är Euklidiskt avstånd. Det funkar bra så länge kovariaterna väger lika tungt och inte är beroende av varandra. I verkligheten har variablerna ofta en korrelation mellan varandra och metoden kan då ses som bristfällig. När det handlar om just avståndsuppskattning som inkluderar flera variabler samtidigt, så kallad multivariat analys, är i stället Mahalanobis avstånd och propensity score två bra metoder. Med propensity score uppskattas sannolikheten att motta behandlingen givet ett antal kovariater som vanligtvis uppskattas med hjälp av en logitmodell, exempelvis logisk regression. För att denna beräkning ska vara stabil krävs både ett flertal behandlade enheter och ett flertal obehandlade enheter och eftersom denna studie endast innefattar en behandlad enhet är denna metod inte aktuell. Med Mahalanobis avstånd uppskattas i stället kovariansmatrisen och avståndet mellan respektive enhets samtliga kovariater beräknas enligt Ekvation 3.

$$D^2(\bar{x}, \bar{y}) = (\bar{x} - \bar{y})^T S^{-1} (\bar{x} - \bar{y}) \quad (3)$$

Där S^{-1} är inversen av kovariansmatrisen. $(x - \bar{x})^T$ är transponatet av matrisen innehållandes, i detta fall, avståndet mellan Sveriges vektor och vektorn för varje land. Kovariansen mellan två vektorer och beräknas enligt Ekvation 4.

$$cov(A, B) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (A_i - \mu_A)^* \times (B_i - \mu_B) \quad (4)$$

Där μ_A är medelvärdet av A, μ_B är medelvärdet av B och * betecknar komplexkonjugat. Kovariansmatrisen är sedan matrisen bestående av variansen för varje variabel och den parvisa kovariansen mellan variablerna,

$$S = \begin{pmatrix} \text{cov}(A, A) & \text{cov}(A, B) \\ \text{cov}(B, A) & \text{cov}(B, B) \end{pmatrix}$$

Kovariansen mellan två vektorer beskriver hur dessa samvarierar och variansen för en vektor beskriver hur variabler är spridda från medelvärdet. För en matris där varje kolumn är en vektor för respektive kovariat, beräknas i stället den parvisa kovariansen mellan varje kolumnkombination enligt Ekvation 5.

$$S(i, j) = \text{cov}(A(:, i), A(:, j)) \quad (5)$$

Där $A(:, i)$ innebär den i :te kolumnen i A -matrisen och $A(:, j)$ den j :te kolumnen (MathWorks 2021).

För att sedan para ihop en behandlad enhet med en obehandlad enhet baserat på avståndet, är den vanligaste metoden en algoritm som kallas *nearest neighbor matching*. Det fungerar helt enkelt så att varje behandlad enhet matchas med den närmaste valbara obehandlade enheten. Detta görs utan någon optimering och utan hänsyn till hur de andra enheterna har blivit eller kommer att bli matchade (Greifer 2021).

3.2 Statistisk slutledning

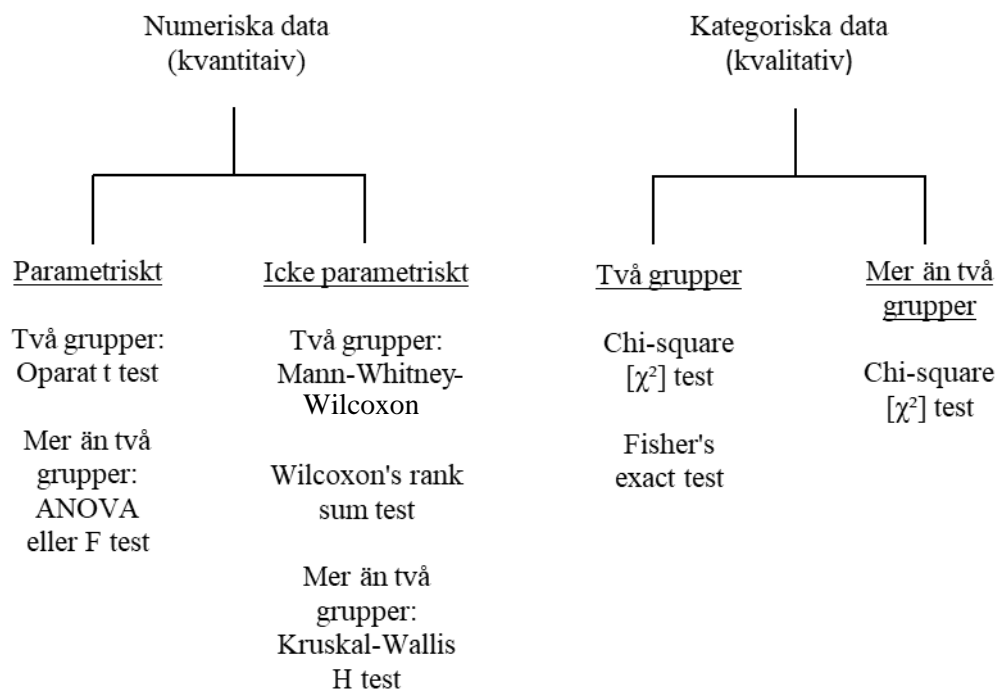
3.2.1 Statistisk styrka

För att tolka slutledningen måste en acceptabel nivå för urvalsfel specificeras. Det vanligaste tillvägagångssättet är att specificera ett typ I-fel, även kallat testets signifikansnivå (α), vilket är sannolikheten att förkasta nollhypotesen när den faktiskt är sann (false positive). Genom att specificera typ I-felet bestäms även det associerade felet, typ II (β), vilket representerar sannolikheten att förkasta nollhypotesen när den faktiskt är falsk. Den statistiska styrkan, alltså tillförlitligheten, beror inte endast på α -värdet utan även på urvalsstorlek och effektstorlek. Effektstorleken hjälper till med att bedöma om det observerade förhållandet är betydelsefullt och urvalsstorleken påverkar känsligheten för signifikans: för stora urval kommer nästan vilken effekt som helst att vara signifikant medan väldigt små urval leder till att även stora effekter inte kommer att vara signifikanta. I detta fall används endast fem mätpunkter för respektive grupp, vilket är en väldigt liten urvalsstorlek. Alla tre aspekter samverkar och måste bedömas tillsammans (Hair, Jr. et al. 2013).

3.2.2 Val av hypotestest

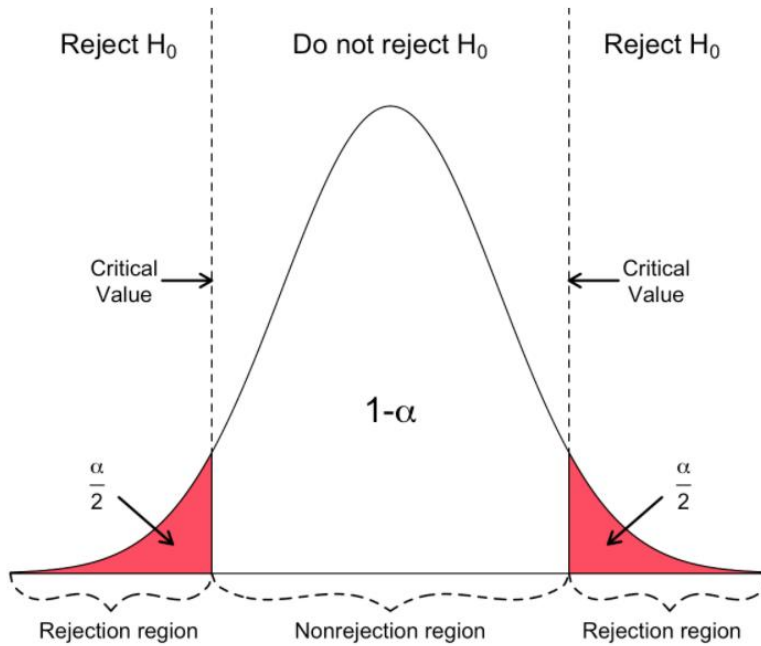
För att undersöka om det finns en skillnad mellan två olika grupper används ett så kallat hypotestest. Hypotestest delas in i parametriska test och icke parametriska test. Parametriska test används när fördelningen kan anses vara normalfördelat medan icke parametriska test är oberoende av fördelningen av den underliggande

populationen. Ett parametriskt test är alltid mer kraftfullt än ett icke parametriskt test, i de fallen då antagandena är uppfyllda. (De Canditiis 2019). Det krävs en relativt stor urvalsstorlek för att kunna hitta avvikelser från en normalfördelning. För urval färre än 50 kommer endast extrema typer av icke-linearitet att visas. Vid för små urval har normalfördelningstester generellt väldigt låg statistisk styrka och därför en låg sannolikhet att upptäcka icke-linjära data (NCSS u.å.). Under 20-25 observationer går det inte att utgå ifrån att grupperna är normalfördelade (Wermke u.å.). Om data inte är normalfördelat eller om det finns osäkerheter i hur fördelningen ser ut är det säkrare att använda ett icke parametriskt test, beslutsvägen kan ses i Figur 6 (Nayak & Hazra 2011). Det icke parametriska test som är att föredra för två oberoende grupper är alltså ett Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW).



Figur 6: Val av statistiskt test för oparade grupper (Nayak & Hazra 2011).

Vid en hypotesprövning finns det två sätt att ta beslutet huruvida nollhypotesen kan avvisas eller inte: kritiskt värde eller p-värde. För att använda p-värde krävs ett tillräckligt stort urval och bygger på att testets statistiska utfall kan approximeras med en normalfördelning. För små urval kan det vara fördelaktigt att använda kritiskt värde. Då jämförs testets statistiska utfall mot det definierade kritiska värdet. Det kritiska värdet beräknas genom den valda signifikansnivån α och typen av fördelning som antas, i Figur 7 demonstreras det kritiska värdet för en normalfördelning (Hartmann et al. 2018). För få antal observationer för MWW går de kritiska värdena att hitta i tabellen i bilaga A.



Figur 7: Visualisering av kritiskt värde för ett tvåsidigt test av nollhypotesen som i detta fall beskrivs med en normalfördelningskurva (Hartmann et al. 2018).

3.2.3 Mann-Whitney-Wilcoxon

Mann-Whitney U test, även kallat Wilcoxon's rangsummetest eller Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW), är en icke parametrisk motsvarighet till ett oberoende t-test. Testet går ut på att observationerna för båda länderna rangordnas och att varje observation tilldelas ett rangtal, 1 för den lägsta och i detta fall 10 för den högsta. Testet använder medianen för jämförelse i stället för medelvärdet för två populationer och kräver inget antagande om normalfördelning. För $\alpha = 0,05$ måste provstorleken vara minst fyra per grupp alltså $n = 8$ för att MWW ska ha en möjlighet att förkasta nollhypotesen (Fay & Proschan 2010). För en summa av n_1 och n_2 som är mindre eller lika med 10 beräknas testvariabeln enligt Ekvation 6 (Heagerty 2004).

$$U_x = n_x \times n_y + \frac{n_x(n_x+n_y+1)}{2} - \sum R_x \quad (6)$$

Där R är summan av rangen för respektive grupp, n är antalet observationer och x och y är de två olika grupperna som testet utförs på.

Om U-värdet är lika stort eller mindre än det kritiska U-värdet från tabell kan nollhypotesen förkastas och en signifikant skillnad mellan grupperna kan fastslås. Ju tydligare skillnader det är mellan gruppernas rangtal, desto lägre U-värde erhålls alltså. Om U värdet däremot är högre än det kritiska värdet kan ingen slutsats om likheter eller skillnader mellan grupperna dras.

3.2.4 Effektstorlek

Effektstorleken är ett mått på hur stor skillnaden är mellan två grupper. Detta mått påverkas inte av stickprovsstorleken och kan därför vara ett bra komplement till signifikansanalysen. De tre vanligaste sätten att beräkna effektstorleken är oddskvot, standardiserad skillnad mellan medelvärden eller korrelationskoefficient (Löfgren 2015). För större stickprovsstorlekar kan testvariabeln approximeras med en normalfördelning men för fall med få antal observationer kan effektstorleken rapporteras genom mått som Vargha och Delaneys A (VDA) eller Cliffs delta (CD), som inte förutsätter någon underliggande fördelning. De beskriver sannolikheten att en observation i den ena gruppen är större än en observation i den andra gruppen och fångar även riktningen på sambandet (Mangiafico 2016). VDA och CD beräknas enligt Ekvation 7 och 8 (RDRR 2021).

$$VDA = \frac{U}{n_1 \times n_2} \quad (7)$$

Där U är resultatet av MWW testet och n är antalet observationer.

$$CD = (VDA - 0,5) \times 2 = \frac{2U}{n_1 \times n_2} - 1 \quad (8)$$

VDA antar ett värde mellan 0 och 1 där 0,5 innebär att de båda grupperna är lika och det inte finns någon effektstorlek eftersom det inte finns någon skillnad mellan grupperna. Värden under 0,5 innebär att den första gruppen har större sannolikhet att anta ett värde som är större än den andra gruppen och för värden över 0,5 gäller tvärt om. Värdet för CD varierar i stället mellan -1 och 1 och är jämförbar med motsvarande beräkningar för icke parametriska test och kan därför vara intuitivt lättare att tolka.

Ett icke parametriskt test som MWW rangordnar resultatvariabeln för att hitta en signifikant skillnad i rangen och inte i effekter i den ursprungliga enheten. Även en effektstorlek som exempelvis CD är baserad på rangen. Det kan därför även vara intressant att kolla på skillnaden mellan de två gruppernas resultatvariabel i dess ursprungliga enhet. Detta kan exempelvis göras genom att beräkna medianen av den parvisa skillnaden mellan de två grupperna. Den parvisa skillnaden beräknas genom att en observation i den första gruppen jämförs med samtliga observationer i den andra gruppen och sedan görs detta för samtliga observationer i den första gruppen. Slutligen beräknas medianen av samtliga skillnader och kan användas som en representativ storlek på skillnad mellan grupperna (Garstats 2016). Signifikanstestet tillsammans med effektstorlek i rangtal och effektstorlek i ursprunglig enhet ger ett bra underlag för att kunna tolka resultatet och bedöma testets statistiska styrka.

4 Metod

I detta kapitel beskrivs studiens genomförande för samtliga delar och motiveringar till de valda kovariaterna. Det innehåller även en beskrivning av hur datainsamlingen har gått till och hur saknade data har hanterats.

Studien genomförs i form av en fallstudie som jämför ländernas styrmedelsmix i relation till marknadsutvecklingen för biometan i transportsektorn. Studien genomförs i samarbete med Naturvårdsverket i syfte att utvärdera effekterna av styrmedelsmixarna i länderna med utgångspunkt i deras investeringsstöd Klimatklivet.

I Naturvårdsverkets lägesbeskrivning av Klimatklivet (Pädam et al. 2020) definieras tio olika typåtgärder enligt vilka de beviljade åtgärderna delas in. Biodrivmedel ansågs vara den typåtgärd som var lämpligast för en internationell jämförelse, främst baserat på tillgång till data. Följande är underkategorier till den valda typåtgärden: anläggning för biogasproduktion (som drivmedel), anläggning för produktion av andra biodrivmedel och tankstation för biogas. Det beslutades sedan att studien skulle vara inriktad på fordonsgas och därför ligger fokus på punkt ett och tre. Utöver detta ger Klimatklivet även stöd till inköp av tunga fordon där gasdrivna fordon är inkluderat. Resultatvariablerna som studien fokuserar på fastställdes alltså till: uppgraderingsanläggningar, tankstationer för fordonsgas och biogaslastbilar.

För att genomföra den internationella jämförelsen matchas Sverige med ett annat land som har liknande förutsättningar för biogasproduktion och införande av klimatstyrmedel. Sedan genomfördes en kartläggning av det valda landet respektive Sverige där biogasmarknad, klimatpolitiska mål och styrmedel på området beskrevs. Tillsammans med en beskrivning av Klimatklivet och deras finansierade åtgärder la detta grunden till rapportens analysdel. Fortsättningsvis genomfördes en statistisk hypotesprövning som testade om det fanns någon statistisk signifikant skillnad mellan de två ländernas procentuella utveckling och en beräkning av effektstorleken kopplat till skillnaden. Detta gjordes för de tre utvalda områdena: uppgraderingsanläggningar, tankstationer för fordonsgas och biogaslastbilar.

4.1 Val av land

Målet med matchningen var att konstruera ett kontrafaktiskt scenario för jämförelse med utfallet i Sverige där investeringsstödet har getts ut. För att identifiera vilket land som var relevanta för den internationella jämförelsen beräknades Mahalanobis avstånd mellan Sverige och ett antal andra länder för att sedan matcha Sverige med det land som motsvarar landet i alla relevanta hänseenden utöver just stödaspekten.

De länder som valdes till matchningen är samtliga EU länder, Storbritannien, Norge och Schweiz. Storbritannien valdes eftersom de var medlemmar i EU under de åren studien ämnar utvärdera. Norge har tillgång till den inre europeiska marknaden genom Europeiska ekonomiska samarbetsområdet (EES) och bedömdes likna Sverige med hänsyn till storlek och naturtillgångar. Slutligen ingår Schweiz i många av de dataserier som hämtats och har även ett frihandelsavtal med EU liknande EES (Kommerskollegium 2019).

För att beräkna Mahalanobis avstånd mellan Sverige och samtliga länder användes en MATLAB kod, se bilaga B, baserad på ekvationer från avsnitt 4.2. Först räknades kovariaterna om till orelaterade skalade variabler genom att dividera med kovariansmatrisen och sedan beräknades den euklidiska distansen mellan de nu skalade värdena. Länderna matchades sedan med Sverige genom *nearest neighbour matching* då det i detta fall endast finns en behandlad enhet och därmed behöver ingen optimering av matchningar göras för andra behandlade enheter.

För att beskriva utgångspunkten när stödet infördes har målet varit att hitta statistik från 2015, alltså året Klimatklivet implementerades. I de flesta fallen har detta varit möjligt men några variabler är från något av de angränsande åren eller framräknade genom interpolation. Genom att använda data för innan stödet givit effekt på marknadsbilden kan förutsättningarna för respektive land beskrivas så bra som möjligt. Att data kommer från exakt det året då stödet infördes anses mindre viktigt. Samtliga variabler finns presenterade i bilaga C. För variablerna användes absoluta tal med resonemanget att desto mer biomassatillgångar desto större potential till att utveckla en biogasmarknad. Det finns en kritisk massa med en övre gräns där mer skog inte betyder mer biogaspotential, liksom en undre gräns där det inte är tillräckligt med absolut mängd biomassatillgångar för att utveckla en biogasmarknad.

4.1.1 Kovariater

Kovariaterna som användes i uträkningen av Mahalanobis avstånd är variabler som påverkar antingen resultatvariabeln eller behandlingsvariabeln. Behandlingsvariabeln är ett (1) om ett land har Klimatklivet, alltså endast Sverige och noll (0) om ett land inte har Klimatklivet, alltså resten av länderna i studien. Målet är att matcha ett land som får en viss behandling med ett land som inte får samma behandling, för att kunna se effekter från behandlingen i fråga. Det handlar alltså både om variabler som påverkar biometanmarknaden och om variabler som är mer allmänna som påverkar sannolikheten att införa liknande styrmedel. Utifrån kartläggningen av biogasmarknaden har de kovariater som bedöms ha potential att påverka marknadsutvecklingen valts ut och utifrån genomgång av relevant litteratur har kovariater som bedöms påverka införandet av klimatstyrmedel identifierats.

Jordbruksmark

Jordbrukslandskap erbjuder en stor potential att bidra med biomassa för att nå mål kopplade till mer förnybar energi. Användningen av restbiomassa för biogasproduktion ses som ett av de mer lovande alternativen för produktion av förnybar energi (Tamburini et al. 2020). Restprodukter från jordbruket kan alltså ses som en stor resurs för biogasproduktion och jordbruksmarken representerar i denna rapport landens inbyggda potential. Eftersom mer restbiomassa betyder en större biomassapotentia och därmed ökad möjlighet för en snabbare utveckling av biogasmarknaden används data i absoluta värden och inte procentuellt av landets totala yta. Data för jordbruksmark inkluderar mark som är odlingsbar, som används till att odla fleråriga grödor eller som används till permanent bete (World Bank Group 2021a).

Skogsareal

Förgasning av biomassa från skogen är en väg att gå för att möta en ökande efterfrågan av biogas. Förgasningstekniken har stordriftsfördelar och de tänkta anläggningarna är i samma storleksordning som hela den svenska marknaden för biogasuppgradering och är därför inte lönsamt själv. För att använda förgasning som en del av lösningen krävs alltså politiskt stöd och en tydlig satsning (Grönkvist et al. 2015). Statistiken för skogsareal inkluderar land med antingen naturligt eller planterat skogsbestånd som är minst fem meter höga men exkluderar parker i statsmiljö och träd på mark som nyttjas till jordbruk (World Bank Group 2021b).

Förnybart kommunalt avfall

Kommunalt avfall är den fjärde vanligaste råvaran för biometanproduktion i Europa (EBA 2020). Denna kategori inkluderar det avfall som samlas in av kommunen och tas om hand om genom någon form av avfallshanteringssystem. Det består till största delen av hushållsavfall men inkluderar även avfall från bland annat butiker och kontor (Eurostat 2013). Tillgänglig bruttoenergi beräknas generellt genom att addera primärproduktion, återvunna produkter, import minus export och lagerförändringar (Eurostat 2021b).

Avloppsslam

Denna variabel representerar, liksom skogs- och jordbruksareal och förnybart avfall, råmaterial för biogasproduktion. Data över avloppsslam saknades för många av länderna, därför används i stället data för andelen av befolkningen som är kopplade till sekundär avloppsrening. Sekundär avloppsrening måste följa avloppsdirektivets (91/271/EEG) krav och sker vanligen genom biologisk rening. Det som blir kvar efter avloppsreningen är just avloppsslam (André et al. 2016). Mängden avloppsslam som bildas beror på många olika aspekter och det finns en stor variation i hur länderna väljer att ta hand om det. Avloppsslammet innehåller

mycket näringsämnen men även föroreningar och vanligast är att det används som gödningsmedel i jordbruket eller att det komposteras (Eurostat 2021d).

Naturgasfordon

Eftersom biometan obehindrat kan blandas in i naturgasen i gasnätet och senare tankas i redan existerande tankstationer, kan antalet naturgasfordon i ett land bedömas motsvara den redan inbyggda efterfrågan av biometan.

BNP

Bruttonationalprodukt (BNP) är ett mått som beskriver landets ekonomiska situation och är summan av landets varor och tjänster, minus de varor och tjänster som används för att skapa dessa. För att jämföra länder kan BNP uttryckas i köpkraftsstandar, vilket betyder att värdet anpassas till en gemensam valuta för att eliminera prisskillnader mellan länderna (Eurostat 2021c). Ansvarsfördelningsbeslutet (406/2009/EG) om att rikare länder, alltså länder med högre BNP per capita, ska minska växthusgasutsläppen medan de med lägre BNP får öka sina utsläpp. För att de båda länderna ska ha samma åtaganden gentemot EU, bedöms BNP vara en relevant variabel.

Urbanisering

Urbanisering är ett mått på hur många personer som bor i ett stadsområde. Klassificeringen av tätort och landsbygd kan skilja mellan olika länder och beror på vilka gränser som sätts och vilka faktorer som tas med i bedömningen (The World Bank 2018). OECD (2021) har tillsammans med EU tagit fram en gemensam definition för att en jämförelse mellan länderna ska vara möjlig. Eftersom samtliga länder i jämförelsen är del i något av dessa två samarbeten kan urbanisering, i detta fall, användas som en direkt jämförelse mellan de aktuella länderna.

Hög urbanisering har en stark koppling till mer högteknologiska samhällen och stadsområden utgör en gynnsam miljö för lösningen till såväl sociala som miljörelaterade problem (The World Bank 2018). Elliott et al. (1997) beskriver att invånare i länder med mer befolkade stadsområden visar större vilja att stödja investeringar som gynnar miljön. Detta grundar sig i att stadsbor är mer utsatta för luftföroreningar och därför mer benägna att vilja göra någonting åt det, vilket i sin tur speglas i landets politik. Denna variabel kan alltså anses påverka landets benägenhet till att genomföra investeringar som gynnar miljön och således även att införa politiska styrmedel kopplat till utsläpp och miljöpåverkan. Data för personer som lever i stadsområden har hämtats från The World Bank och uttrycks som procent av den totala befolkningen.

Korruption

Corruption Perceptions Index är ett sammansatt index baserat på olika undersökningar där uppfattningen om korruptionsgraden för offentlig sektor har kartlagts. Resultatet är ett index där noll innebär en väldigt hög nivå av korruption och där 100 innebär en väldigt låg nivå av korruption. Korruption påverkar hela samhällsbilden och bidrar bland annat till färre investeringar och minskade offentliga finanser (Eurostat 2021a). En högre korruptionsgrad kan därför resultera i färre resurser att använda till införandet av politiska styrmedel för att gynna förnybar energi.

Utbildningsnivå

Utbildningsnivå anses vara positivt associerad med miljömedvetenhet (Elliott et al. 1997). Vid utbildning på eftergymnasial nivå är det större sannolikhet att individer har kommit i kontakt med idéer och begrepp kopplade till miljöism i högre grad. Därmed påverkas politiska initiativ på området. Data för andelen av befolkningen med högskole- eller universitetsutbildning hämtas från Eurostat.

4.2 Statistisk jämförelse av Sverige och ett annat land

Den statistiska metod som valts för att kvantifiera skillnaderna mellan länderna är Mann-Whitney-Wilcoxon som har tillämpats genom beräkningar av U-värde som jämförs mot en tabell med kritiska U-värden för respektive stickprovsstorlek för en signifikansnivå på 5%. Signifikansnivån är den risk att felaktigt förkasta nollhypotesen som accepteras. Syftet med studien är att undersöka om styrmedelsmixen har gjort att det finns en skillnad i den procentuella utvecklingen mellan länderna. Forskningshypotesen blir därför att grupperna skiljer sig åt. Medan nollhypotesen, vilken är den som testas med MWW, är att grupperna är lika. Genom att förkasta nollhypotesen stärker vi alltså forskningshypotesen.

I signifikanstestet, MWW, beräknades ett observerat U-värde för Sverige och det motsvarande landet för respektive resultatvariabel:

1. observationerna rangordnades för de båda populationerna
2. summan av rangen (U) beräknades enligt Ekvation 6
3. Rangsumman jämfördes med det kritiska värdet i given tabell i bilaga A.

För att slippa ta hänsyn till ingångsvärde och befolkning används procentuella förändringar för uppgraderingsanläggningar, tankstationer och fordon, och inte faktiska antal. Ingen skillnad på flytande och komprimerad biogas gjordes i de statistiska testesterna på grund av avsaknaden av data. En diskussion kring de olika formerna av biogas kommer dock att tas upp i analysen.

För att komplettera signifikanstestet beräknades även effektstorleken både i termer av rangen och i termer av ursprunglig enhet. Först beräknas Cliffs delta

genom Ekvation 8 följt av den parvisa skillnaden mellan de två ländernas procentuella utveckling för de tre intressanta resultatvariablerna. Som beräknades genom följande steg.

1. Den procentuella utvecklingen av respektive resultatvariabel för åren mellan 2015-2020 utgjorde var sin mätpunkt
2. avståndet mellan varje mätpunkt för Sverige till samtliga mätpunkter för det motsvarande landet beräknades
3. medianen av samtliga avstånd användes och användes som en representativ skillnad mellan ländernas utveckling.

4.3 Deskriptiv jämförelse

För att besvara studiens frågeställningar kombinerades resultaten från den statistiska analysen med beskrivningen av ländernas fordonsmarknader, klimatmål och styrmedel på området. Skillnader i ländernas utveckling försöktes förklaras med utgångspunkt i ovanstående och olika typer av stöd ställdes mot varandra.

4.4 Datainsamling

Data för kovariaterna som används i beräkning matchningen hämtas från The World Bank, Eurostat, OECD och diverse publicerade rapporter från ex. Energigas Sverige. Data för resultatvariabeln biogasfordon för Sverige hämtades från Statistiska centralbyrån (SCB) och för Finland från Statistikcentralen, data för biometanproduktion erhöles från respektive lands biogasförening och data över antalet tankstationer hämtades från European alternative fuels observatory (EAFO).

4.5 Saknade data

För att komplettera dataserier för kovariaterna till matchningen, där ett fåtal värden saknades, användes i första hand ett värde från antingen 2014 eller 2016. Där denna data inte fanns att tillgå kontrollerades om utvecklingen var linjär eller exponentiell och därefter interpolerades eller extrapolerades värdena fram enligt fastställd utveckling. Se bilaga D för beräkning av saknade värden.

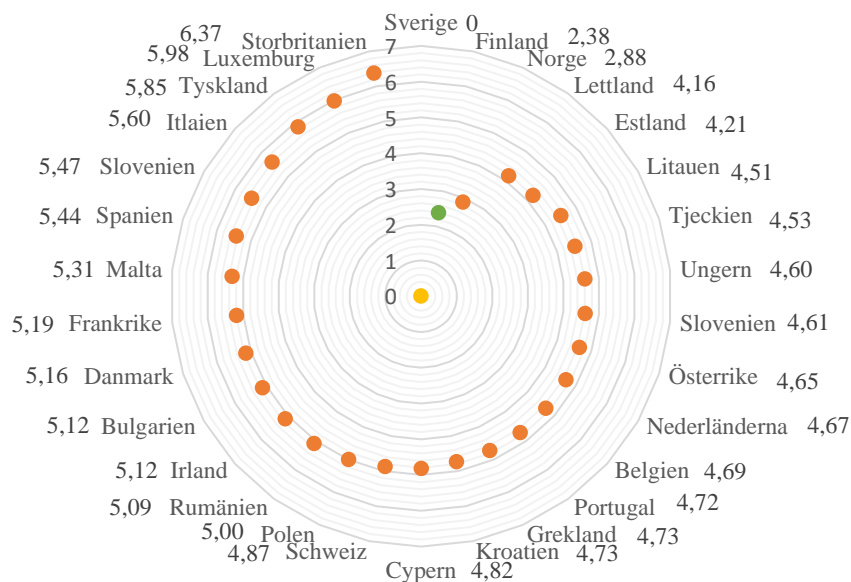
I några av resultatvariablerna saknades värden för 2020, då data fortfarande håller på att sammanställas. I dessa fall användes linjär extrapolering för att uppskatta det saknade värdet, se bilaga D.

5 Resultat

Här redovisas resultatet från de statistiska testerna som senare används i analysen samt en känslighetsanalys som undersöker hur valet av kovariater påverkar resultatet av matchningen.

5.1 Val av land

Det bästa landet för jämförelsen väljs ut genom *nearest neighbour matching* baserat på beräkningar av Mahalanobis avstånd. Dessa beräkningar utgår från data för de två länderna i form av ett antal kovariater som beskriver ländernas biomassapotential och benägenhet att införa klimatstyrmedel. Figur 8 illustrerar de olika ländernas Mahalanobis avstånd till Sverige. I mitten av grafen är Sverige och den gröna punkten är den punkt som har kortast Mahalanobis avstånd till Sverige, vilken representerar Finland. Närmast efter Finland kommer Norge, följt av Lettland och Estland.

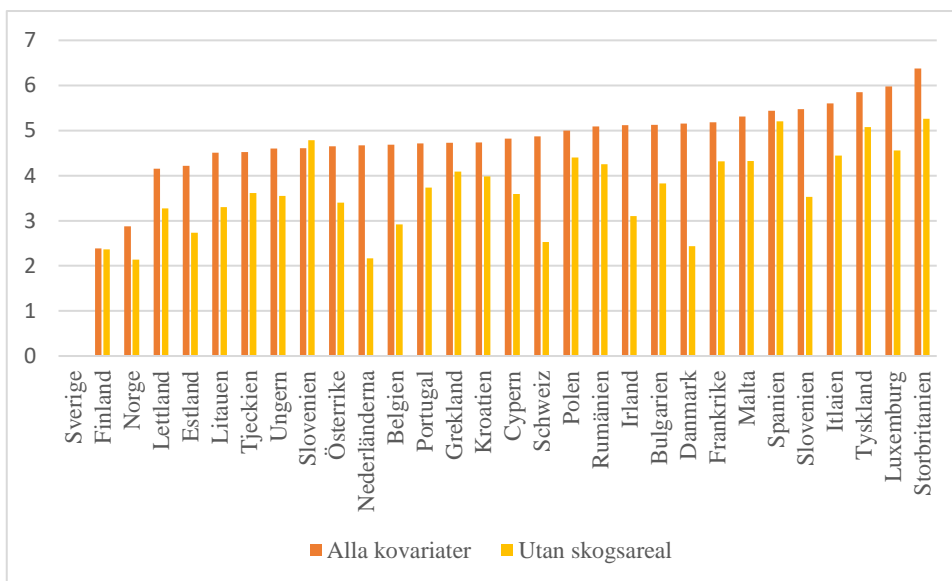


Figur 8: Resultat från MATLAB simulering. Mahalanobis avstånd från Sverige för samtliga länder som var med i matchningen.

Det fanns en osäkerhet kopplad till om matchningen borde använda kovariaterna kopplade till biomassatillgång i absoluta värden eller i procent av total landareal respektive per capita. Absoluta värden ansågs mest lämpligt vilket även förklaras i underavsnitt 4.1.1. För att undersöka hur antagande påverkade utfallet beräknades även Mahalanobis avstånd för variablerna per capita. Oberoende av vilken enhet som används blir resultatet att det kortaste Mahalanobis avstånd till Sverige tillhör Finland. Därmed kan matchningen med Finland anses tillförlitlig. Detta bekräftas även med känslighetsanalysen som presenteras i nästa avsnitt (5.25.2), som visar att Finland ligger närmast eller inom de tre närmaste länderna, oavsett vilka kovariater som utsluts.

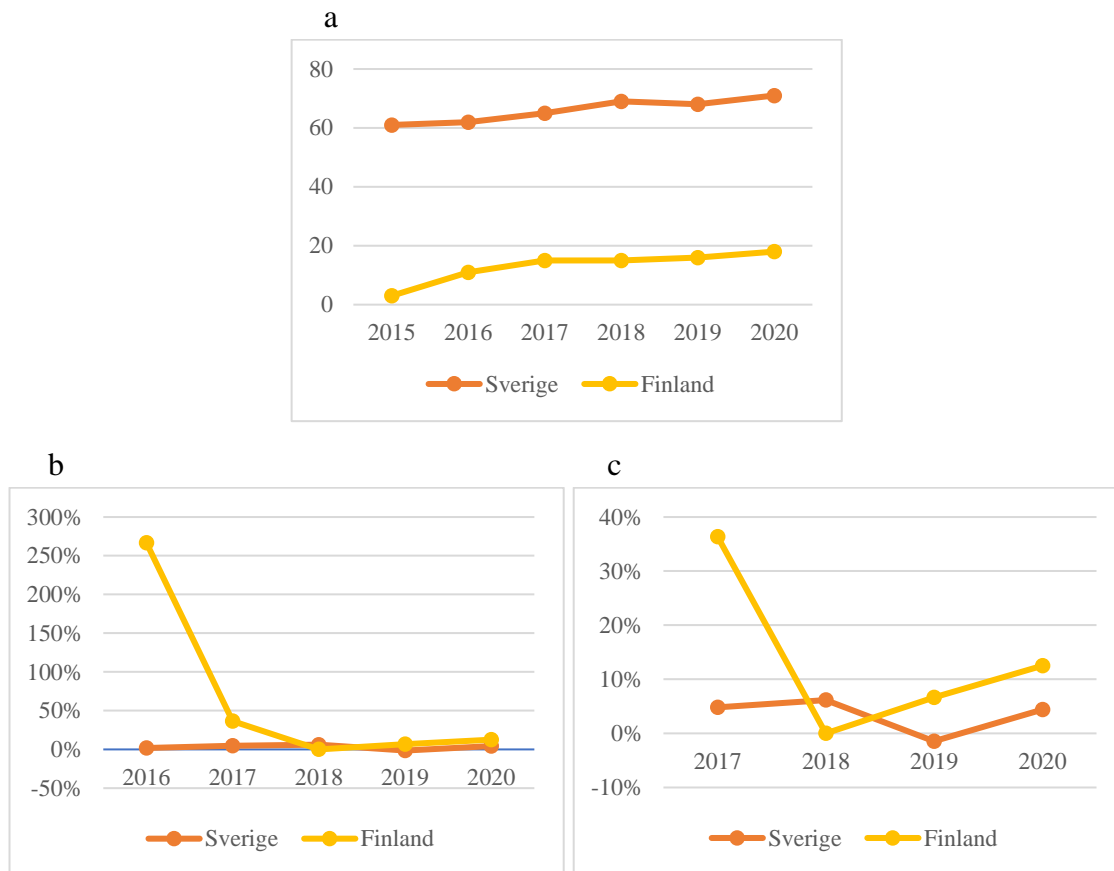
5.2 Känslighetsanalys

De kovariater som testas i matchningen för val av land har valts ut baserat på kartläggningen av de två länderna och genomgång av relevant litteratur kopplat till benägenhet att införa klimatstyrmedel. En känslighetsanalys för kovariaterna genomförs där en variabel i taget utesluts för att undersöka vilka variabler som påverkar utfallet av vilket land som har kortast Mahalanobis avstånd till Sverige. Resultatet av känslighetsanalysen visas i Figur 9 där beräkningar med alla kovariater, representerat med orange staplar, jämförs med beräkningar då skogsareal utesluts, representerat med gula staplar. Med alla kovariater inkluderade är Finland närmast och Norge därefter. När en variabel i taget utesluts blir utfallet att Finland är det närmaste landet i samtliga fall, utom när skogsareal utesluts. Norge och Nederländerna har då de kortaste avstånden till Sverige, följt av Finland på tredje plats. Att ta med skogsareal anses vara väl underbyggt i litteraturen då förgasning av skogsbiomassa ofta ses som en viktig möjlighet för att möta behovet av förnybar gas.



Figur 9: Mahalanobis avstånd från Sverige för fallet med alla kovariater och fallet där skogsareal utesluts.

5.3 Uppgraderingsanläggningar



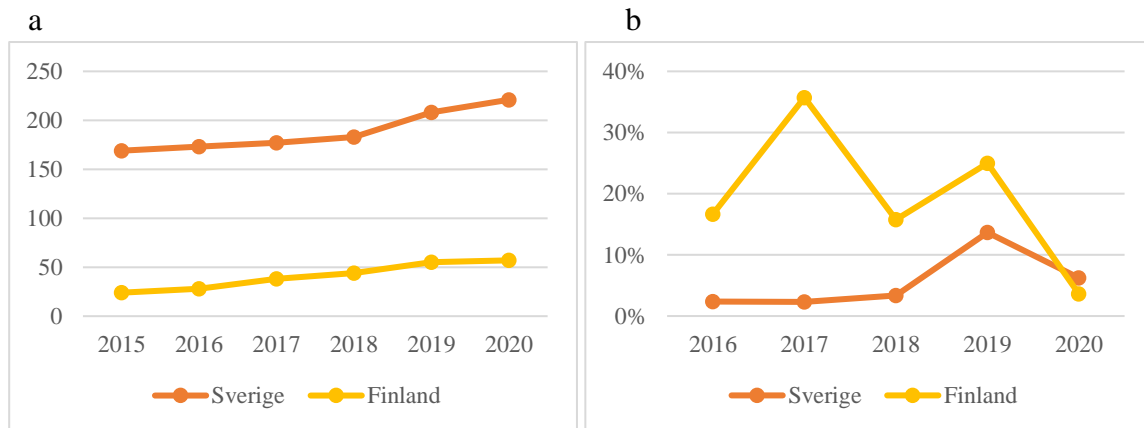
Figur 10: Antal uppgraderingsanläggningar (a), procentuell utveckling från föregående år (b) i Finland och Sverige mellan 2015–2020 och procentuell utveckling från föregående år utan det första extremvärdet (c), se Bilaga E för data.

Mellan 2015 och 2016 sker en stor procentuell ökning för uppgraderingsanläggningar i Finland vilket avläsas i Figur 10b. Som framgår i Figur 10a kan denna stora ökning förklaras med att Finland 2015 endast hade tre anläggningar och en ökning till 11 anläggningar året efter blir en stor ökning procentuell men inte i faktisk effekt. Som går att utläsa i Figur 10c har Finland en högre procentuell utveckling än Sverige för uppgraderingsanläggningar mellan alla år utom 2017-2018. Mätpunkten för Sverige 2020 är dock uträknad genom linjär extrapolering och det kan därför vara så att den verkliga förändringen är större eller mindre än den som presenteras i grafen.

Mann-Whitney-Wilcoxon's test tar inte hänsyn till effektstorleken utan endas rangen och kan därför vara bra i detta fall, då den inte påverkas av det första extremvärdet. Eftersom det beräknade U-värdet är 4 och därmed högre än det kritiska U-värdet kan nollhypotesen inte förkastas och ingen statistisk signifikant skillnad mellan ländernas utveckling kan observeras. Trots att det inte går att hitta någon signifikant skillnad mellan länderna kan det ändå vara intressant att studera effektstorleken. Är denna stor kan en skillnad ändå diskuteras. Cliffs delta är -0,68

vilket tyder på en stor effektstorlek, och sannolikheten är stor att utvecklingen för Finland är större än den för Sverige. Medianen av den parvisa skillnaden beräknas till att Finland har en 8% högre utveckling än Sverige, vilket kan ses som en representativ skillnad mellan länderna för de undersökta åren.

5.4 Fordonsgastankstationer

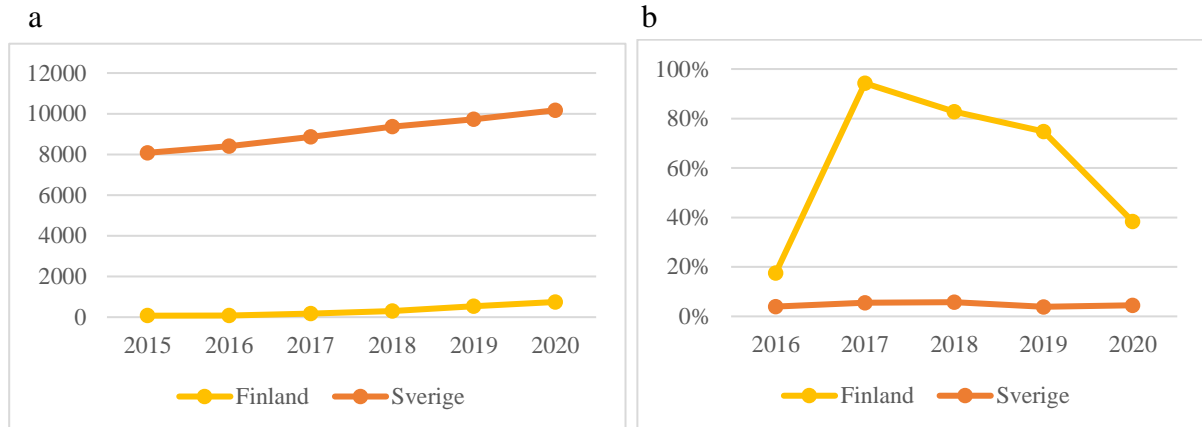


Figur 11: Antal fordonsgastankstationer (a) och procentuell utveckling från föregående år (b) i Finland och Sverige mellan 2015-2020 (EAFO 2021), se bilaga E för data.

För tankstationer finns en stor skillnad i antal, vilket kan ses i Figur 11a. Fram till 2020 har Finland haft en högre procentuell utveckling av antalet biogastankstationer än Sverige. I Figur 11b går att utläsa att Finlands procentuella utveckling totalt sätt har minskat medan Sveriges har ökat, trenderna går alltså åt olika håll. För en signifikansnivå $\alpha = 0,05$ ger Mann-Whitney-Wilcoxon's test statistiskt signifikanta bevis för att den procentuella utvecklingen skiljer sig mellan Sverige och Finland. Testet resulterade i ett U-värde på 2.

Cliffs delta är -0,84 vilket betyder en stor effektstorlek och alltså att en relativt stor sannolikhet finns att en observation från Sverige är mindre än en observation från Finland. Medianen av den parvisa skillnaden är 13% vilket innebär att Finlands utveckling ligger 13 % över Sveriges utveckling under åren för studien.

5.5 Biogasfordon



Figur 12: Antal biogaslastbilar (a) och procentuell utveckling från föregående år (b) i Finland och Sverige mellan 2015 – 2020, se bilaga E för data.

I Figur 12b kan det utläsas att Finland har haft en betydligt större procentuell utveckling under åren Klimatklivet varit verksamma än vad Sverige har haft. Dock går det att se i Figur 12a att Sverige har ett betydligt större antal biogaslastbilar än Finland och det kan därför finnas viss skevhet i en procentuell jämförelse. Även i detta fall är mätpunkten för Sverige 2020 uträknad genom extrapolering och det kan därför vara så att den verkliga förändringen är större eller mindre än den som presenteras i grafen.

För en signifikansnivå $\alpha = 0,05$ ger Mann-Whitney-Wilcoxon testet statistiskt signifikanta bevis för att den procentuella utvecklingen skiljer sig mellan Sverige och Finland och att Finland har haft en större utveckling än Sverige, vilket även stämmer överens med det som visas i graferna. Ett U-värde som är lika med noll innebär att samtliga rangtal från den ena gruppen ligger över samtliga rangtal från den andra gruppen.

Eftersom rangsumman är noll blir Cliffs delta -1 och beskriver att det är 100 procents sannolikhet att Finland antar ett högre värde än Sverige. Och att det därmed inte finns något överlapp mellan grupperna. Medianen av den parvisa skillnaden beräknas till 70% och skillnaden mellan grupperna är därför inte bara tydligt signifikant utan även stor, relaterat till den ursprungliga enheten.

6 Jämförande analys

Resultatet från de statistiska testerna och förändringen i procentuell utveckling, tillsammans med bakgrundsunderlaget jämförs mellan de två länderna. Målet med analysen är att besvara den tredje frågeställningen om vilka effekter styrmedelsmixen har haft på marknadsutvecklingen.

6.1 Olika typer av styrmedel och marknadsutveckling

Det är svårt att undersöka effekterna av enskilda stöd på en så pass övergripande nivå som studien är på. Dock kan kombinationen av olika stöd i de två länderna jämföras och olika typer av stöd kan diskuteras. SOU (2019) har kommit fram till att dagens styrmedel i Sverige inte har haft någon betydande effekt på biogasproduktionen. I stället har dessa bidragit till en ökad användning av biogas, främst till fordonsgas. Detta har lett till att den svenskproducerade gasen inte täcker efterfrågan. I Finland anser experter att skatteavdrag är att föredra för att stimulera produktionen men att även investeringsstöd kan bidra. Bortsett från att biometan är undantaget från bränsleskatten, så är investeringsstöd den dominerande stödåtgärden i landet (Winqvist et al. 2021).

6.1.1 Uppgradering till fordonsgas

Indirekta styrmedel

Båda länderna har en energi- och koldioxidbeskattning på bränslen. Båda länderna har olika nivåer av beskattning, eller helt undantag, baserat på låg- respektive höginblandade biodrivmedel samt vissa hållbarhetskriterier. EU:s konkurrensregler förhindrar även att vissa drivmedel överkompenseras och får därför inte ges för mycket stöd så att de blir billigare än sin fossila motsvarighet (SOU 2019:63).

Den svenska reduktionsplikten och den finska distributionsskyldigheten är två motsvarande styrmedel som fungerar på lite olika sätt. Distributionsskyldigheten ställer krav på leverans av biodrivmedel baserat på bränslets energiinnehåll medan reduktionspliktens inblandningskrav för bensin och diesel baseras på minskning av växthusgasutsläpp. Ingen av dem inkluderar för närvarande biogas men har en indirekt påverkan på fordonsgasmarknaden eftersom det långsiktigt kan leda till en ökad produktion av låginblandade flytande biodrivmedel (SOU 2019:63). Ett sådant drivmedel är exempelvis biodiesel där produktionen från lignin kräver vätgas för en del i produktionen som kallas syrereduktion (Kryssare 2018). Det är i sin tur vanligt att vätgas framställas genom att vattenånga och metan reagerar och bildar koldioxid och vätgas (Myfuelcell 2015). Därmed kan en ökad efterfrågan på biodiesel även leda till en ökad efterfrågan på biogas. Distributionskyldigheten har funnits i sedan 2011 och ökat succesivt medan reduktionsplikten funnits sedan 2018. Finland har alltså sedan länge haft en satsning på ökad

efterfrågan av andra typer av biodrivmedel, vilket kan ha bidragit till en nedprioritering av fordonsgas.

Finland planerar att inkludera biogas och andra höginblandade drivmedel i distributionsskyldigheten. Det beräknas höja värdet på biometan, öka lönsamheten för produktionen och därmed långsiktigt kunna minska behovet av investeringsstöd (RP 48/2021 rd). Sverige bedömer dock att fordonsgas skulle missgynnas av att inkluderas i reduktionsplikten (SOU 2019:63), vilket kan innebära att Sverige fortsatt kommer att vara beroende av andra styrmedel, som investeringsstöd, för produktion- och uppgraderingsanläggningar. Eftersom kommissionen anser att skattebefrielse är ett statligt stöd och att statliga stöd måste anses nödvändiga för att godkännas, är möjligheterna för att kombinera reduktionsplikt och skattebefrielse begränsade (SOU 2019:63). Om Sverige skulle inkludera höginblandade biobränslen i reduktionsplikten är det troligt att de i stället skulle belastas med full skatt (RP 2020/21:180). Att Finland och Sverige resonerar olika kan dels bero på mognadsgraden för marknaderna, dels på hur stöden är uppbyggda. Om Finland inkluderar biogas i distributionsskyldigheten har drivmedelsdistributörerna fler bränslen att välja från för att uppfylla kraven. I det svenska systemet handlar det istället om inblandningskrav vilket inte är lika effektivt på höginblandade bränslen (SOU 2019:63). För Finland kan det bedömas viktigare att få i gång en stabil efterfrågan på biometan medan en inkludering för Sverige i stället endast skulle kunna resultera i ett påslag på priset för slutkunden.

Investeringsstöd

De båda länderna har sedan 2014 haft ett investeringsstöd inom ramen för EU:s program för landsbygdsutveckling. Utöver finansiering från EU ingår ytterligare medel från statsbudgeten och kommuner (EAFRD 2020). Finlands totala budget för programmet är betydligt större än Sveriges men det behöver inte betyda att det är någon större skillnad på delen som är avsatt för biogas eftersom även många andra satsningar ingår i programmet. För Sverige har en väldigt liten del av de avsatta medlen för biogas nyttjats vilket tros bero på konkurrerande stöd som till exempel Klimatklivet som ger ut stöd till liknande åtgärder (SOU 2019:63).

Även Finland har ett till investeringsstöd, Energistöd, motsvarande Klimatklivet. Precis som Klimatklivet är Energistöd inriktad mot den icke-handlande sektorn men tilldelar främst stöd för produktionsanläggningar. Båda stöden har funnits sedan slutet av 90-talet men reviderats under åren. Energistöd har främst givit stöd till rågasproduktion kopplat till avloppsreningsverk, framför allt från 2017 och framåt. Klimatklivet har i stället har en stor bredd av åtgärder som beviljas stöd, på både produktion och användarsidan. Klimatklivet har givit stöd till ca 15–20% av de uppgraderingsanläggningar som finns i Sverige idag. Redan innan Klimatklivet hade Sverige ett stort antal uppgraderingsanläggningar i jämförelse

med Finland vilket skulle kunna bero på till de tidigare stöden LIP och KLIMP som även de gav stöd till uppgradering av biogas.

Det kan finnas en risk att investeringsstöd gör att stora anläggningar byggs medan produktionsstöd i stället premierar en effektiv produktion. Det hade varit intressant att studera utvecklingen i uppgraderad gasvolym och se om det är någon skillnad mot antalet uppgraderingsanläggningar. Tyvärr var det svårt att hitta data kopplat till uppgradering av biogas. Klimatklivet tar dock med ett mått på utsläppsminskning i relation till investeringskostnaden i underlaget för beviljandet, vilket motverkar att ineffektiva anläggningar skulle byggas.

Produktionsstöd

Sverige har två olika produktionsstöd för biogas. Gödselstödet som inte har något krav på uppgradering och det tillfälliga biogasstödet för uppgraderad biogas som används i transportsektorn. Båda stöden ges ut per kWh producerad rågas med syfte att bidra till effektivare produktionsanläggningar. Finland har däremot inget produktionsstöd för biogas till transportsektorn utan endast en inmatningstariff för elproduktion.

Marknadsutveckling

Den procentuella utvecklingen av antalet uppgraderingsanläggningar ligger generellt 8% högre för Finland än för Sverige. Det är en relativt liten skillnad med tanke på hur stor skillnad det är mellan det faktiska antalet anläggningar, där Sverige har betydligt fler. Skillnaden mellan ländernas procentuella utveckling är inte heller signifikant, vilket innebär att sannolikheten att en mät punkt för Finland är högre än en mät punkt för Sverige inte är över 95% (i och med den valda signifikansnivån på 5%).

I resultatkapitlet (5.2) går att utläsa att Finland hade en väldigt stor procentuell utveckling av antal uppgraderingsanläggningar mellan 2015–2016. Det beror på främst på att Finland 2015 endast hade 3 anläggningar vilket då medför en stor procentuell ökning, även om det bara gäller en ökning med ett fåtal anläggningar. Mellan 2017–2018 skedde däremot ingen ökning för Finland för att sedan nå en högre procentuell utveckling igen 2018–2020. Uppgraderad biogas kan användas inom flera olika områden, gas från gasnätet används bland annat istället för naturgas i industrier och fordonsgas (Angelidaki et al. 2018). Utveckling av antalet uppgraderingsanläggningar betyder därför inte nödvändigtvis mer fordonsgasanvändning. Dock har Sverige bland annat det tillfälliga biogasstödet som endast ger stöd till biogasproduktion som används i transportsektorn, till skillnad från Finland där inget av stöden kräver att gasen används som fordonbränsle. Finland har i stället satsningar på elbilar och andra biodrivmedel och det vanligaste användningsområdet för rågas är i stället direkt i el- och värmeproduktion (Boesgaard 2017). Energistöd är Finlands äldsta direkta

styrmedel som inkluderar biogas. Dock har stödet inte specifikt riktat sig mot biogasproduktion utan i stället förnybar energi i stort. I kombination med att det inte funnits en tydlig efterfrågan på uppgraderad biogas kan andra energiformer ha gynnats. Det är först med investeringsstödet inom landsbygdsprogrammet som Finland har ett stöd som riktar sig specifikt till biogasproduktion. Ökningen av uppgraderingsanläggningar de senaste åren som vi kan se i Finland skulle kunna bero på just det stödet, men en mer noggrann utredning behöver göras för att kunna säga något definitivt.

Från 2018–2019 stängde en anläggning ner i Sverige. Det kan vara en konsekvens av att den svenska efterfrågan på fordonsgas är större än produktionen av biogas, vilket gör ett beroende av importerad biometan oundvikligt. Eftersom den importerade gasen får stöd i flera steg blir inte den svenska gasen konkurrenskraftig i jämförelse (SOU 2019:63). Från 2018 sattes det tillfälliga produktionsstödet in i Sverige vilket kan ha haft en påverkan på återhämtningen. Eftersom antalet anläggningar i Sverige för 2020 inte publiceras förrän senare i sommar (2021) är värdet approximerat utifrån tidigare utveckling och det hade därför varit intressant att se om antalet uppgraderingsanläggningar fortsätter att öka och om det går att härleda effekterna till det tillfälliga biogasstödet. Annars skulle Sveriges procentuella utveckling över åren kunna beskrivas som jämn vilket kan tyda på en stabil marknad med de styrmedel som är på plats. Rekommendationer från biogasmarknadsutredningen (SOU 2019:63) är just att fler stöd sätts in mot produktionen av biogas för att möta den stora efterfrågan och för att svensk gas ska vara konkurrenskraftig mot importerad gas.

Det finns det en stor osäkerhet i substratutbudet och avsättningen för rötresten vilket i hög grad påverkar lönsamheten av anläggningarna (Vestman et al. 2014). Landsbygdsprogrammet i de båda länderna premierar specifikt biogasproduktion från gödsel och i Sverige finns även gödselgasstödet med samma syfte. Biogasproduktion från gödsel bidrar även till många av målen kopplade till ett hållbart jordbruk. Även stöd som Klimatklivet, Drive LBG och Finlands Energistödet som finansierar ny teknik kan vara viktiga då utvecklingen av lönsamma tekniker för förgasning av biomassa kan vara avgörande för en fortsatt leverans av hållbara substrat.

6.1.2 Inköp av fordon och tankstationer

Styrmedel

Både Sverige och Finland har ett antal stöd för inköp av biogasfordon och tankstationer. Både Finlands stöd, omvandlingsstödet och infrastrukturstödet, är relativt nya och infördes först 2018. Sveriges femåriga skattebefrielse för miljöbilar, föregångaren till bonus-malus, har i stället varit på plats sedan 2010. Liksom Klimatklivet sedan 2015, med dess föregångare sedan 1998. Detta visar

på Sveriges tidigt starka fokus på ökad användning av biogas i transportsektorn. Med införandet av Klimatpremien 2020 ligger fokus fortsatt på att en snabb omställning av fordonsflottan. Finlands omvandlingsstöd är endast inriktad på personbilar (Traficom 2021) vilket är ett annat fokus än det för Sverige där biogas ses som en del av lösningen för framför allt lastbilstrafik. Finlands infrastrukturstöd skiljer sig från övriga stöd i och med att ansökan går genom anbuds-förfarande där de ansökande får lämna in anbud och konkurrerar med andra ansökningar inom samma område (Energiavirasto 2021). Detta skulle kunna innebära att stödpengarna spenderas mer effektivt eftersom de olika projekten ställs mot varandra på ett antal punkter, men det skulle även kunna innebära att färre söker. Både för att projekten måste anpassas efter vad som efterfrågas och för att det endast är det högst rankade i varje grupp som blir beviljade stödet. Vid ansökan för investeringsstöd som till exempel Klimatklivet bedöms i stället den koldioxidminskning som åtgärden skulle generera i relation till investeringskostnaden och åtgärden behöver inte anpassas efter något anbuds-förfarande.

Det svenska Drive LBG är ett relativt nytt styrmedel från 2018 som enbart ger stöd till flytande biogas (SOU 2019:63). Även här är Sverige snabba med att sätta in stöd för att stimulera en ny marknad. Flytande biogas är fortfarande ett väldigt nytt bränsle men i takt med att terminaler för flytande naturgas byggs ut runt om i Europa (SOU 2019:63) har den en stor potential som handelsvara. Samtidigt går det att se en stor potential för tung lastbil där komprimerad biogas inte har fått samma utveckling som för lätt lastbil.

Marknadsutveckling

I resultatkapitlen 5.4 och 0 visas att den procentuella utvecklingen mellan 2015–2020 har skett i en betydligt högre takt för Finland, för både tankstationer och gasfordon. För fordon har Finland generellt en procentuell utveckling som är 70% högre än Sveriges, dock är Sveriges utgångspunkt i absoluta tal betydligt högre än Finlands. Antalet biogaslastbilar i Finland är endast ca 1% av antalet i Sverige 2015, troligtvis som följd av den tidiga svenska satsningen i form av skattebefrielsen, LIP och Klimp. Sveriges gasnät är även mer än dubbelt så långt som Finlands (IEA 2018) och ger därför bra förutsättningar för kostnadseffektiv distribution av stora volymer gas.

För tankstationer var Finlands procentuella utveckling högre än Sveriges för alla år utom mellan 2019–2020 då Sverige i stället har en större utveckling. Det är svårt att uttala sig om en trend med endast fem mätpunkter men från 2018 och framåt ökar Sveriges procentuella utveckling efter att ha legat stabil. Detta skulle kunna vara en effekt av ökat antal tankstationer för flytande biogas som följt av innovationsklustret Drive LBG (Malmkvist 2020). Även om det inte är säkert att åtgärderna som beviljats stöd genom Drive LBG syns i statistiken än kan signalvärdet i och med att satsningar på flytande biogas ha lett till att fler liknande

åtgärder sökt Klimatklivsfinansiering. Klimatklivet har från 2017 beviljat stöd till ett stort antal tankstationer för just flytande biogas i kombination med tankstationer för komprimerad gas. Mellan 2016–2019 sker det en stor utveckling av antalet fordonsgastankstationer i Finland, för att sedan minska under 2020. Ökningen kan vara en effekt från att det statligt ägda Gasum började bygga fordonsgastankstationer för att undvika moment 22 med etablering av tankstationer och biogasfordon (Winqvist et al. 2019). Det finska infrastrukturstödet är relativt nytt vilket gör det svårt att bedöma om det har givit någon effekt än.

Finlands specifika mål om 50 000 gasfordon till 2030 motsvarar ungefär den nivå som Sverige hade i slutet av 2019 (Energigas Sverige 2021). Detta visar återigen på skillnaden i mognadsgrad för länderna där Sverige redan har arbetat fram en köpvilja för gasdrivna fordon. Även om Finland i första hand satsar på eldrivna fordon och tror att andra biobränslen kommer att dominera över biogas, finns det ändå en önskan om att öka användningen av fordonsgas (IEA 2018). Hittills har styrmedel i Finland varit fokuserade på produktionen av biogas vilket har gjort att det finns en stor produktion men att användningen främst är till el- och värmeproduktion. För att fordonsgasmarknaden ska utvecklas krävs det både fler fordon, distributionsinfrastruktur och uppgraderingsanläggningar. I Sverige som i stället har fokuserat på en ökad användning i form av bland annat fordon och tankstationer finns en stor efterfrågan som kan stimulera en inhemsk produktion.

6.2 Styrmedelsmix och mål

Den finska marknaden fluktuerar mycket, vilket kan tyda på en omogen marknad som reagerar starkt på små påverkansfaktorer medan den svenska har en stabil kontinuerlig procentuell utveckling vilket är rimligt för den utvecklade marknaden. Både uppgraderingsanläggningar, tankstationer och gasfordon har trots allt ökat i Finland de senaste åren, trots att deras stöd som riktar sig specifikt mot de ändamålen nyligen satts in och troligtvis inte hunnit ge effekt än. Detta kan vara till följd av att Gasum gått in och byggt tankstationer för att stimulera marknaden (Winqvist et al. 2019) och att många av de äldre, icke-specifika stöd som finns på plats är möjliga att söka för uppgradering av fordonsgas. När tankstationer byggs väcks intresset att köpa gasbilar. Eftersom det finns en förskjutning från att ett stöd beviljas till att det syns i statistiken, skulle det vara intressant att utvärdera effekterna av Finlands nyare stöd kopplat till tankstationer och biogasfordon vid ett senare tillfälle.

Finland har en underutvecklad fordonsgasmarknad vilket troligtvis beror på att de har satt in mer allmänna stöd mot ökad andel förnybar energi och inte stöd som premierar användning av biogas i transportsektorn. Sverige har även tidigt satt in stöd mot ökad användning och löst dilemmat som finns vid introduktion av ett

nytt bränsle (Winqvist et al. 2019): vad ska komma först, produktionen eller användningen? Till exempel befrielse från fordonsskatten och Klimatklivet med dess föregångare. Sverige har alltså skapat en stabil efterfrågan som kräver stor import för att täckas. Sverige behöver därför ytterligare styrmedel mot produktion för att möta den stora efterfrågan med svenskproducerad gas. Finland saknar i stället både uppgradering och efterfrågan. Nuvarande styrmedel i Finland är kopplade till rågasproduktion och specificerar inte vad gasen måste användas till. Med den möjliga inkluderingen av biogas i distributionsskyldigheten (RP 48/2021 rd) kan dock ge en stabil efterfrågan av biometan som fordonsbränsle i Finland, vilket kan medföra en säkerhet i långsiktigheten i produktionen och att aktörer vågar investera.

Finland har ett tidigare mål om att ha nettonollutsläpp till 2035, mot Sveriges 2045, och transportsektorn står för en stor andel av utsläppen i båda länderna. Det skulle kunna ses som en anledning till att Finland borde se biogas som en del i en snabb omställningen av fordonsflottan. Dock har Sverige och Finland olika syn på nettonollutsläpp vilket gör att de olika målen inte är så olika som de först verkar. Finland kopplar ihop mål om kolsänkor med mål om utsläppsminskning och pratar alltså om att bli *klimatneutrala* genom att minska utsläppen och stärka kolsänkorna inklusive markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) (MEAE et al. 2019). Sverige vill i stället hålla isär måtten och därmed inte ha *nettoutsläpp av växthusgaser*. De vill minska utsläppen med 85% och kompensera resten med kompletterande åtgärder, utan att räkna med upptag av koldioxid från LULUCF (Naturvårdsverket 2020a). En till anledning att Finland inte har prioriterat satsningar på fordonsgas kan även ha att göra med deras stora satsning på kärnkraft och därmed en stabil elförsörjning. Det kan även ha att göra med att andra biobränslen prioriteras som drar nytta av stödsystemen.

7 Diskussion

Detta kapitel sätter in studien i ett större perspektiv, diskuterar osäkerheter, samhällsaspekter, hållbar utveckling och etik och ger slutligen förslag på fortsatta studier.

7.1 Internationell studie för utvärdering av additionalitet

Studiens syfte och frågeställningar har förändrats under arbetets gång. Från början var målet att utvärdera Klimatklivets additionalitet enligt regleringsbrevets uppmaning om att additionaliteten ska vara i särskilt fokus. Additionalitet definieras som att utsläppsminskningen inte hade skett utan stödet (Energimyndigheten 2020b) och kan appliceras på Klimatklivet som att ett projekt inte skulle blivit till utan finansiering från Klimatklivet. Additionaliteten av ett styrmedel utvärderas bäst genom en kontrollgrupp, gärna på individnivå (Energimyndigheten 2015).

För att kunna säga något om additionaliteten behöver beteendet hos de som nekats stöd undersökas eller tillfråga de som beviljats stöd hur de skulle ha agerat om de i stället hade blivit nekade. Dessa två angreppssätt har använts för att utvärdera laddinfrastruktur för elbilar (Bivered 2020) och för att utvärdera Klimatklivet på en mer omfattande nivå i WSP (Hallberg et al. 2017). Bivered (2020) fick ut en mycket högre additionalitet än WSP för laddinfrastruktur för elbilar eftersom de använde olika metoder för att utvärdera additionaliteten. Det är svårt att avgränsa en utvärdering av styrmedel så den är tillräckligt omfattande för att beskriva verkligheten på ett representativt sätt. Eftersom Klimatklivet endast har varit aktivt sedan 2015 och biometanåtgärder i genomsnitt tar 1,5 år från beviljandet tills det att åtgärden är verksam, finns det begränsat med data att använda för att undersöka vilka effekter som stödet genererat.

När studien sedan utvecklades till en internationell jämförelse bedömdes snabbt att det kunde vara svårt att bedöma additionaliteten av Klimatklivet. Marknadsutvecklingen kan knytas till alla de stöd som är verksamma i ett land och sedan kan en diskussion om effekterna av de stöd som finns föras. Till följd av svårigheterna att utvärdera ett specifikt stöd med hjälp av en internationell jämförelse kan inte heller additionaliteten bedömas på en tillräckligt detaljerad nivå. Effekterna av olika typer av stöd kan däremot diskuteras och beroende på styrmedelsmix i de två länderna kan eventuellt paralleller dras till specifika stöd av en viss typ och därför blev detta fokus i rapporten.

7.2 EU:s taxonomi

EU:s taxonomi är ett klassificeringssystem för att jämföra miljömässigt hållbara verksamheter. För att nå EU:s klimatmål till 2030 har det saknats en gemensam

definition av vad som är en hållbar investering. Genom att implementera ett klassificeringssystem för hållbara ekonomiska aktiviteter hoppas man kunna styra investeringar mot just hållbara projekt (Regeringskansliet 2021).

I dagsläget klassificerar taxonomin drivmedel utifrån nollutsläpp i avgasröret vilket betyder att det egentligen bara är el och vätgas som premieras som hållbara bränslen. Istället skulle den behöva se till ett livscykelperspektiv för att även biodrivmedel ska kunna inkluderas (Fossilfritt Sverige 2021). Det går att hävda att initiativ och lagstiftning från EU säger emot varandra. Avfallsdirektivet (2008/98/EG) om återvinning av biologiskt avfall och metanstrategin jobbar mot mer rötning av gödsel och avfall. Båda dessa driver på utvecklingen av ökad biogasproduktion medan den nya taxonomin samtidigt motarbetar användningen av fordonsgas (Avfall Sverige 2021).

Det finns en viss skepsis kring biogas som drivmedel runt om i EU eftersom den huvudsakliga råvaran är energigrödor (EBA 2020). Energigrödor konkurrerar om landareal med matproduktion och det är därför viktigt att produktionen sker från hållbara råvaror som restprodukter och avfall (Popp et al. 2014). Om EU inte ändrar taxonomin till att klassificera hållbart producerad biogas som hållbar skulle det kunna försvåra en fortsatt utveckling av biodrivmedel och därmed bli svårt för länderna att nå sina klimatmål.

7.3 Spridning av ny teknik

Klimatklivet, Drive LBG, Energistöd eller liknande investeringsstöd kan spela en stor roll i spridningen av ny teknik. Ny teknik är ofta dyr och kostnaderna minskar vanligtvis med tiden, vilket kan förklaras med förbättrade metoder och processer och effektivare personal (Nordisk Ministerråd 2000). Innan processerna har effektiviserats och rätt kompetens finns att tillgå kan det vara svårt att få ut nya tekniker på marknaden. Här kan investeringsstöd spela en särskilt stor roll då de inte bara reducerar risken för stödmottagaren utan även kan snabba på processen för nya tekniker att komma ut i samhället. Detta är extra viktigt vad gäller förgasningstekniker som kan behjälpa substratkonkurrensen genom att bidra till ett större utbud, och därmed få ner priserna för hela produktionskedjan.

7.4 Fortsatta studier

Det finns behov av att göra fler utvärderingar av styrmedel för att se till att skattepengarna investeras på ett kostnadseffektivt sätt som verkligen leder till den effekt som önskas. I stället för att använda ett hypotestest för att kvantifiera skillnaden hade en jämförelse mellan lärlkurvor för länderna kunnat vara intressant. En lärlkurva, eller erfarenhetskurva, beskriver hur kostnaden minskar med ökad erfarenhet och de olika punkterna räknas ut baserat på kostnad per enhet, antal enheter och en lärlhastighetskonstant (Nordisk Ministerråd 2000).

Genom att studera lärcurvor kan kostnadsutvecklingen för en viss teknik beskrivas och styrmedel kan kopplas till olika stadier i utvecklingen.

Baserat på resultaten från känslighetsanalysen hade det varit intressant att genomföra en jämförelse mellan Sverige och Nederländerna eller Norge, som kanske har en annan mognadsgrad på marknaden och andra förutsättningar för utveckling av fordonsgasmarknaden. Det skulle kunna ge en bättre bild av kopplingen mellan olika typer av styrmedel och marknadsutveckling och därmed bidra till att kunna dra tydligare slutsatser.

Eftersom mycket händer med fordonsgasmarknaden och det finns många nya styrmedel i båda länderna hade en liknande jämförelse om ett antal år, när stöden har hunnit få ordentligt genomslag, kunnat vara givande. När marknadsutvecklingen kommit längre skulle det även vara intressant att göra skillnad på flytande och komprimerad biogas.

Signifikanstestet Mann-Whitney-Wilcoxon är en icke parametrisk statistisk metod, vilka har lägre statistisk styrka än parametriska metoder. Tillsammans med kompletterande information, i en deskriptiv analys, kan de dock fortfarande vara av värde. För att uppnå en högre statistisk styrka hade en större urvalsstorlek kunnat användas. I och med studiens ursprungliga syfte ansågs det endast relevant att genomföra jämförelsen för de år Klimatklivet varit aktivt och därmed var analysen låst vid både en liten urvalsstorlek och en icke parametrisk metod. En motsvarande studie för en längre tidsserie hade varit intressant och kunnat ge mer statistiskt säkra resultat.

8 Slutsatser

Här presenteras slutsatser som kan dras av analysen. Kapitlet är uppdelat efter frågeställningarna som studien ämnar besvara för att så tydligt som möjligt presentera resultatet av analysen.

För att studera den effekt som styrmedel har haft på biometanmarknaden är Finland det mest lämpliga landet för en jämförelse med Sverige. Förutsättningarna för utvecklingen av båda ländernas biometanmarknad är liknande med hänsyn till biomassapotential och benägenhet att införa stöd.

För de undersökta åren har Finland haft en högre procentuell utveckling än Sverige på alla tre undersökta områden, med stor variation mellan åren. Sveriges utveckling är mer stabil och antalet tankstationer, biogaslastbilar och uppgraderingsanläggningar ligger på en betydligt högre nivå än den för Finland. Skillnaden kan bero på Sveriges tidiga skattebefrielse av fordon och stöd riktade mot användningen av fordonsgas som fått i gång marknaden.

Styrmedelsmixen i länderna kan bedömas ha påverkat marknadsutvecklingen, men även andra aspekter som Gasums närvaro på den finska marknaden sedan 2016. Sverige har sedan lång tid tillbaka riktat styrmedel mot ökad användning av biogas i transportsektorn vilket genererat en tydlig efterfrågan. Detta i sin tur gör att aktörer tror på en stabil marknad och vågar investera i uppgradering. Framför allt tankstationer har ökat något de senaste åren i Sverige vilket skulle kunna bero på ökade investeringar i flytande biogas, både genom Drive LBG och Klimatklivet. Investeringskostnaden är den största kostnaden vad gäller biogasproduktion och uppgradering och därför kommer investeringsstöd fortsatt att spela roll i båda länderna. I Finland har en utveckling skett av antalet uppgraderingsanläggningar vilket skulle kunna vara en konsekvens av investeringsstödet inom landsbygdsprogrammet, men fler utvärderingar behöver genomföras.

9 Referenser

- Anderson, S., Jacobson, A. & Hjort, A. (2019). *Jämförelse av distributionsalternativ för uppgraderad biogas*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1549587/FULLTEXT01.pdf> [2021-06-03]
- André, A., Borbas, I., Eklund, K., Linderholm, L., Lundin Unger, M., Rosenblom, T., Sundin, A.M. & Svinhufvud, K. (2016). *Rening av avloppsvatten i Sverige 2016*. <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1503599/FULLTEXT01.pdf> [2021-03-12]
- Angelidaki, I., Treu, L., Tsapekos, P., Luo, G., Campanaro, S., Wenzel, H. & Kougias, P.G. (2018). Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology Advances*, 36 (2), 452–466. doi: 10.1016/j.biotechadv.2018.01.011.
- Arbets- och näringsministeriet (2020). *Slutrapport från arbetsgruppen för beredning av ett biogasprogram*. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162032> [2021-06-13]
- Avfall Sverige (2021). *Taxonomin kan stoppa biogasfordon*. <https://www.avfallsverige.se/aktuellt/nyhetsarkiv/artikel/taxonomin-kan-stoppa-biogasfordon/> [2021-06-01]
- Bivered, M. (2020). *The effect of an investment subsidy on investments in public charging infrastructure - a regression discontinuity analysis* [Intern rapport] Stockholm: Naturvårdsverket. [2021-02-05]
- Boesgaard, K. (2017). *Biogas in Scandinavia: Skandinavisk Biogaskonferens*. Skive. 7 November 2017. <https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2017/11/nr-4-skandinaviens-biogaskonferens-2017-7112017-mjympi.pdf> [2021-05-10]
- Business Finland (2021). *Energistöd*. <https://www.businessfinland.fihttps://businessfinland.fi/sv/for-finlandskakunder/tjanster/finansiering/energistod> [2021-06-10]
- De Canditiis, D. (2019). Statistical Inference Techniques. I: Ranganathan, S., Gribskov, M., Nakai, K., & Schönbach, C. (red.) *Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology*. Oxford: Academic Press, 698–705. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20357-9>
- Dugard, P. (2006). Appendix 1: Statistical Tables. *Experimental Design and Statistics for Psychology*. John Wiley & Sons, Ltd, 183–196. <https://doi.org/10.1002/9780470776124.app1>
- EAF0 (2021). *Alternative fuels (ng natural gas) filling stations stats / EAF0*. <https://www.eafo.eu/alternative-fuels/ng-natural-gas/filling-stations-stats#> [2021-05-16]

- EAFRD (2020). *Funding of the programme. maaseutu.fi.*
<https://www.maaseutu.fi/en/the-rural-network/rural-development-program/rural-fund-financing> [2021-06-10]
- EBA (2020). *GIE – EBA Biomethane Map 2020.*
<https://www.europeanbiogas.eu/eba-gie-biomethane-map/> [2021-05-14]
- Elliott, E., Seldon, B.J. & Regens, J.L. (1997). Political and Economic Determinants of Individuals» Support for Environmental Spending. *Journal of Environmental Management*, 51 (1), 15–27.
<https://doi.org/10.1006/jema.1996.0129>
- Energiavirasto (2021). *Stöd för trafik infra. Energiavirasto.*
<https://energiavirasto.fi/sv/stod-for-trafik-infra> [2021-06-10]
- Energigas Sverige (2017a). *Remissvar gällande promemorian Reduktionsplikt för minskning av växthusgasutsläpp från bensin och dieselbränsle.*
<https://www.energigas.se/library/1752/energigas-sveriges-remissvar-ang-reduktionsplikt.pdf> [2021-05-14]
- Energigas Sverige (2017b). *Vad är biogas? Energigas Sverige.*
<https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/vad-ar-biogas/>[2021-05-31]
- Energigas Sverige (2021). *Statistik om fordonsgas. Energigas Sverige.*
<https://www.energigas.se/fakta-om-gas/fordonsgas-och-gasbilar/statistik-om-fordonsgas/> [2021-06-12]
- Energimyndigheten (2015). *Metoder för utvärdering av styrmedel.*
<https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=104705>[2021-03-17]
- Energimyndigheten (2020a). *Drivmedel 2019.*
https://www.energimyndigheten.se/globalassets/nyheter/2020/er-2020_26-drivmedel-2019.pdf [2021-06-10]
- Energimyndigheten (2020b). *Ordlista.* <https://www.energimyndigheten.se/klimat-miljo/internationella-klimatinsatser/ordlista/> [2021-06-14]
- Energimyndigheten (2020c). *Reduktionsplikt.*
<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/reduktionsplikt/> [2021-06-10]
- Energimyndigheten (2020d). *Övervakningsrapport avseende skattebefrielse för biogas som används som motorbränsle under 2019.*
<http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/hallbara-branslen/statsstodsrapportering/2019-biogas-helar.pdf>
- Energy Information administration (2007) *Methodology for Allocating Municipal Solid Waste to Biogenic and Non-Biogenic Energy* Municipal Solid Waste: (eia.gov) [2021-03-27]

- Europaparlamentets och rådets beslut nr 406/2009/EG av den 23 april 2009 om medlemsstaternas insatser för att minska sina växthusgasutsläpp i enlighet med gemenskapens åtaganden om minskning av växthusgasutsläppen till 2020.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv
- Europeiska kommissionen (2013). Evalsed. *Sourcebook: Method and Techniques*. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/evaluations-guidance-documents/2013/evalsed-the-resource-for-the-evaluation-of-socio-economic-development-sourcebook-method-and-techniques [2021-02-10]
- Europeiska kommissionen (2020). *Finlands fifth progress report under article 22 of directive 2009/28/EC*. https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/fi_-_tr_into_eng_-_5th_progress_report_red_for_2017_and_2018.pdf
- Europeiska kommissionen (2021a). *Tillämpning av EU-lagstiftningen*. https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/applying-eu-law_sv [2021-06-04]
- Europeiska kommissionen, T. (2021b). *2030 Climate Target Plan*. https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/2030_ctp_en[2021-06-12]
- Eurostat (2013). *Glossary: Municipal waste*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Municipal_waste [2021-05-14]
- Eurostat (2020). *Natural gas supply statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Natural_gas_supply_statistics [2021-06-01]
- Eurostat (2021a). *Corruption Perceptions Index*. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/sdg_16_50_esmsip2.htm [2021-04-24]
- Eurostat (2021b). *Energy balance - new methodology*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_balance_-_new_methodology [2021-05-14]
- Eurostat (2021c). *GDP per capita in PPS - Products Datasets - Eurostat*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tec00114> [2021-05-14]
- Eurostat (2021d). *Water statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics [2021-05-14]
- Fay, M.P. & Proschan, M.A. (2010). Wilcoxon-Mann-Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules. *Statistics surveys*, 4, 1–39. <https://doi.org/10.1214/09-SS051>

- Finansministeriet (2021). *Energibeskattningen*.
<https://vm.fi/sv/energibeskattningen> [2021-06-10]
- FN-förbundet (2017). *17 gemensamma mål stort framsteg för mänskligheten*.
<https://fn.se/wp-content/uploads/2016/04/1-16-Agenda-2030-2.pdf> [2021-04-12]
- Fossilfritt Sverige (2021). *Sveriges klimatmål hotas av EU:s taxonomi*.
<https://news.cision.com/se/fossilfritt-sverige/r/sveriges-klimatmal-hotas-av-eu-s-taxonomi,c3304483> [2021-06-14]
- Förordning 2015:517 om stöd till lokala klimatinvesteringar.
- Garstats (2016). Robust effect sizes for 2 independent groups. *basic statistics*.
<https://garstats.wordpress.com/2016/05/02/robust-effect-sizes-for-2-independent-groups/> [2021-05-24]
- Gasgrid (2021). Gas transmission network. *Gasgrid Finland*.
<https://gasgrid.fi/en/gas-network/gas-transmission-network/> [2021-06-10]
- Gasum (2021). *Klimatpremien – ett nytt stöd för miljölasterbilar. Gasum*.
<https://www.gasum.fi/sv/hallbara-transporter/tung-trafik/ekonomiskt-stod/klimatpremien/> [2021-06-10]
- González-García, S., Bacenetti, J., Negri, M., Fiala, M. & Arroja, L. (2013). Comparative environmental performance of three different annual energy crops for biogas production in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production*, 43, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.017>
- Greifer, N. (2021). *Matching Methods*. <https://cran.r-project.org/web/packages/MatchIt/vignettes/matching-methods.html> [2021-05-31]
- Grönkvist, S., Lönnqvist, T. & Sandberg, T. (2015). *How can forest-derived methane complement biogas from anaerobic digestion in the Swedish transport sector?* www.f3centre.se https://f3centre.se/app/uploads/f3_report_2015-11_methane_from_forest_biomass_20160218.pdf [2021-05-29]
- Gu, X.S. & Rosenbaum, P.R. (1993). Comparison of Multivariate Matching Methods: Structures, Distances, and Algorithms. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 2 (4), 405–420. <https://doi.org/10.2307/1390693>
- Gustafsson, E.M., Ammenberg, J., Murphy, J.D. & Centre, M. (u.å.). *IEA Bioenergy Task 37 – Country Reports Summaries 2019*.
<https://task37.ieabioenergy.com/country-reports.html?file=files/daten-redaktion/download/publications/country-reports/Summary/IEA%20Task%2037%20Country%20Report%20Summaries%202019.pdf> [2021-02-17]

- Hair, Jr., J.F., Black, W.C., Babin, B.J. & Anderson, R.E. (2013). *Multivariate Data Analysis: Pearson New International Edition*. Limited. Harlow, United Kingdom: Pearson Education. ProQuest Ebook Central [2021-04-15]
- Hakawati, R., Smyth, B.M., McCullough, G., De Rosa, F. & Rooney, D. (2017). What is the most energy efficient route for biogas utilization: Heat, electricity or transport? *Applied Energy*, 206, 1076-1087.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.068>
- Hallberg, A., Isberg, U., Jonsson, L., Malmström, C., Nilsson, M. & Pädam, S. (2017). *KLIMATKLIVET. En utvärdering av styrmedlets effekter*.
<https://docplayer.se/67545346-Klimatklivet-en-utvardering-av-styrmedlets-effekter.html> [2021-05-06]
- Hartmann, K., Krois, J. & Waske, B. (2018). *E-Learning Project SOGA: Statistics and Geospatial Data Analysis*. Department of Earth Sciences, Freie Universitaet Berlin. <https://www.geo.fu-berlin.de/en/v/soga/Basics-of-statistics/Hypothesis-Tests/Introduction-to-Hypothesis-Testing/Critical-Value-and-the-p-Value-Approach/index.html> [2021-05-18]
- Heagerty, P. (2004) *Mann-Whitney U statistic*.
http://faculty.washington.edu/heagerty/Books/Biostatistics/TABLES/Wilcoxon/?fbclid=IwAR0W92rN5vn3fTO3FaLYuaDu8QWfUMt1NIMahpKx1C7Q1bPqRgHLv_9xdI [2021-05-17]
- IEA (2017). *Energy Aid Scheme – Policies*. IEA.
<https://www.iea.org/policies/2285-energy-aid-scheme> [2021-06-10]
- IEA (2018). *Energy Policies of IEA Countries: Finland 2018 Review*.
https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee5f4f0d-cd59-40f9-924e-ef260d248ccc/Energy_Policies_of_IEA_Countries_Finland_2018_Review.pdf [2021-03-08]
- IEA (2020). *An introduction to biogas and biomethane – Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth – Analysis*. IEA.
<https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/an-introduction-to-biogas-and-biomethane> [2021-05-14]
- IEA Bioenergy (2003) *Municipal Solid Waste and its Role in Sustainability* 40 IEAPositionPaperMSW.pdf (ieabioenergy.com) [2021-03-27]
- IVA (2019). *Så klarar Sveriges transporter klimatmålen*.
<https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-for-klimatet/transportsystem-slutrapport-2019-06-12-id-132097.pdf>
- Jordbruksverket (2020). *Biogasstöd 2019*.
<https://jordbruksverket.se/stod/fornybar-energi/biogasstod-2019> [2021-06-10]

- Jordbruksverket (2021a). *Förlängning av landsbygdsprogrammet 2021-2022*.
<https://jordbruksverket.se/stod/jordbrukspolitiken-och-havs--fiskeri--och-vattenbrukspolitiken/jordbrukspolitiken-cap/forlangning-av-landsbygdsprogrammet-2021-2022> [2021-06-12]
- Jordbruksverket (2021b). *Gödselgasstöd*. <https://jordbruksverket.se/stod/fornybar-energi/godselgasstod> [2021-06-13]
- Jordbruksverket (2021c). *Landsbygdsprogrammet*.
<https://jordbruksverket.se/stod/programmen-som-finansierar-stoden/landsbygdsprogrammet> [2021-06-10]
- Kommerskollegium (2019). *Fri rörlighet för EES-länderna*. Kommerskollegium.
<https://www.kommerskollegium.se/om-handel/de-fyra-friheterna-basen-i-den-inre-marknaden/fri-rorlighet-for-ees-landerna/> [2021-05-14]
- Kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget Text av betydelse för EES
- Kryssare, M. (2018). *Preem och Vattenfall i samarbete om biodrivmedel*.
<https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2017/preem-och-vattenfall-i-samarbete-om-biodrivmedel> [2021-07-12]
- Larsson, J. (2016). *Utredning om uppgraderingstekniker av biogas för en biogasanläggning*. Umeå: Umeå universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:935486/FULLTEXT01.pdf> [2021-03-03]
- Löfgren, H. (2015). *Användning av inferensstatistik i vetenskapliga undersökningar*. PPR-Läromedel för högskolan.
<https://docplayer.se/24368645-Anvandning-av-inferensstatistik-i-vetenskapliga-undersokningar.html> [2021-05-12]
- Malmkvist, M. (2017). *Vilka styrmedel finns idag och får vi de styrmedel vi behöver?*https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Pbdjb1dt_DkJ:https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/static.wm3.se/sites/400/media/149442_170613_Styrmedel_Energigas_Sverige.pdf%3F1497442346+&cd=1&hl=sv&ct=clnk&gl=se
https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/static.wm3.se/sites/400/media/149442_170613_Styrmedel_Energigas_Sverige.pdf%3F1497442346+&cd=1&hl=sv&ct=clnk&gl=se [2021-06-10]
- Malmkvist, M. (2020). *Förläng satsningen på flytande biogas – risk att stora projekt går om intet*. Ny Teknik. <https://www.nyteknik.se/opinion/forlang-satsningen-pa-flytande-biogas-risk-att-stora-projekt-gar-om-intet-7002687> [2021-06-13]
- Mangiafico, S.S. (2016). *R Handbook: Two-sample Mann–Whitney U Test*.
https://rcompanion.org/handbook/F_04.html [2021-05-24]
- MathWorks (2021). *Covariance - MATLAB cov - MathWorks Nordic*.
<https://se.mathworks.com/help/matlab/ref/cov.html> [2021-05-31]

- MEAE, Ministry of the Environment, Ministry of agriculture and Forestry, Ministry of Transport and Communications & Ministry of Finance (2019). *Finland's Integrated Energy and Climate Plan*. 2019:66
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fi_final_necp_main_en.pdf [2021-05-13]
- Ministry of Economic Affairs and Employment (2020). *Finland's long-term low greenhouse gas emission development strategy | UNFCCC*.
<https://unfccc.int/documents/254391?fbclid=IwAR2-Kw3FvBMtHFK66-HLIJZYqnBAm-oi5Tdo1KPA-ZyQVR-LPhcIxZOr6JE> [2021-06-10]
- Ministry of the Environment and Statistics Finland (2017). *Finland's Seventh National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Helsingfors*.
https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/952371_Finland-NC7-1-fi_nc7_final.pdf [2021-06-06]
- Ministry of Transport and Communications (2021). *Government decided on means of reducing emissions from road transport – emissions to be halved by 2030. Valtioneuvosto*. <https://valtioneuvosto.fi/en/-/government-decided-on-means-of-reducing-emissions-from-road-transport-emissions-to-be-halved-by-2030> [2021-06-10]
- Myfuelcell (2015). *Framställning av vätagas | My Fuel Cell*.
<https://www.myfuelcell.se/framst%C3%A4llning-av-v%C3%A4tgas> [2021-07-12]
- Naturvårdsverket (2013). *Klimatinvesteringsprogrammen Klimp 2003-2012: slutrapport*. Bromma: Arkitektkopia AB. <https://docplayer.se/8700230-Klimatinvesteringsprogrammen-klimp-2003-2012-slutrapport-redovisning-till-regeringen-januari-2013.html> [2021-02-27]
- Naturvårdsverket (2019). *Fördjupad utvärdering av miljömålen 2019: Med förslag till regeringen från myndigheter i samverkan*.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-8296> [2021-06-04]
- Naturvårdsverket (2020a). *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*.
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Sveriges-klimatlag-och-klimatpolitiska-ramverk/> [2021-05-07]
- Naturvårdsverket (2020b). *Tidigare miljöinvesteringsprogram*.
<http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Goda-exempel-LIP-och-KLIMP/> [2021-05-05]
- Naturvårdsverket (2021a). *Beviljade ansökningar*. [Internt material] [2021-04-20]

- Naturvårdsverket (2021b). *Om Klimatklivet*.
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhället/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Om-Klimatklivet/> [2021-05-05]
- Naturvårdsverket (2021c). *Så följer vi upp klimatmålen*.
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Tre-satt-att-berakna-klimatpaverkande-utslapp/Sa-foljer-vi-upp-klimatmalen/> [2021-05-12]
- Naturvårdsverket (2021d). *Vem kan få stöd från Klimatklivet och för vad?*
<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Klimatklivet/For-dig-som-vill-soka-stod-Fran-ide-till-beslut-om-stod/Vilka-kan-fa-stod-fran-Klimatklivet/> [2021-05-14]
- Naturvårdsverket (2021e). *Vägledning till länsstyrelsernas arbete med lokala klimatinvesteringar*. <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Luft-och-klimat/Klimatklivet/> [2021-05-14]
- Nayak, B.K. & Hazra, A. (2011). How to choose the right statistical test? *Indian Journal of Ophthalmology*, 59 (2), 85–86. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.77005>
- NCSS (u.å.). *Normality tests*. https://ncss-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/themes/ncss/pdf/Procedures/NCSS/Normality_Tests.pdf [2021-05-17]
- NGVA (2019). *NGVA Europe releases 2019 Natural Gas Vehicle Catalogue*. <https://www.ngva.eu/medias/ngva-europe-releases-2019-natural-gas-vehicle-catalogue/> [2021-06-01]
- Nordisk Ministerråd (2000). *De nordiska ländernas satsning på nya förnybara energikällor och energieffektivisering: styrmedel och teknikutveckling*. https://books.google.se/books/about/De_nordiska_l%C3%A4ndernas_satsning_p%C3%A5_nya.html?id=bE3So35Dj2cC&redir_esc=y [2021-06-05]
- OECD (2021). *Functional urban areas by country - OECD*. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/functionalurbanareasbycountry.htm> [2021-05-07]
- Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M. & Fári, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 559–578. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.056>
- Proposition 2020/21:180. *Reduktionsplikt för bensin och diesel – kontrollstation 2019*.
- Proposition 48/2021 rd med förslag till lag om ändring av lagen om främjande av användningen av biodrivmedel för transport och till vissa andra lagar.

- Pädam, S., Malmström, C., Noring, M., Pyk, F. & Wallström, J. (2020). *Effekter av Klimatklivet* <https://www.naturvardsverket.se/bidrag/klimatklivet/>
- RDRR (2021). *cliffDelta: Cliff's delta in rcompanion: Functions to Support Extension Education Program Evaluation*. <https://rdr.io/cran/rcompanion/man/cliffDelta.html> [2021-05-24]
- Regeringskansliet (2021). *En taxonomi för hållbara investeringar - Regeringen.se*. <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/finansmarknad/taxonomi-ska-gora-det-enklare-att-identifiera-och-jamfora-miljomassigt-hallbara-investeringar/> [2021-06-01]
- Rådets direktiv 91/271/EEG av den 21 maj 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse.
- Sahlin, K. & Carlsson Reich, M. (2006). *Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken*. <https://docplayer.se/587106-Ekonomiska-styrmedel-i-miljopolitiken-rapport-fran-naturvardsverket-och-energimyndigheten.html> [2021-04-20]
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F. & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129, 457–472. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
- SOU 2019:63:63. Biogasmarknadsutredningen. *Mer biogas! för ett hållbart Sverige: betänkande*.
- Statistcentralen (2021) *Cars by driving power 1990-2020*. Cars by driving power by Traffic use, Vehicle class, Year, Driving power and Information. PxWeb (stat.fi) [2021-04-17]
- Statsrådets förordning nr 498/2018 av den 27 juni 2018 om infrastrukturstöd för främjande av eltrafik och för användning av biogas i trafiken 2018–2021
- Sveriges miljömål (2021). *Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter - Sveriges miljömål*. <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-fran-inrikes-transporter/> [2021-06-11]
- Tamburini, E., Gaglio, M., Castaldelli, G. & Fano, E.A. (2020). Biogas from Agri-Food and Agricultural Waste Can Appreciate Agro-Ecosystem Services: The Case Study of Emilia Romagna Region. *Sustainability*, 12 (20), 8392. <https://doi.org/10.3390/su12208392>
- The Swiss Confederation (2019) *Waste Management*. WASTE MANAGEMENT (un.org) [2021-03-22]
- The World Bank (2018). *Urban population (% of total population) | Data*. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS> [2021-05-07]
- Traficom (2021). *Conversion subsidy*. <https://www.traficom.fi/en/services/conversion-subsidy> [2021-06-10]

- Trafikanalys (2020) *Fordon på väg*. Excel: Fordon 2019
<https://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/> [2021-04-02]
- Transportstyrelsen (2021). *Femårig skattebefrielse - Transportstyrelsen*.
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Fordon/Fordonsskatt/Femaring-skattebefrielse/> [2021-06-10]
- Vero skatt (2016). *Distributionsskyldighet gällande biodrivmedel*.
https://www.vero.fi/sv/Detaljerade_skatteanvisningar/anvisningar/56210/distributionsskyldighet_gallande_biodri/ [2021-06-10]
- Vestman, J., Liljemark, S. & Svensson, M. (2014). *Kostnadsbild för produktion och distribution av fordonsgas*.
http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/SGC296_v2.pdf [2021-06-02]
- Vinnova (2014). *Vad kan vi lära oss av effektstudier? – en granskning av några av Vinnovas effektstudier - Tillväxtanalys*.
<https://www.tillvaxtanalys.se/publikationer/pm/pm/2014-02-06-vad-kan-vi-lara-oss-av-effektstudier-----en-granskning-av-nagra-av-vinnovas-effektstudier.html> [2021-06-10]
- Wermke, W. (u.å.). *Statistiska analyser C2 Inferensstatistik*.
https://media.medfarm.uu.se/play/attachmentfile/video/4780/Statistiska_analyser_3,4_-_Signifikans,_Normalfordelning,_signifikanstestning.pdf [2021-05-17]
- Winqvist, E., Rikkonen, P., Pyysiäinen, J. & Varho, V. (2019). Is biogas an energy or a sustainability product? - Business opportunities in the Finnish biogas branch. *Journal of Cleaner Production*, 233.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.181>
- Winqvist, E., Van Galen, M., Zielonka, S., Rikkonen, P., Oudendag, D., Zhou, L., Greijdanus, A. (2021) Expert Views on the Future Development of Biogas Business Branch in Germany, The Netherlands, and Finland Until 2030. *Sustainability* 2021, 13, 1148. <https://doi.org/10.3390/su13031148>
- World Bank Group (2021). *Agricultural land (sq. km) | Data*.
<https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.K2> [2021-05-08]
- World Bank Group (2021). *Forest area (% of land area) | Data*.
<https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS> [2021-05-07]

Bilagor

Bilaga A – Tabell med kritiska värden för MWW

Statistical Table 8.2(3) (one-tailed at .025; two-tailed at .05) Critical one- and two-tailed values of U for a Mann-Whitney Independent Groups test, where U = the smaller of the two possible values and n_1 and n_2 = the numbers of participants in the two groups. (U is significant if it is less than or equal to the table value)

n_1 ⇒ n_2 ↓	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3																			
4				0															
5		0	1	2															
6		1	2	3	5														
7		1	3	5	6	8													
8	0	2	3	6	8	10	13												
9	0	2	4	7	9	12	15	17											
10	0	3	5	8	11	14	17	20	23										
11	0	3	6	9	13	16	19	23	26	30									
12	1	3	7	11	14	18	22	26	29	33	37								
13	1	4	8	12	16	20	24	28	33	37	41	45							
14	1	5	9	13	17	22	26	31	36	40	45	50	54						
15	1	5	10	14	19	24	29	34	38	44	49	54	59	64					
16	1	6	11	16	21	26	31	36	42	48	53	59	64	69	74				
17	2	6	12	17	22	28	34	39	45	51	57	63	69	75	80	86			
18	2	6	13	18	24	30	36	42	49	55	61	67	73	80	86	93	99		
19	2	7	13	19	26	31	39	45	52	58	65	72	78	85	92	99	106	112	
20	2	8	14	20	27	34	41	48	55	62	68	76	83	90	98	104	112	119	127

Source: The entries in this table were computed by Pat Dugard, a freelance statistician.

(Dugard 2006)

Bilaga B – MATLAB kod för beräkning av Mahalanobis avstånd

```
%kovariater för alla länderna ink. sverige ABS
X = [38811.9 27184.5    7539.849 862109225.25 0.00
%kovariater för sverige ABS
Y = [279800 30398    38032    930922670    0.00476702

for i =1:size(X,1)
    for j = 1:size(Y,1)
        a = X(i,:); b=Y(j,:);
        C = cov(X);
        d(i,j) = sqrt((a-b)*inv(C)*(a-b)')
    end
end

shortest = min(d(d>0));
secondshortest=min(setdiff(d(d>0),shortest));
index = find(d==shortest);
index2 = find(d==secondshortest);
l = [shortest, index ; secondshortest, index2];
disp(l)
```

Bilaga C – Data för kovariater

Länder	Forest area [sq.km]	Agricultural land [sq.km]	Renewable municipal waste [gross available energy [TJ]	People connected to at least secondary urban wastewater treatment	Natural gas vehicles (2014)	BNP [per capita PPP]	Corruption perceptions index	Urbanization % of total population	Level of education, högskoleutbildning [%]
Austria	38811,9	27184,5	7539,849	862109225,3	0,000962778	49865,90394	76	57,715	28,1
Belgium	6893	13280	15772,6	923694878,3	9,16252E-05	46200,90445	77	97,876	32,7
Bulgaria	38330	50119	631	443886963,4	0,00854278	18343,11078	41	73,99	24,1
Croatia	19220	15372	0	155112987,6	7,13673E-05	31722,21621	51	56,155	19,7
Cyprus	1727,1	1266,8	325	51750906,38	0	23005,10114	61	66,946	36,4
Czechia	26 684	34940	3342	856339990,8	0,000686797	33899,28657	56	73,477	19,8
Denmark	6246,8	26338,99	21830,184	522880436	1,82986E-05	49045,33919	91	87,526	30,2
Estonia	24210,1	9930	1212	115479580,5	0,000258475	29389,25532	70	68,416	33,3
Finland	224090	22734	11480	465760135	0,000303858	42497,70498	90	85,225	35,5
France	168360	287269	51186,65	5330516587	0,000203612	40849,99738	70	79,655	30,5
Germany	114190	167310	125360	7839790804	0,001195043	47609,781	81	77,2	23,8
Greece	39018,03	61990	0	1010670472	9,24139E-05	26895,32565	46	78,046	25,4
Hungary	20608,2	52640	3123	768740486,8	0,000519962	26777,4704	51	70,5	20,9
Ireland	7546,7	44300	2384,938	287524670,6	6,38032E-07	36899,38521	75	62,538	39
Italy	92970,8	129450	35419	3619542687	0,014577499	69037,53869	44	69,565	15,5
Latvia	33914,4	18845	0	181181023,7	1,46648E-05	24961,35468	56	67,98	28,1
Lithuania	21870	30059	659	213595127,4	0,000130813	28834,42768	59	67,23	33,2
Luxembourg	887	1312,7	516,103	55194627,6	0,000474014	103722,9908	85	90,179	35,2

Länder	Forest area [sq.km]	Agricultural land [sq.km]	Renewable municipal waste [gross available energy [TJ]	People connected to at least secondary urban wastewater treatment	Natural gas vehicles (2014)	BNP [per capita PPP]	Corruption perceptions index	Urbanization % of total population	Level of education, högskoleutbildning [%]
Malta	3,5	102,3	0	6435466,38	0	37455,07042	60	94,414	19,9
Netherlands	3648,3	18460	40770	1684675342	0,000446873	50288,59139	84	90,173	30,5
Norway	121410	9860,3	7949	295750599	0,000128358	60368,92087	88	81,091	36,7
Poland	94200	143710	1673	2788202641	9,21382E-05	26862,05252	63	60,278	24,4
Portugal	33120	36387,8	4078	775281272,4	4,69199E-05	29660,89607	64	63,514	20,7
Romania	69009,6	138580	48	867923980,8	1,0093E-06	21605,83668	46	53,887	15
Slovakia	185511,8	265765	625	344953743,6	0,000262915	31628,24718	51	53,889	18,9
Slovenia	19217,5	18886	0	130621512,3	2,81072E-05	29919,65967	60	53,781	26,6
Spain	12480	6164,9	10551	4023051348	8,25926E-05	49103,13343	58	79,602	32,1
Sweden	279800	30398	38032	930922670	0,004767029	63921,80251	89	86,553	34
Switzerland	12519,1	15189,336	16088,54666	819957204	0,001398146	34903,12748	86	73,718	34,2
United Kingdom	31550	171380	28904	6511621900	1,04122E-05	42506,72206	81	82,626	37,6

Bilaga D - Saknade data

D1. Share of the population connected to at least secondary urban wastewater treatment:

Cyperm, beräknat med linjär extrapolering:

År	2000	2002	2004	2006	2015
%	14,3	18,3	28,4	29,8	44,575 ²

Portugal, beräknat med linjär interpolering:

År		2008	2015	2016
%		52	74,848	84,64

D2. Renewable municipal waste, Schweiz

Million tonnes of biogenic waste³:

$$1,3 \times 10^9 = 1,3 \times 10^9 [kg]$$

Municipal Solid Waste (MSW) Heat Content⁴:

$$11,73 \left[\frac{\text{Million Btu}}{\text{Ton}} \right] \times \frac{1\,055,05585}{1000} = 12,376 \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right]$$

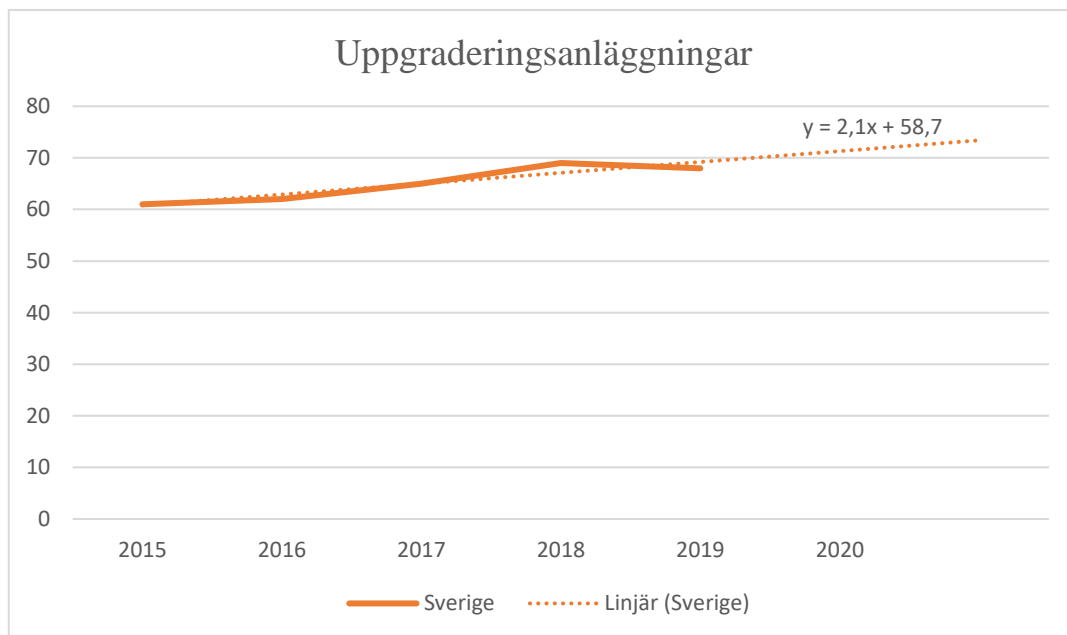
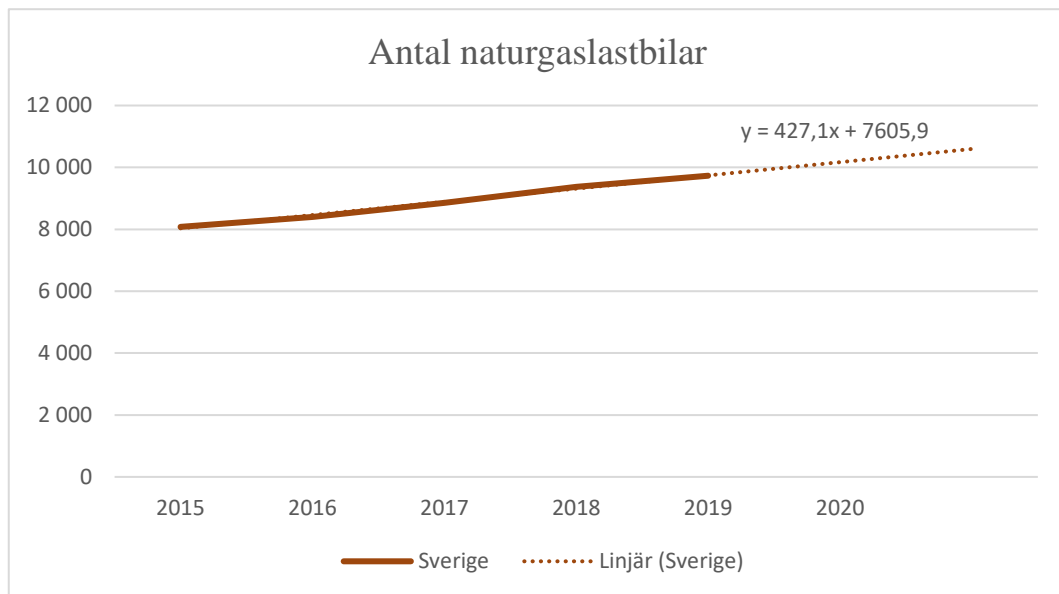
$$1,3 \times 10^9 \times 12,376 = 16088546656,65 [MJ] = 16088,54666 [TJ]$$

² Medelvärde på värde för 2000/2006 och 2004/2006

³ Beräkning med data från The Swiss Confederation (2019)

⁴ Beräkning med data från Energy Information Administration (2007) och IEA Bioenergy (2003)

D3. Linjär extrapolering



Bilaga E – Data för resultatvariabler

E1. Sverige

Tabell: Antal uppgraderingsanläggningar i Sverige och procentuell förändring från året innan mellan 2015–2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Antal anläggningar	61	62	65	69	68	71
Procentuell förändring från året innan		2%	5%	6%	-1%	4%

Tabell: Antal naturgasfordon i Sverige mellan 2015–2020 (Trafikanalys 2020).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Lätta lastbilar	7274	7579	8004	8447	8697	-
Tunga lastbilar	805	821	855	920	1034	-
	8079	8400	8859	9367	9731	10169

Tabell: Antal fordonsgastankstationer i Sverige mellan 2015–2020 (EAFO 2021).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
LNG	6	6	6	6	16	22
CNG	163	167	171	177	192	199
Tot	169	173	177	183	208	221

E2. Finland

Tabell: Antal uppgraderingsanläggningar i Finland och procentuell förändring från året innan mellan 2015–2020.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Antal anläggningar	3	11	15	15	16	18
Procentuell förändring från året innan		267%	36%	0%	7%	13%

Tabell: Antal naturgasfordon i Finland mellan 2015–2020 (Statistikcentralen 2021).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Lätta lastbilar	58	74	152	269	459	613
Tunga lastbilar	16	13	17	40	81	134

Tabell: Antal fordonsgastankstationer i Finland mellan 2015–2020 (EAFO 2021).

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
LNG	0	2	5	6	9	9
CNG	24	26	33	38	46	48
Tot	24	28	38	44	55	57

SLU
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 10 00
pdf.fil: www.slu.se/energioghteknik

SLU
Department of Energy and Technology
P. O. Box 7032
SE-750 07 UPPSALA
SWEDEN
Phone +46 18 671000