



CHALMERS

Affärsmöjligheter för förnybara fordonsdrivmedel

En undersökning av affärsmodeller för
alternativa drivmedel till den svenska
transportsektorn

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet ekonomi och produktionsteknik

ARBER JUSUFI

SHAIRDEL SALEH

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige E2016:082

Rapport nr. E2016:082

Affärsmöjligheter för förnybara fordonsdrivmedel

En undersökning av affärsmodeller för alternativa
drivmedel till den svenska transportsektorn

ARBER JUSUFI
SHAIRDEL SALEH

Handledare: Stefan Svedhem

Handledare och examinator: Tomas Karlsson

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation

Chalmers tekniska högskola

Göteborg, Sverige 2016

Affärsmöjligheter för förnybara fordonsdrivmedel

En undersökning av affärsmodeller för alternativa drivmedel till den svenska transportsektorn

©ARBER JUSUFI & SHAIRDEL SALEH, 2016

Examensarbete E2016:082

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

SE-412 96 Göteborg Sweden

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Chalmers Reproservice
Göteborg, Sverige 2016

"Där kunskap möter kunskap"

Innovatum, 2016

Förord

Följande studie är ett examensarbete omfattande 15 högskolepoäng, som utförts inom ramen för högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbetet är utfört under vårterminen 2016 vid institutionen för Teknikens ekonomi och organisation under avdelningen Management of Organizational Renewal and Entrepreneurship. Uppdragsgivaren är Innovatum Science Park.

Vi vill rikta ett stort tack till följande personer,

Vår handledare Tomas Karlsson, Docent vid Chalmers tekniska högskola. Stort tack för din vägledning, engagemang och snabba återkoppling.

Vår handledare på Innovatum, Stefan Svedhem, Projektkoordinator Hållbara Transporter. Stort tack för all inspiration, vägledning, avsatt tid och möjligheten att få göra detta examensarbete.

Våra kontaktpersoner på Miljöbron, Anna Sahlberg Jonson och Helena Callstam. Tack för ert stöd, och möjligheten att få göra detta examensarbete.

Peter Eriksson, Projektkoordinator Gröna Näringar, Innovatum. Stort tack för din expertishjälp och avsatta tid.

Slutligen, vill vi rikta ett stort tack till alla respondenter som bidrog, utan er hade det varit omöjligt!

Arber Jusufi

Shairdel Saleh

Göteborg, juni 2016

Sammanfattning

Olja är sedan många år tillbaka den dominerande energiråvaran inom transportsektorn. Olja är en så kallad fossil råvara som finns i begränsad mängd, samt medför negativa miljökonsekvenser vid förbränning. För att det ska vara möjligt att uppnå en hållbar utveckling behöver dagens konventionella oljebaserade drivmedel ersättas med förnybara alternativ.

Syftet med denna studie är att undersöka vilka möjligheter och hinder som finns för drivmedlen: elektricitet, biogas, vätgas, och metanol att kunna etableras på marknaden. Dessutom syftar studien till att identifiera intressanta aktörer, som tillsammans skulle kunna samverka för att främja en sådan satsning.

Den här studien bygger på en kvalitativ undersökning som huvudsakligen består av en teoretisk referensram där teorier kring affärsmodeller ingår, en teknisk bakgrund till de förnybara drivmedlen som ingår i undersökningen, en empirisk datainsamling bestående av fyra intervjuer, samt ett analysavsnitt där förutsättningarna för de olika drivmedlen analyseras, och slutligen presenteras förslag på hur en samverkan mellan aktörerna skulle kunna se ut.

Studien visar avslutningsvis att en övergång till förnybara drivmedel är en komplex utmaning, där tekniska, ekonomiska och politiska faktorer utgör viktiga aspekter för etablering av förnybara drivmedel. Vidare anses det troligtvis inte, att ett enskilt förnybart drivmedel på egen hand, kommer ersätta dagens fossila alternativ, utan en kombination av dessa drivmedel kan möjligtvis bli aktuell.

Nyckelord: elektricitet, biogas, vätgas, metanol, affärsmodeller, miljö, hållbar utveckling, förnybara drivmedel

Abstract

Since many years ago, oil has been the dominant energy resource for the transport sector. Oil is a fossil resource that only exist in a finite amount, which also cause harmful environmental effects when it is combusted. In order to ensure a sustainable development the current conventional oil based fuels must be replaced by renewable alternatives.

The purpose of this study is to explore the opportunities and obstacles for the fuels: electricity, biogas, hydrogen and methanol to be established in the market. In addition, the study aims to identify interesting actors, which together could cooperate to promote such efforts.

This study is based on a qualitative study, consisting mainly of a theoretical framework in which the theories of business models are included, a technical background to the renewable fuels included in the survey, an empirical data collection consisting of four interviews, and an analysis section where the conditions for the different fuel types are analyzed, and suggestions on how a cooperation between the actors could look like are presented.

The study concludes that a transition to renewable fuels is a complex challenge, where technical, economic and political factors are important aspects for the establishment of renewable fuels. Furthermore, it is considered unlikely that a single renewable fuel on its own, will replace today's fossil alternatives, although a combination of these fuels can potentially be relevant.

Keywords: electricity, biogas, hydrogen, methanol, business models, environment, sustainable development, renewable fuels

Innehållsförteckning

Innehåll

1 Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Syfte.....	12
1.3 Avgränsningar	12
2. Metod	14
2.1 Utförande	14
2.2 Metodansats	14
2.3 Val av ansats	15
2.4 Datainsamlingsmetoder.....	16
2.5 Databearbetningsmetoder.....	18
2.6 Källkritik	19
3. Teoretisk referensram	21
3.1 Affärsmodellens definition	21
3.2 Affärsmodellsramverk	23
3.3 Affärsmodellens beståndsdelar	25
3.4 Tillvägagångssätt vid affärsmodellsdesign	28
3.5 Hållbara affärsmodeller.....	29
3.6 Sambandet mellan teknisk innovation och affärsmodeller	31
4. Teknisk Bakgrund	33
4.1 Olika former av drivmedel.....	33
4.2 Framställningsmetoder för förnybara bränslen	34
4.3 Elektricitet.....	39
4.4 Biogas.....	46
4.5 Vätgas.....	53
4.6 Metanol	60

4.7 Sammanfattning och urval	67
5. Empiri.....	70
5.1 Institutionen för Energi och miljö, Chalmers tekniska högskola.....	70
5.2 Stena Teknik	75
5.3 Göteborg Energi.....	78
5.4 Hushållningssällskapet.....	80
6. Analys	82
6.1 Möjligheter och hinder.....	82
6.2 Förslag på samverkan mellan olika aktörer	84
6.3 Resultatdiskussion.....	87
7. Slutsats	89
Referenser	90

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Olja har sedan många år tillbaka varit den dominerande energiråvaran globalt. Anledningarna till detta är många, bland annat på grund av att olja är väldigt energirikt och dessutom lätt att både lagra och transportera (Energimyndigheten, 2014a). Transportsektorn utgör inget undantag för oljans dominans som energiråvara. Denna sektor är fortfarande nästintill helt beroende av oljebaserade fordonsbränslen som exempelvis bensin och diesel, som i dagsläget utgör cirka 85 procent av den totala energianvändningen inom denna sektor (Energimyndigheten, 2015f). Olja är ett fossilt bränsle, som vid förbränning bidrar till negativa miljöeffekter och föroreningar. Det är dessutom en ändlig och icke- förnyelsebar resurs som i framtiden kan komma att förbrukas, om inte dagens konsumtion avtar (MacKenzie, 1998). Det är därför av stor vikt att dagens fossila bränslen fasas ut och ersätts med miljövänligare och förnyelsebara alternativ, både för att säkerställa en god tillgång på energi men även för att skapa en hållbar framtid (Naturvårdsverket, 2015a).

Utsläppen av växthusgaser från inrikes transporter uppgick till ca en tredjedel av Sveriges totala utsläpp år 2013 (Trafikverket, 2014). Utsläppsmängden har varit i en nedåtgående trend de senaste åren, men utvecklingen har skett alldeles för långsamt. Mellan åren 2013-2014 reducerades det totala utsläppen av växthusgaser med ca 1 procent (Naturvårdsverket, 2015c). Samtidigt har riksdagen beslutat om olika miljömål för Sveriges totala utsläpp av växthusgaser. Ett av dessa mål är att klimatutsläppen ska reduceras med 40 procent mellan åren 1990-2020 (Regeringskansliet, 2015). Detta är ett mål som Sverige ännu är långtifrån att uppnå, då utsläppen fram till år 2014 minskat med ca 24 procent (Naturvårdsverket, 2015b). Dock överstiger denna utveckling EU-kravet som innebär en minskning med 20 procent år 2020 i relation till nivåerna år 1990 (Regeringskansliet, 2015). Ytterligare ett mål för år 2020 är att den svenska transportsektorn ska använda minst 10 procent förnyelsebara bränslen (Regeringen, 2012), detta mål har emellertid uppnåtts då enbart andelen biodrivmedel uppgick till 12 % redan år 2013 (Energimyndigheten, 2015d). Vidare har riksdagen ambitionen att Sverige ska vara ett av världens första fossilfria länder, och den långsiktiga visionen är att Sverige år 2050, ska ha ett nollutsläpp av växthusgaser för all vägtrafik (Regeringskansliet, 2014)

För att de ska vara möjligt att uppnå dessa mål måste en rad olika åtgärder vidtas.

En av dessa är att undersöka olika alternativa fordonsbränslen som på lång sikt har potential att ersätta dagens fossila drivmedel. I dagsläget finns en hel del olika alternativa fordonsdrivmedel, men inga av dessa har ännu lyckats ersätta de fossila drivmedlen. För att detta ska vara möjligt kan det krävas en samverkan mellan olika aktörer, som tillsammans kan ha en god potential till framgång.

I denna studie kommer möjliga aktörer undersökas vidare med förhoppningen att kunna bidra till att väcka intresset för en samverkan som kan främja en hållbar utveckling.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att (a) undersöka vilka affärsmöjligheter och hinder som finns för några utvalda förnybara fordonsdrivmedel, (b) identifiera intressanta aktörer för ett av dessa och (c) undersöka och föreslå en samverkan mellan olika aktörer som skulle kunna främja en fossil oberoende utveckling inom Västra Götalandsregionen.

1.3 Avgränsningar

Med hänsyn till rapportens omfattning och tidsram kommer denna studie att avgränsas med avseende på följande perspektiv:

Bränslen:

De alternativa bränslena som kommer undersökas i denna rapport kommer endast bestå av bränslen baserade på förnybara källor, dock kommer fossila alternativ inte uteslutas helt. Dessa presenteras i arbetet då de kan utgöra ett viktigt alternativ vid en övergångsfas, samt som buffert för att täcka upp eventuell kapacitetsbrist på förnybara källor.

Därutöver kommer denna studie endast fokusera på följande energislag:

- *Elektricitet*
- *Vätgas*
- *Biogas*
- *Metanol*

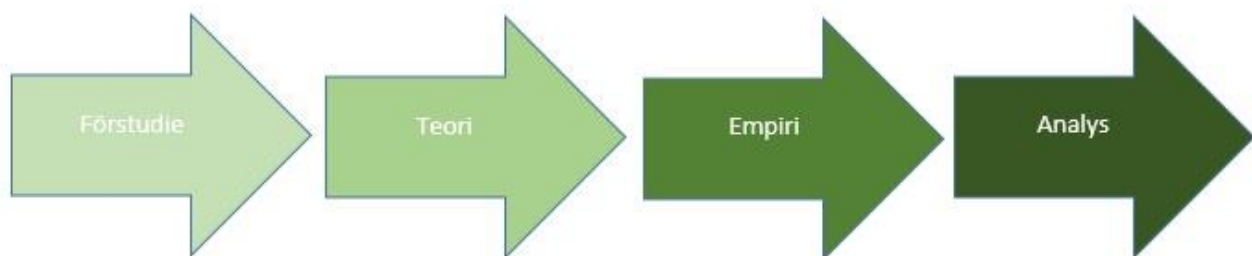
Studien kommer inledningsvis på en övergripande nivå analysera olika förutsättningar för ovanstående bränsleslag att användas som fordonsdrivmedel. Detta kommer sedan att fokuseras ner till ett bränsleslag för vilket olika affärsmodeller undersöks på aktörsnivå.

2. Metod

I det här kapitlet ges en motivering av metodvalet. Syftet med motiveringen är huvudsakligen för att läsaren ska kunna få en insyn i tillvägagångssättet av arbetet och på så sätt kunna göra en egen tolkning och värdering av resultatets rimlighet. Efter metodbeskrivningen diskuteras studiens tillförlitlighet och trovärdighet.

2.1 Utförande

Arbetet initierades med en förstudie där en kartläggning utfördes, syftet med kartläggningen var att identifiera viktiga aktörer inom det undersökta området. Kartläggningen har skett genom litteraturstudier men även omfattat en intervju med en framstående Chalmersforskare. Litteraturstudier och intervjun med Chalmersforskaren bidrog även till en ökad grundförståelse för området. Vidare gjordes ytterligare litteraturstudier för att få en djupare teoretisk förståelse för ämnet. Efter litteraturstudierna utfördes ytterligare intervjuer för att få de viktiga aktörernas perspektiv. Slutligen gjordes det en analys för att diskutera området närmare. Nedan illustreras ordningsföljden av utförandet i *figur 1*:

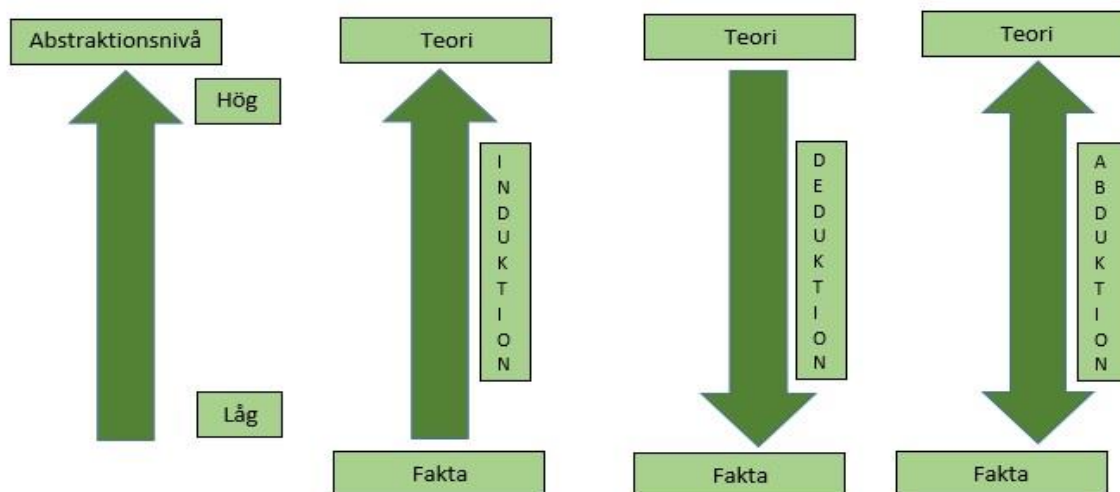


Figur 1 - Illustration av ordningsföljden av utförandet enligt författarna

2.2 Metodansats

Abduktiv, deduktiv och induktiv metod

Vid uppsatsskrivande kan olika abstraktionsnivåer tillämpas. I de fall teorin används som utgångspunkt för att sedan prognostisera empirin, innebär det att en deduktiv metod tillämpas. I det motsatta fallet, induktiv metod, är utgångspunkten att samla in empiri som sedan beskrivs teoretiskt. Då flera olika abstraktionsnivåer används, innebär det att en abduktiv metod tillämpas (Björklund & Paulsson, 2012). Induktiv, deduktiv och abduktiv ansats illustreras nedan i *figur 2*:



Figur 2 - Illustration av induktiv, deduktiv och abduktiv ansats. Figuren är omarbetad från (Björklund & Paulsson, 2012).

Kvalitativ och kvantitativ metod

Det beror på studiens syfte om det är en kvalitativ eller kvantitativ metod som bör tillämpas. Om resultatet är mätbart blir det en kvantitativ studie. Om det inte är mätbart och syftet istället är att bilda en större förståelse för ett specifikt scenario då är det en kvalitativ metod som tillämpas (Björklund & Paulsson, 2012).

Deskriptiv, explanativ, explorativ och normativ ansats

Studier som är deskriptiva används då författaren eller författarna har baskunskaper inom ämnet samtidigt som syftet är att beskriva men inte förklara djupare. När syftet är att åstadkomma djupare förståelse inom området genom att både förklara och beskriva, då kallas det för explanativa studier, det vill säga förklarande. Studier som är explorativa, det vill säga undersökande, används av författaren eller författarna som besitter en liten kunskap inom ämnet. Syftet med en explorativ studie är att åstadkomma en grundläggande förståelse för ämnet. När författaren eller författarna redan har en viss förståelse för ämnet och endast har som syfte att ge förslag på åtgärder och ge vägledning då kallas det för en normativ studie (Björklund & Paulsson, 2012).

2.3 Val av ansats

I denna studie valdes det en deduktiv ansats valts för att inledningsvis kunna få en djupare teoretisk kunskap inom området för att sedan kunna vara tillräckligt pålästa inför den empiriska delen.

Studien har inte genererat några mätbara resultat, och har därför varit av kvalitativ art. Med utgångspunkt för studiens syfte samt teorin ovan, är denna studie därför av en normativ karaktär, då författarna har haft en viss förståelse för ämnet, och studien har haft som mål att ge förslag på lösningar.

2.4 Datainsamlingsmetoder

Det finns olika metoder för datainsamling (Björklund & Paulsson, 2012), dessa datainsamlingsmetoder förklaras här nedan:

Litteraturstudier

Allt som är skrivet i exempelvis broschyrer, böcker eller tidskrifter kallas för litteratur. Informationen som erhålls via litteraturstudier, kallas för sekundärdata. Med begreppet sekundärdata menas data som vanligtvis har ett annat syfte än den pågående studiens. Fördelen med litteraturstudier är lättillgänglig information. En nackdel är att det ofta inte framgår i detalj med vilka metoder som data insamlats. Det är dessutom ofta oklart vad syftet har varit (Björklund & Paulsson, 2012).

Presentationer vid föreläsningar, konferenser och liknande

Information som erhålls via presentationer vid exempelvis föreläsningar eller konferenser är sekundärdata. Det är viktigt att tänka på att utformningen av informationen kan påverkas beroende på till vilka informationen riktats till, vem som tagit fram informationen och för vilket ändamål. Fördelen med denna datainsamlingsmetod är likt för litteraturstudier att en stor mängd information kan erhållas på relativt kort tid. Nackdelen är att informationen är sekundärdata, det vill säga som tidigare nämnt att informationen som tagits fram vanligtvis har ett annat syfte än den pågående studiens (Björklund & Paulsson, 2012).

Intervjuer

Intervjuer är utfrågningar som kan ske antingen via telefonsamtal eller genom personligt möte. Det finns tre olika typer av intervjuer. När samtliga frågor på förhand är bestämda och tas upp i ordningsföljd, då kallas det för strukturerad intervju. Om det istället är en semistrukturerad intervju då är det förutbestämda ämnesområden medan frågorna anpassas under själva intervjun. Det kan även vara en ostrukturerad intervju där intervjufrågorna formuleras under själva intervjun, likt ett helt vanligt samtal.

Insamling av data som sker via intervjuer har fördelen att relevant data för studiens syfte insamlas. Det finns även möjlighet för författaren eller författarna att åstadkomma djupare förståelse för ämnet. Denna typ av information som fås kallas för primärdata. Med begreppet primärdata menas data som tagits fram för den pågående studiens syfte. Nackdelar som kan finnas med intervjuer är resekostnader, vilket dessutom kan vara mycket tidskrävande. Beroende på hur många frågor och hur omfattande frågorna är kan intervjun variera betydande tidsmässigt. Det är även lämpligt att intervjuaren undviker ledande frågor. Intervjuer kan spelas in, ihågkommas eller skrivas ner (Björklund & Paulsson, 2012).

Enkäter

Enkäter innehåller några förutbestämda standardfrågor och svarsalternativ. Dessa svarsalternativ kan vara kryssfrågor eller av en mer öppnare karaktär, där respondenten får möjlighet att ge utförligare svar. Beroende på vad för typ av svar som eftersöks kan sättet som enkäter skickas ut varieras. Till vilka personer som enkäter skickas ut och antalet varieras också. Fördelen med denna datainsamlingsmetod är att det krävs relativt lite tid för att erhålla en stor mängd primärdata. En svaghet som kan finnas med denna datainsamlingsmetod är att respondenten kan vara helt anonym och därför kan det bli svårt att avgöra vad dennes funktion är. Kroppsspråket kan då tyvärr inte avläsas. Respondenten har heller inte möjlighet att be om förtydligande, vilket ökar risken för missförstånd. Ytterligare risker som finns med enkäter är, kortfattade svar jämfört med intervjuer, låg svarsfrekvens samt att enkätsvaren kan dröja (Björklund & Paulsson, 2012).

Observationer

Observationer kan utföras på en mängd olika sätt. Till exempel genom att observatören deltar i själva aktiviteten eller att observatören observerar händelsen utifrån. Detta kan ske utan att den observerade vet om det eller genom att den observerade blivit informerad om observationen. Ibland används hjälpmedel till observationen som exempelvis tidtagare. En fördel som kan finnas med observation som datainsamlingsmetod är att informationen kan vara mindre subjektiv men som tidigare nämnt kan denna metod utföras på olika sätt därför är det svårt att avgöra generella för- och nackdelar. En nackdel som kan finnas är att datainsamlingsmetoden kan vara tidskrävande (Björklund & Paulsson, 2012).

Experiment

Ett experiment är en förenkling av verkligheten. Nackdelar som kan finnas med denna datainsamlingsmetod är att det kan bli resurskrävande eller tidsödande. Det kan också vara svårt att avbilda verklighetens komplexitet. De huvudsakliga fördelarna med experiment som datainsamlingsmetod är att det går att ha kontroll över de variabler som ingår i experimentet samt att experimentet går att göra om.

Val av datainsamlingsmetoder

I denna studie har datainsamling bland annat skett med hjälp av telefonintervjuer (för att spara på den begränsade tiden), informationen från dessa har således utgjort primärdata i denna uppsats. Intervjun i förstudien med Chalmersforskaren har varit semistrukturerad (för att vissa frågor behöver bli besvarade samt för att kunna ställa relevanta följdfrågor). Resterande intervjuer har varit ostrukturerade för att inte vinkla det för mycket. Det har även skett en insamling av sekundärdata för att författarna ska kunna få en djupare förståelse för ämnet, detta har skett via presentationer, böcker, artiklar och internetkällor.

2.5 Databearbetningsmetoder

Den insamlade datan kan bearbetas på en mängd olika sätt. Vilket sätt som används beror på syftet med databearbetningen (Björklund & Paulsson, 2012). Nedan beskrivs olika metoder för databearbetning:

Analysmodeller

Analysmodeller kan utformas av författaren eller författarna eller så kan det användas färdiga mallar för detta. Dessa analysmodeller är ett hjälpmedel för att till exempel värdera och strukturera insamlad data eller åtgärdsförslag som presenteras i kapitlet för analys (Björklund & Paulsson, 2012).

Statistisk bearbetning

Inhämtad data kan bearbetas statistiskt genom användning av dataprogram eller manuellt i syfte att hitta ny information. Denna databearbetningsmetod används ofta för att få fram eventuella samband eller korrelationer (Björklund & Paulsson, 2012).

Modellering och simulering

Inhämtad data kan även bearbetas i dataprogram för modellering och simulering. Detta används för att ta fram verkliga scenarier (Björklund & Paulsson, 2012).

Val av databearbetningsmetod

Metoden för databearbetning som valts för den här studien är med hjälp av analysmodeller för att på så sätt kunna värdera och strukturera den inhämtade informationen. Intervjuerna kommer sammanfattas i kapitlet för Empiri.

Objektivitet, reliabilitet och validitet

Begreppet objektivitet anger i vilken omfattning värderingar påverkat studien. Det finns olika sätt att öka objektiviteten på. Detta kan exempelvis ske genom förtydligande och motivering av de metoder som valts. För att undvika problem med objektivitet när referat skrivs måste den fakta som återberättas vara helt korrekt. Fakta som återberättas ska heller inte vara snedvriden, det vill säga att inte endast vissa delar av informationen väljs ut som kanske bara gynnar det egna påståendet. Värdeladdade ord bör också undvikas. Hur tillförlitligt ett mätinstrument är anges med begreppet reliabilitet. Reliabilitet i en studie kan exempelvis ökas genom användandet av kontrollfrågor, för att dubbelkolla aspekterna. Begreppet validitet innebär i vilken grad det som har mätts, verkligen också har avsetts att mätas från början. Validiteten i en studie kan ökas genom användandet av så kallad triangulering, det vill säga att flera olika perspektiv undersöks med hjälp av olika typer av metoder. De tre ovanstående begreppen är alltid viktiga att beakta i vetenskapliga sammanhang, då dessa mäter en studies trovärdighet (Björklund & Paulsson, 2012).

2.6 Källkritik

Då det endast utfördes en intervju vid varje organisation, finns det en risk för minskad objektivitet, till följd av att det i detta fall kan ha inneburit att respondenten hade egna subjektiva åsikter eller intressen, som inte nödvändigtvis representerade hela organisationen perspektiv. Dock intervjuades Chalmersforskaren för att få ett objektiva perspektiv på de valda energislagen.

Arbetets reliabilitet anses vara god då en Chalmersforskare som har gjort en liknande studie, som denna har kommit fram till en liknande slutsats. Det kan dock uppstå lite annorlunda resultat då upprepade försök av ett liknande arbete som detta sker, då denna studie har varit lärandeprocess för

författarna, kunskapen inom området har ökat efterhand. Det har även gjorts antaganden och tolkningar som vid en annan liknande studie kan ge annorlunda resultat.

Då telefonintervjuer valdes som insamling av primärdata istället för personliga intervjuer, missades möjligheten att avläsa respondentens kroppsspråk.

3. Teoretisk referensram

I detta avsnitt kommer teori kring affärsmodeller att granskas. Kapitlet inleds med definitioner av begreppet. Vidare tas olika affärsmodellensramverk upp, samt olika faktorer som driver affärsmodellinnovation. Slutligen förklaras även begreppet hållbar affärsmodell, samt sambandet mellan affärsmodeller och teknologisk innovation.

3.1 Affärsmodellens definition

Begreppet affärsmodell har på senare år blivit väldigt omtalat både i akademiska kretsar och bland praktiker. Antalet vetenskapliga artiklar där begreppet nämns har enligt (Zott, Amit, & Massa, 2011) vuxit explosionsartat sedan 1995, i konferenssalar har detta kommit till att bli ett begrepp som använts i överflöd. Trots detta menar Zott m.fl., (2011) att det i dagsläget inte råder någon konsensus bland forskare kring vad begreppet affärsmodell är. Detta är något som även DaSilva & Trkman, (2014) instämmer med, de menar att begreppet affärsmodell har kommit till att bli ett så kallat "buzzword" (slagord) som ofta missbrukats både av akademiker och praktiker. Avsaknaden av en enhetlig definition av begreppet affärsmodell har därför enligt Zott m.fl., (2011) lett till att det har skapats en potentiell källa till förvirring kring begreppets innebörd. Osterwalder, Pigneur, & Clark, (2013) instämmer och menar att det bör råda en gemensam uppfattning kring begreppet för att skapa ett koncept som alla förstår, vilket är av vikt för att alla ska tala samma språk. Utmaning för att uppnå detta ligger enligt författarna, i att skapa ett enkelt koncept som både är relevant och möjligt att förstå intuitivt. Olika definitioner av begreppet affärsmodell uttryckta av ett antal framstående forskare inom området redovisas nedan i *tabell 1*:

Författare	Definition
Timmers, 1998	The business model is “an architecture of the product, service and information flows, including a description of the various business actors and their roles; a description of the potential benefits for the various business actors; a description of the sources of revenues”
Amit och Zott, 2001	The business model depicts “the content, structure, and governance of transactions

	designed so as to create value through the exploitation of business opportunities”
Magretta, 2002	Business models are “stories that explain how enterprises work”
Chesbrough och Rosenbloom, 2002	The business model is “the heuristic logic that connects technical potential with the realization of economic value”
Morris m.fl., 2005	A business model is a “concise representation of how an interrelated set of decision variables in the areas of venture strategy, architecture, and economics are addressed to create sustainable competitive advantage in defined markets”
Johnson, Christensen, & Kagermann, 2008	Business models “consist of four interlocking elements that, taken together, create and deliver value”
Casadesus-Masanell & Ricart, 2010	“A business model is . . . a <i>reflection</i> of the firm’s <i>realized</i> strategy”
Teece, 2010	“A business model articulates the logic, the data, and other evidence that support a value proposition for the customer, and a viable structure of revenues and costs for the enterprise delivering that value”

Tabell 1 – I tabellen skildras Zott et als (2011, s. 1024) sammanställning av begreppet affärsmodell uttryckt av olika forskare.

Ett gemensamt drag som återfinns i flera av de ovanstående definitionerna är begreppet värdeskapande. Vilket även innefattas i Osterwalders & Pigneurs, (2009) definition som lyder:

”A business model describes the rationale of how an organization creates, delivers, and captures value” (s.14).

Detta är den definition som kommer användas vidare i denna rapport. Anledningen till detta är främst för att det är en välkänd definition, som dessutom utgör grunden för verktyget *Business Model Canvas* (BMC) som författarna skapat. Verktyget och dess ingående delar kommer att förklaras närmare i nästa avsnitt.

3.2 Affärsmodellens ramverk

Affärsmodellinnovation kan utgöra en kritisk faktor för ett företags framgång, trots detta är det något som kan vara väldigt svårt att lyckas med (Chesbrough, 2010). Det råder som tidigare nämnts ingen konsensus kring begreppet affärsmodell, vilket har lett till att behovet av gemensam utgångspunkt kring begreppet har uppstått. Osterwalder & Pigneur, (2013) hävdar att det bästa sättet att tillgodose detta behov är genom att tillämpa ett koncept som på ett enkelt och effektivt sätt beskriver vad en affärsmodell är. Ett sådant koncept skulle kunna vara i form av ett ramverk, med syfte att illustrativt förklara och kartlägga de ingående elementen i en affärsmodell. Chesbrough, (2010) instämmer med att tillämpningen av sådana ramverk kan vara en effektiv metod för att skapa en förståelse kring begreppet, men han menar även att dessa verktyg på egen hand är otillräckliga för ändamålet. För att uppnå en framgångsrik affärsmodellinnovation krävs det enligt författaren att utvecklingen av alternativa affärsmodeller sker i samspel med praktisk experimentering, där verkliga kunder får betala verkliga pengar. Detta förutsätter att företag måste utveckla en verkställande attityd gentemot affärsmodellsexperimentering. Vidare menar han att vissa av dessa experiment kommer att misslyckas, vilket bör förväntas. Dock är det viktigt att inom rimliga gränser uppmuntra dessa försök, då de kan framkalla nya metoder och insikter av högt värde.

Ett flertal ramverk har utvecklats genom åren, ett av de mest kända är Osterwalders & Pigneurs, (2009) *Business Model Canvas* som nämndes i föregående stycke. Ett annat är Johnsons, (2010) *Four box model*, i vilken affärsmodellen analyseras ur de fyra grundelementen:

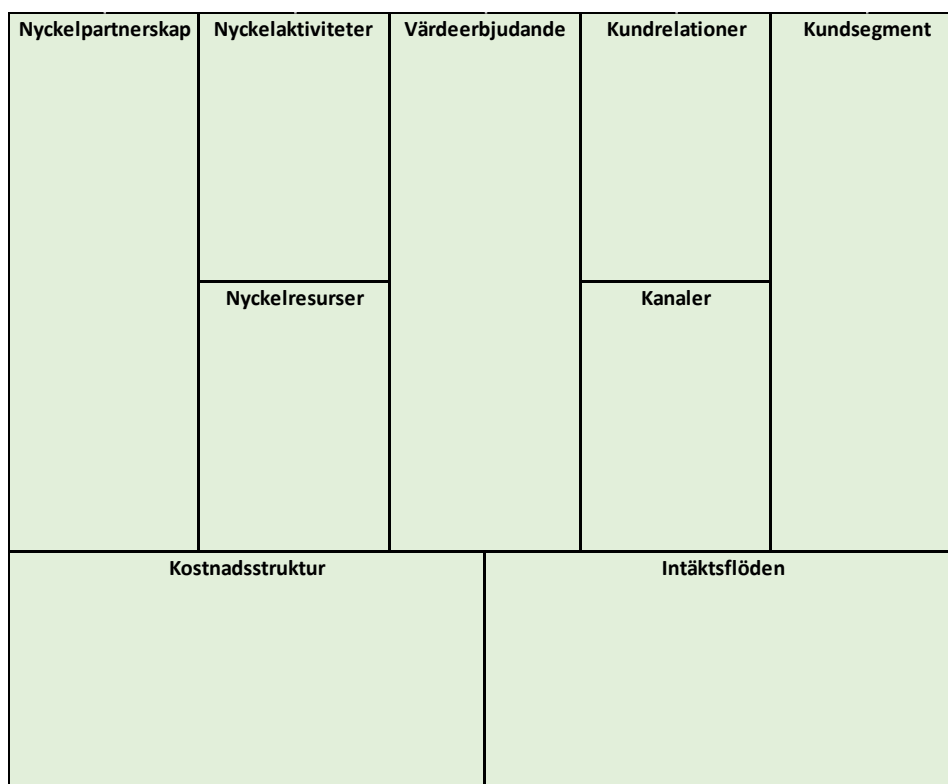
kundvärdeerbjudande, nyckelresurser, nyckelaktiviteter och en värdeformel, som definierar hur ett

företag skapar värde för egen, samt för aktieägarnas del. Morris, Schindehutte, & Allens, (2005) *The Entrepreneur's Business Model* är ytterligare ett affärsmodellsramverk, som består av tre nivåer av följande beslutsfattande: the foundation level, the propetiery level och the rules level. På den förstnämnda nivån definieras de grundkomponenter som ska ingå i affärsmodellen, som sedan kompletteras i de efterföljande stegen. Det finns en del likheter och skillnader mellan de nämnda ramverken, dessa kommer dock inte tas upp i denna studie då BMC valts för tillämpning härnäst. De två sistnämnda ramverken kommer därför inte att förklaras på en djupare nivå.

BMC har valts då det är ett välkänt analysverktyg som blivit populär i både den entreprenöriella sfären och inom multinationella företag (Osterwalder & Pigneur, 2009), vilket stärker dess legitimitet. Dessutom illustrerar modellen på ett överskådligt och strukturerat sätt ett företags situation utifrån nio grundelement som kommer att förklaras vidare i nästa stycke.

3.3 Affärsmodellens beståndsdelar

Analysmodellen BMC har utvecklats med utgångspunkt från Osterwalders & Pigneurs, (2009) affärsmodellsdefinition som nämndes tidigare. Syftet med denna modell var enligt författarna att skapa ett koncept som alla förstår sig på, ett koncept som på ett enkelt och tydligt sätt illustrerar vad en affärsmodell är, och vilka ingående komponenter den består av. BMC är som bekant uppbyggt av nio grundelement, vilka är följande: *Kundsegment*, *Värdeerbjudande*, *Kanaler*, *Kundrelationer*, *Intäktsflöden*, *Nyckelresurser*, *Nyckelaktiviteter*, *Nyckelpartnerskap* och *Kostnadsstruktur*. Dessa illustreras i figur 3 nedan, och kommer att beskrivas vidare under respektive rubrik.



Figur 3 – En illustration av de nio grundelementen för BMC. Figuren är omarbetad från (Osterwalder & Pigneur, 2013.)

Kundsegment

Den första beståndsdelan benämns kundsegment och innebär att det sker en analys av vilken/vilka kundgrupper som är den/de absolut viktigaste att skapa värde för. Dessa kunder kan exempelvis vara privatpersoner eller företag. Det är viktigt att dela upp kunder i olika kundgrupper för att kunna åstadkomma en ökad kundtillfredsställelse. Denna uppdelning kan exempelvis ske genom att titta på kundernas gemensamma drag (Osterwalder & Pigneur, 2013). Enligt Dalton, (2006) leder

kundsegmentering till att marknadsföringen blir mer kostnadseffektiv, till följd av att fokus riktas in till de målgrupper som ska nås.

Värdeerbjudande

Värdeerbjudande innebär att det görs en utförlig beskrivning av olika produkter och tjänster som ska leverera värden till utvalda kundsegment. Dessa värden kan vara mätbara som exempelvis hur omgående en tjänst kan utföras. Värden kan även syfta på kvalitet, där det till exempel kan handla om hur bra designen av en produkt är. Ibland kan det dyka upp nya värdeerbjudanden (som vanligtvis handlar om ny teknologi) som kunderna tidigare inte efterfrågat (Osterwalder & Pigneur, 2013)

Kanaler

Kanaler innebär att det sker en noggrann beskrivning av hur företaget når ut till de olika kundsegmenten för att kunna skapa ett värdeerbjudande. Det finns olika former av kanaler, dessa brukar delas in i indirekta och direkta. Indirekt kanal kan exempelvis vara egen butik, grossist och/eller partnerbutik. Direkt kanal kan exempelvis vara webbförsäljning. Det finns fem olika kanalfaser. Första fasen handlar om att åstadkomma en ökad uppmärksamhet av företagets olika produkter eller tjänster. Nästkommande fas handlar om hur ett företag kan stödja kunderna med att utvärdera värdeerbjudandet. Den tredje fasen går igenom möjligheten för kunder att köpa produkten eller tjänsten. Den fjärde fasen handlar om hur leveransen av värdeerbjudandet till kunden sker. Den femte och sista fasen beskriver hjälpen som kunden erhåller efter köpet (Osterwalder & Pigneur, 2013).

Kundrelationer

Kundrelationer innebär en redogörelse för de olika sorters relationer som skapas med utvalda kundsegment. Dessa relationer kan vara personliga som exempelvis personlig hjälp eller automatiserade genom automatiserade tjänster. Vilken typ av kundrelation som är lämplig beror på målet med kundrelationen. Det kan finnas olika mål med kundrelationer, till exempel kundvärvning, försäljningsökning eller kanske för att behålla de nuvarande kunderna (Osterwalder & Pigneur, 2013).

Intäktsflöden

Intäktsflöden är en annan viktig beståndsdel där det finns två olika sorters intäktsflöden. En typ är intäkter från transaktioner vilket är resultatet av betalningar genomförda av kunder. Den andra typen av intäktsflöde är fasta intäkter som baseras på löpande betalningar för att antingen skapa ett värdeerbjudande till kunder eller för att ge kundsupport efter köpet (Osterwalder & Pigneur, 2013).

Nyckelresurser

Nyckelresurser är en redogörelse för de viktiga resurser som krävs för att det ska kunna skapas en fungerande affärsmodell. Olika affärsmodeller behöver olika nyckelresurser. Dessa nyckelresurser kan vara ekonomiska (som exempelvis kontanter), mänskliga (som till exempel erfarenhet), immateriella (som patent- och upphovsrättighet) eller fysiska (som exempelvis fordon) (Osterwalder & Pigneur, 2013).

Nyckelaktiviteter

Nyckelaktiviteter är den del där det beskrivs vilka aktiviteter företaget bör göra för att uppnå en fungerande affärsmodell. Likt nyckelresurser, beror det på affärsmodellen för att kunna lista ut vilka nyckelaktiviteter som är lämpliga. Dessa aktiviteter kan exempelvis vara design eller tillverkning av en produkt, problemlösning eller kontaktskapande aktiviteter (Osterwalder & Pigneur, 2013).

Nyckelpartnerskap

Nyckelpartnerskap beskriver det samarbete som finns med leverantörer och andra samarbetspartners för att en affärsmodell ska kunna fungera. Nyckelpartners kan till exempel behövas för att erhålla nyckelresurser (Osterwalder & Pigneur, 2013). Enligt Osterwalder & Pigneur (2013) kan det finnas tre olika anledningar till att vara en del av ett partnerskap. Den mest vanliga anledningen brukar vara för att optimera fördelningen av aktiviteter och resurser. En annan anledning som författarna nämner är erhållandet av resurser och/eller aktiviteter. En ytterligare anledning kan vara för att reducera eventuella risker då miljön är konkurrensutsatt (Osterwalder & Pigneur, 2013).

Kostnadsstruktur

Den nionde och sista beståndsdelens benämns kostnadsstruktur och redogör för olika kostnader i affärsmodellen. För att affärsmodellens ingående beståndsdelar ska kunna fungera, kostar det ofta pengar. Kostnadsstrukturer brukar delas upp i två grupper, kostnadsdrivna och värdedrivna. Fokus

riktas ofta på att hålla nere kostnaderna när affärsmodeller är kostnadsdrivna. När affärsmodeller istället är värdedrivna så riktas fokus istället på värdeskapande (i form av exempelvis högklassig service) (Osterwalder & Pigneur, 2013).

3.4 Tillvägagångssätt vid affärsmodelldesign

Anledningen bakom olika initiativtagande för att utveckla nya affärsmodeller, bygger generellt sett på en av de fyra följande motivationsfaktorerna (Osterwalder & Pigneur, 2013):

1. Den befintliga affärsmodellen går igenom en kris.
2. Då miljöer ständigt förändras finns det en vilja att ändra, förbättra eller försvara den befintliga modellen för att på så sätt anpassa sig.
3. Det finns en vilja att introducera ny teknik, nya produkter eller nya tjänster på marknaden.
4. Få en förberedelse inför framtiden genom att redan nu tänka på nya affärsmodeller som skulle kunna ersätta de befintliga.

Enligt Osterwalder & Pigneur, (2013) har tillvägagångssättet vid design av affärsmodeller fem olika faser. Den första fasen benämns mobilisering och handlar huvudsakligen om att göra de nödvändiga förberedelserna genom att sätta upp tydliga målsättningar, göra en planering för projektet, prova på preliminära idéer och dessutom slå samman arbetsgruppen. För att bli framgångsrik med denna fas krävs det rätt människor med erfarenhet och kunskap. En risk med mobiliseringsfasen som bör uppmärksammas är att tidiga idéer kan överskattas. Nästa fas som kallas förståelse handlar i stora drag om att göra en granskning av omgivningen, studera potentiella kunder, intervjua experter, ta lärdomar av tidigare misslyckanden och dessutom göra en insamling av åsikter och idéer. För att kunna bli framgångsrik med denna fas krävs det kunskap om möjliga målgrupper samt även kunna se längre än dessa målgruppers gränser. Det finns två risker med förståelsefasen. Den första risken är att det kan ske för mycket forskning. Den andra risken är att forskningen kan bli vinklad då det i ett tidigt steg skett en favorisering av en särskild idé. Designfasen vilket är den tredje fasen handlar huvudsakligen om att prova på att välja mellan olika affärsmodeller. Ett exempel på framgångsfaktor i designfasen är om det läggs tid på forskning av olika typer av idéer till affärsmodeller. Ett exempel på en möjlig risk i designfasen är det kan ske en förälskelse för tidigt av idé. Implementering är den näst sista fasen där prototypen för affärsmodellen realiserar i praktiken. En risk med denna implementering är att drivkraften kan minskas. Ett exempel på framgångsfaktor för implementering är att kunna på effektivt sätt anpassa affärsmodellen.

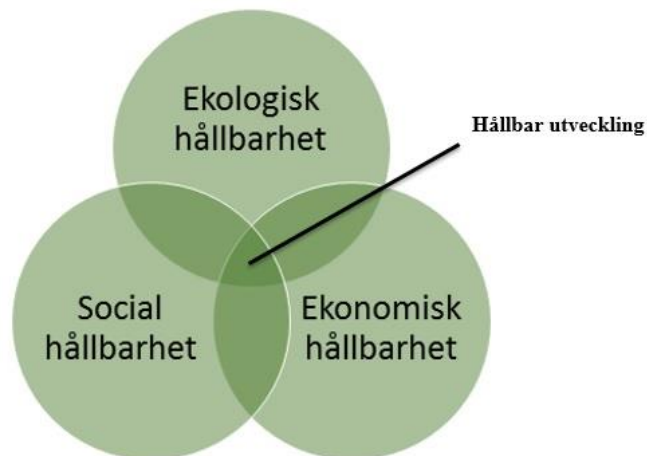
Förvaltning som är den femte och sista fasen handlar om att utveckla affärsmodellen genom att ständigt gå igenom den och bevaka omgivningen för att på så sätt kunna uppfatta hur affärsmodellen på sikt kan påverkas av möjliga yttre faktorer. Två viktiga framgångsfaktorer för den sista fasen är att arbetet sker i förebyggande syfte och att det finns ett långsiktigt tänkande. En risk är dock svårigheter med anpassning av affärsmodellen.

3.5 Hållbara affärsmodeller

I en värld som står inför stora framtida utmaningar som global befolkningstillväxt, ökat resursutnyttjande och klimatförändringar kan det verka uppenbart att en hållbar utveckling inte kan säkerställas, om ingen hänsyn tas till hållbarhetsaspekten (Bocken, Short, Rana, & Evans, 2014).

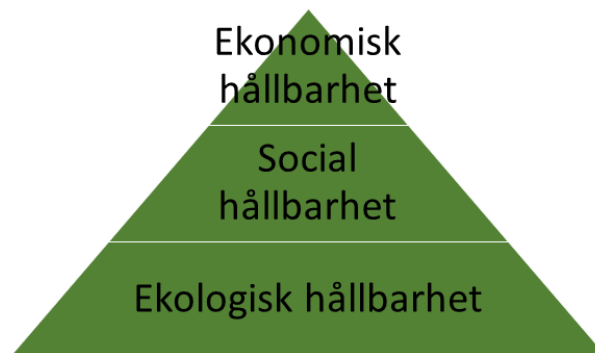
En känd definition av hållbar utveckling återfinns i FN:s rapport *Our Common Future*:
“Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” (World Commission on Environment and Development, 1987, s.41)

van Drimmelen, (2013) menar att företag som bidrar till en hållbar utveckling strävar efter ett långsiktigt värdeskapande, istället för att fokusera på kortsiktig lönsamhet. Hon menar även att fler företag har börjat integrera hållbarhet i sina affärsmodeller, i synnerhet efter lågkonjunkturen som inträffade mellan 2007 och 2010. Många företag vill numera bidra till en bättre omvärld, vilket enbart kan göras genom att fokusera på fler aspekter än endast de ekonomiska. Hänsyn bör även tas till de sociala och miljömässiga aspekterna. Även Høgevold m.fl., (2014) tar upp att hållbara affärsmodeller tillämpas bland annat med syfte att minimera företagets ekologiska fotavtryck. De menar likt van Drimmelen att hållbara affärsmodeller bör baseras på att uppnå social, ekonomisk och ekologisk hållbarhet. Med ekologisk hållbarhet menas hållbarhet som har med jordens ekosystem att göra (KTH, 2015a). Social hållbarhet handlar exempelvis om välbefinnande och behov hos individer (KTH, 2015c). Ekonomisk hållbarhet kan definieras på två olika sätt. I den första definitionen innebär det en ekonomisk utveckling som inte påverkar den sociala och ekologiska hållbarhet. I den andra definitionen fokuseras det enbart på den ekonomiska tillväxten, som likställs med ekonomisk hållbarhet (KTH, 2015b). Hållbarhetsaspekterna illustreras vanligtvis i form av ett venndiagram där de tre olika aspekterna får lika stort värde och tyngd (KTH, 2015d). Hållbar utveckling belyses genom centerområdet i *figur 4* nedan, där de tre hållbarhetsaspekterna överlappar varandra.



Figur 4 - Illustration av hållbar utveckling där de tre hållbarhetsaspekterna överlappar varandra. Figuren är omarbetad från (KTH, 2015d).

Ett annat sätt att beskriva hållbarhet är genom en hierarkipyramid, där den mest grundläggande byggstenen är ekologisk hållbarhet, följt av social hållbarhet och slutligen högst upp ekonomisk hållbarhet (KTH, 2015d). Nedan illustreras detta i *figur 5*:



Figur 5 - Illustration av hållbar utveckling genom en hierarkipyramid. Figuren är omarbetad från (KTH, 2015d).

Nya hållbara affärsmodeller är väsentliga för att uppnå en hållbar utveckling. Enligt WWF, (2012) uppgår den globala resursförbrukningen till cirka 50 % mer än vad jorden kan förse, vilket innebär att det skulle behövas 1.5 jordklot för att tillgodose dagens resursbehov. De nämner också att detta

behov kommer att öka till motsvarande 2.9 jordklot år 2050, om ingen hänsyn tas till att integrera hållbarhetsaspekter i affärsmodellen. Det är en stor anledning till varför det idag behövs nya hållbara affärsmodeller som hjälper till att reducera miljöpåverkan (Bocken m.fl., 2014).

Enligt Beltramello, Haie-Fayle, & Pilat, (2013) finns det externa och interna hinder när hållbara affärsmodeller ska skapas. Interna hinder som finns är exempelvis att, ett traditionellt och låst tankesätt tillämpas av ledningen och medarbetarna inom företaget. Vilket kan bero på att det råder brist på kompetens och kunskap om miljöfrågor. Externa hinder kan exempelvis vara finansieringsproblem, eller avsaknaden av ett behov på marknaden.

3.6 Sambandet mellan teknisk innovation och affärsmodeller

Det fokuseras enligt Chesbrough, (2010) ofta på innovation av ny teknologi och sällan på innovation av nya affärsmodeller. Han menar att det istället bör fokuseras mer på innovation av nya affärsmodeller hellre än innovation av ny teknologi. Detta på grund av att ny teknologi genererar olika mycket intäkter beroende på hur bra affärsmodellen är. Dessutom menar Chesbrough, (2010) även att en medelmåttig affärsmodell som använts i en fantastisk teknologi, är mindre värdefull än en medelmåttig teknologi som tillämpats i en fantastisk affärsmodell. Enligt Zott m.fl., (2011) fokuserar företag ofta på att förbättra sina produkter och processer i syfte att öka sin ekonomiska vinst och växa som företag, men detta är ofta tidskrävande och dyrt. Företag kan istället justera affärsmodellen, vilket är betydligt billigare och mindre tidskrävande.

Chesbrough, (2010) påpekar även att nystartade företag har det betydligt enklare att förändra sin nuvarande affärsmodell, då de inte är låsta till sin befintliga affärsmodell i lika stor grad som de etablerade företagen. Han menar att etablerade företag oftast vill maximera lönsamheten på kort sikt och därför väljer att använda mer av sina resurser till sin nuvarande affärsmodell. Detta på bekostnad av den nya affärsmodellen.

Möjligheten till att skapa värde minskas kraftigt om inte nya affärsmodeller skapas. Innovation av nya affärsmodeller behövs i dagsläget då det har skett en digitalisering i samhället, företag behöver därför vara mer kundcentrerade då dagens kunder har fler valmöjligheter än förr (Teece, 2010). Enligt Teece, (2010) finns det dock undantag, ett exempel på när innovation av nya affärsmodeller inte behövs, är då det sker små förbättringar i en av fabriken processer. Ofta krävs det innovation av nya affärsmodeller när det handlar om större förbättringar. När det gäller mindre förbättringar är

sannolikheten också mindre för att det kommer behövas innovation av nya affärsmodeller. Han menar även att innovation av teknologi behöver genomföras i kombination med innovation av nya affärsmodeller.

4. Teknisk Bakgrund

I detta kapitel undersöks olika tekniska aspekter för de förnybara drivmedlen som valts ut i denna studie. Kapitlet inleds med att beskriva skillnaden mellan fossila och förnybara drivmedel, samt går igenom framställningsmetoder för den senare. Syftet är att bilda en uppfattning om den aktuella situationen för var och en av de fyra drivmedelstyperna, kapitlet avslutas med en sammanfattning och ett urval, där ett av dessa drivmedel väljs ut för att analyseras på aktörsnivå.

4.1 Olika former av drivmedel

Icke förnybara drivmedel

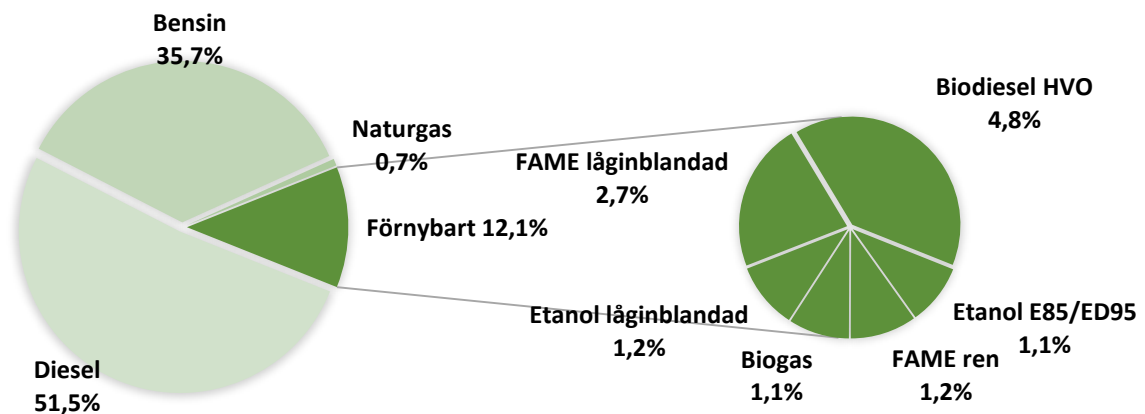
Icke förnybara drivmedel innebär drivmedel som baseras på ändliga råvarukällor. Dessa typer av energikällor kallas även för fossila och kännetecknas vid att de inte kan produceras eller genereras i samma takt som de konsumeras, vilket medför till att tillgången på dessa är begränsad. Drivmedel som baseras på råvaror som kol, olja eller naturgas är några exempel på så kallade fossila drivmedel. Fossila drivmedel kallas även för konventionella drivmedel (Tiwari & Mishra, 2012), och utgör som tidigare nämnt, över 80 % (≈ 71 TWh) av den totala energianvändningen inom Sveriges transportsektor som år 2014 uppgick till totalt 85 TWh (Energimyndigheten, 2015f). Dessa bränslen består av rester från organismer som varit på havs- eller sjöbotten under väldigt lång tid. När fossila bränslen förbränns frigörs koldioxid, vilket inte är gynnsamt för miljön då detta ger upphov till växthuseffekten. De flesta kraftvärmeverk i Sverige har ställt om till bioenergi, istället för att använda kol. I vissa länder finns det stora tillgångar av kol, därför byggs det fortfarande många kolkraftverk internationellt sett. (Naturvårdsverket, 2015a)

Den vanligaste energigasen i Sverige är naturgas. Av all naturgas går ungefär hälften till industrin. Naturgas består till största del av metan och släpper vid förbränning ut små mängder av kväveoxider, partiklar, svavel och tungmetaller. I jämförelse med olja och kol släpper naturgas ut cirka 25 % respektive 40 % mindre koldioxid. (Energigas Sverige, 2014). Naturgasen innehåller dock en allvarlig risk som kan medföra en skadlig effekt på miljön. Denna risk uppstår vid ett eventuellt läckage, då metan har en klimatpåverkan som är 34 gånger större än koldioxid (Naturvårdsverket, 2015a). Naturgasen distribueras till Sverige via nergrävda ledningar från Danmark. Gasen introducerades i Sverige år 1985 och utgör i dagsläget mer än 20 % av energitillförseln i de kommuner som anslutit sig till naturgasnätet. Infrastrukturen är inte så väletablerad i Sverige, därför står det för endast 3 % av energitillförseln i landet till skillnad mot EU i helhet där naturgasen står för omkring 25 %. Norra Europa började använda gasen först i början av 1950-talet medan USA

började redan vid 1900-talet. Det finns stora tillgångar av naturgas i världen, bland annat i Iran, Ryssland, Algeriet och Nordsjön (Energigas Sverige, 2014). Naturgasen som drivmedel utgjorde 0,7 % av den totala energianvändningen inom transportsektorn år 2014, vilket illustreras i *figur 6* som återfinns i nästa stycke (SPBI, 2016a)

Förnybara drivmedel

En förnybar källa definieras som en energikälla som kan förnyas inom en snar framtid igen. Ett förnybart drivmedel innebär således ett drivmedel som framställs ur en dylik energikälla. Förnybara energikällor utgörs bland annat av energi som härstammar från exempelvis sol, vind, flödande vatten, biomassa (organiskt avfall) och värme från jordens kärna (geotermiskt energi) (Tiwari & Mishra, 2012). Användandet av förnybara energikällor som ersättning för fossila alternativ, bidrar till positiva miljöeffekter i form av exempelvis mindre utsläpp av farliga avgaser. Hur stora dessa förbättringar blir beror på varje steg i hela kedjan, det vill säga från framställning till att slutkunden börjar använda energin. I Sverige är förutsättningar goda för att producera förnybar energi från exempelvis sol, vind, vatten, och biomassa (Jordbruksverket, 2016). Förnybara drivmedel utgjorde 12,1 % av energianvändningen inom transportsektorn år 2014 (SPBI, 2016a), vilket illustreras i *figur 6*.



Figur 6 - Illustration av energianvändningen inom transportsektorn år 2014. Figuren är omarbetad från (SPBI, 2016a).

4.2 Framställningsmetoder för förnybara bränslen

Termisk förgasning

Förgasning är en termokemisk process som generellt sker i två steg. "Pyrolys" eller "destruktiv destillation" kallas det första steget vilket innebär att biomassa förbränns i en syrefattig atmosfär för

att förhindra att en fullständig förbränning sker (Olah, Goeppert, & Prakash, 2009). Temperaturen under denna process ligger inom spannet 400-600°C.

Pyrolys-processen resulterar i en gas som består av kolmonoxid, väte, metan och koldioxid samt vatten och flyktig tjära. Gasen från denna process måste därefter renas från olika typer biprodukter innan den kan användas för bränsleproduktion. Den energirika syntesgasen som utvinns ur denna process är intressant ur ett flertal olika perspektiv och har många användningsområden, den kan bland annat användas för att producera värme, elektricitet, biobränslen, vätgas, biometan samt kemikalier. Syntesgasen består av en blandning av kolmonoxid, koldioxid och vätgas.

Det skapas en ytterligare restprodukt i form av träkol, vilket utgör mellan 10-25 % av den inmatade andelen biomassa. Det andra steget består av en process som Olah m.fl., (2009) benämner "char conversion" vilket innebär att kolresterna från den föregående processen förbränns i en syrerik atmosfär inom temperaturspannet 1300-1500°C. I detta steg produceras kolmonoxid.

Förgasningstekniken är till följd av sin flexibilitet med avseende på utbudet av råvaror, en av nyckelteknikerna för framställning av syntesgas (Heidenreich & Foscolo, 2015). Dock skiljer sig slutresultatet baserat på vilken råvara som förgasas, då både utbytet samt restprodukterna varierar för olika typer av råvaror. Olah m.fl., (2009) menar att fördelarna med att använda biomassa framför fossila kolbaserade källor är att detta leder till lägre svavelinnehåll, samt att de genererar icke-signifikanta kvantiteter av tungmetaller.

Energien till förgasningsprocessen erhålls i konventionella system från den biomassan som matas in i förgasningskammaren, där en andel av biomassan används som bränsle för processen. Enligt Olah m.fl., (2009) kan dock andra slags värmekällor exempelvis solkraft och kärnkraft användas för att höja utnyttjandegraden på biomassan, samt reducera CO₂-utsläppen som uppstår vid förgasningen. Författarna nämner även att solkraft skulle kunna användas för att förtorka biomassan och därmed minimera energibehovet i processen.

Reformering

En annan metod för framställning av syntesgas är reformering.

Reformering utgår från att metan antingen i form av biogas eller naturgas, genom olika reformeringsprocesser omvandlas till syntesgas. Tekniker som kan användas vid dessa processer är exempelvis partiell oxidationsreformering, ångreformering och koldioxidreformering. Skillnaden

mellan dessa tekniker är att metangasen får reagera med olika ämnen. Vid partiell oxidationsreforming sker en reaktion mellan metan och syrgas, vid ångreforming används vattenånga och vid koldioxidreforming sker reaktionen med koldioxid. Kemiska reaktioner sker antingen exotermt (värme avges) eller endotermt (värme måste tillföras), för ovan nämnda reaktioner är partiell oxidationsreforming exoterm, medan ång- och koldioxidreforming är endoterm (Johansson & Hanarp 2013).

Innan reformering kan ske måste gasen renas från föroreningar som exempelvis svavel, vilket kan förgifta katalysatorerna. Detta ändamål kan uppnås genom att använda ett zinkoxid filter. Konvertering av metan till syntesgas via reformering är en effektiv teknik som kan uppnå en omvandlingsgrad på över 98 % (Zhang, Su, Qu, & Du, 2014).

För de tidigare nämnda teknikerna fås olika förhållanden mellan kolmonoxid och vätgas i den syntesgas som bildas. För partiell oxidation fås en syntesgas med förhållande 2:1 mellan vätgas och kolmonoxid, för ångreforming 3:1 och för koldioxidreforming 2:2. Vilken teknik som producerar den mest eftertraktade syntesgasen avgörs av gasens ändamål, då idealförhållandet varierar för olika tillämpningar. För exempelvis metanolsyntes är det optimala förhållandet 2:1, nya lovande reformeringsprocesser har föreslagits där syntesgas med dessa egenskaper ska kunna produceras direkt utan kostsamma justerings- och separationsprocesser (Johansson & Hanarp, 2013). En sådan teknik vilken benämns oxidativ bireforming beskrivs i (Olah, Prakash, Goepfert, Czaun, & Mathew, 2013) och sker i två steg. Det första steget metanförbränning innebär att en del metan förbränns fullständigt med syre från luften varvid koldioxid och vatten bildas. I det efterföljande steget kallat bi-reforming blandas tre delar metan med den koldioxid och det vatten som bildats i den föregående processen, vilket slutligen resulterar i en syntesgas med det önskade förhållandet 2:1. En process med ett högt utbyte, fri från andra oxidationsprodukter uppnås enligt författarna då denna teknik kombineras med konventionell metanolsyntes.

Anaerob rötning

En framställningsmetod som endast används för ett av de fyra valda energislagen är anaerob rötning. Denna teknik används vid framställning av biogas och innebär att organiskt material bryts ner i en syrefri miljö. I den anaeroba nedbrytningen som sker är fyra olika typer av mikroorganismer involverade (Energigas Sverige, 2015). Dessa mikroorganismer är väldigt känsliga för låga temperaturer. Därför behövs en temperatur av minst 20°C för att underlätta

bakteriell aktivitet. Beroende på vilken typ av tank eller råvara som används, kan rötningstiden variera från ett par veckor till ett par månader. Generellt sett ger högre temperaturer en snabbare processtid (Al Seadi m.fl., 2008). Den anaeroba rötningen sker i de nedanstående fyra stegen.

I det första steget, så kallat hydrolys, bryts de organiska avfallen ner till sockerarter och aminosyror genom användning av hydrolytiska bakterier. I steg två fermentering, även kallat jäsning, omvandlas sockerarterna och aminosyror sedan till organiska syror genom användandet av fermenterade bakterier. Detta gör i sin tur att syrabildande bakterier omvandlar 70 % av syrorna till vätgas, koldioxid och acetat. De resterande 30 % utgörs av alkoholer och flyktiga fettsyror. I den tredje fasen oxideras alkoholer och flyktiga fettsyror till metanogena substrat som exempelvis väte, acetat och koldioxid via så kallade anaeroba oxidationer. I den slutliga fasen metanbildning omvandlas acetat till metan och koldioxid (biogas) vilket utgör 70 % av den metan som bildas. Vätet och koldioxiden från föregående steg omvandlas till metan och vatten vilket utgör resterande 30 % av metanbildningen. I detta steg sker omvandlingen med hjälp av metanogena bakterier (Al Seadi m.fl., 2008).

Rötgasen som erhålls ur den anaeroba rötningen innehåller föroreningar som exempelvis svavelväte vilket är korrosivt mot metaller som i sin tur kan leda till att motorer och motorkomponenter tar skada. Till följd av detta måste gasen både renas från föroreningar och uppgraderas för att öka metanhalten innan den kan användas som fordonsbränsle. Kemisorption, kryogen separation, tryckvattenabsorption, pressure swing adsorption (PSA), selexol och membranteknik är några tekniker som används för rening av rågasen (Blom, Mccann, & Westman, 2012a).

Elektrolys

Elektrolys kallas den framställningsmetod som endast används för ett av de fyra valda energislagen, vätgas. Elektrolys är en välutvecklad metod för vätgasframställning som använts i över hundra år (Wallmark, Mohseni, & Schaap, 2014). Generellt definieras elektrolys vara en process som med hjälp av elektrisk ström driver en kemisk reaktion. För att detta ska kunna ske behövs flera olika komponenter. Dessa ingående komponenter är bland annat strömkälla och två elektroder (anod och katod). Vid anoden (som är kopplad till pluspolen) sker det vanligtvis en oxidation medan det vid katoden (som är kopplad till minuspolen) sker en reduktion (Nationalencyklopedin, 2016a). Med begreppet oxidation menas ett ämne som avger en eller flera elektroner (NE, 2016b), medan reduktion är motsatsen vilket innebär att ämnet tar upp elektroner (NE, 2016c). Detta görs genom

att vatten klyvs till sina beståndsdelar (väte och syre) för att kunna bilda vätgas och syrgas separat. De gaser som erhålls är väldigt rena, därför behövs det inte så mycket rening. Restprodukten syrgas som bildas, kan sedan säljas för att öka elektrolysens lönsamhet. Vätgasen transporteras i en så kallad elektrolysör där trycknivån kan vara mellan 1-80 bar. När trycknivån är hög minskar det tankstationers driftkostnad för kompressorer. Vid användning av elektrolys för vätgas försvinner dessutom behovet av gasleveranser, då gasen produceras på plats. Istället förses energin genom elledning, där elektriciteten är energibärare för vätgasen (Wallmark m.fl., 2014). Energieffektiviteten från elektrolys till utgående motoreffekt för bränslecellsbil är cirka 80 %. (Sidén, 2015). Verkningsgraden i själva elektrolyprocessen uppskattas enligt Wallmark m.fl., (2014) till att vara cirka 60 %.

4.3 Elektricitet

Bakgrund

Elektricitet innebär att elektronerna mellan atomerna i en ledning förflyttar sig och på så sätt skapar en elektrisk ström. I dagsläget är elektricitet ett energislag som anses vara en självklarhet i det svenska samhället, ett samhälle som idag är beroende av elektrisk energi för att kunna fungera. Tillförseln av elektrisk ström förväntas i dagens Sverige att vara så god att befolkningen ska kunna få tillgång till elektricitet genom att stoppa in en kontakt i ett eluttag. Det har dock inte alltid varit så enkelt. När elektriciteten upptäcktes kring år 600 f.kr så var det i form av friktionselektricitet som uppstod genom att gnida bärnsten. Det dröjde ända fram till 1800-talet innan elektriciteten kunde distribueras till befolkningen för att användas till exempelvis uppvärmning och belysning (Energimyndigheten, 2015b).

Elektricitet har på senare år även börjat användas alltmer som drivmedel till fordon. De allra första elbilarna producerades under 1830-talet (Nationalencyklopedin, 2016e), vilket innebär att de kom före den första bilen med förbränningsmotor, som uppfanns år 1862. I början på 1900-talet introducerades även hybridbilen (Nationalencyklopedin, 2016d). Det fanns dock ett stort problem med elbilar, vilket var lagringen av energin. Under denna tid var bilarna utrustade med otympliga blybatterier vars hållbarhet och räckvidd ansågs vara otillräcklig. Teknikutveckling fokuserade istället på bilar med förbränningsmotorer som drevs av drivmedel som bensin och diesel. Detta blev till slut anledningen till att eldrivna fordon gavs upp.

Under 1970-talets oljekris väcktes intresset för eldrivna bilar återigen och teknikutvecklingen har genom åren medfört att effektivare varianter av batterier har utvecklats. Teknikutvecklingen har lett till att dagens batterier baserade på litiumjon-, litumpolymer och nickelmetallhybridteknik är mindre, lättare och mer driftsäkra än dåtidens blybatterier (Nationalencyklopedin, 2016e). Det var först i början av 2000-talets oljekris som intresset för de elbilarna började växa i samband med att oljepriset återigen hade stigit.

Produktion

Elektricitet kan produceras på flera olika sätt. Detta sker i dagsläget av både förnybara energikällor och fossila. Till de förnybara energikällorna räknas exempelvis vindkraftverk. Vinden används för att få en generator att börja rotera. Processen leder till att kinetisk energi omvandlas till elektricitet (Energimyndigheten, 2015e). Vattenkraftverk är ytterligare en metod som används. Vattnet faller

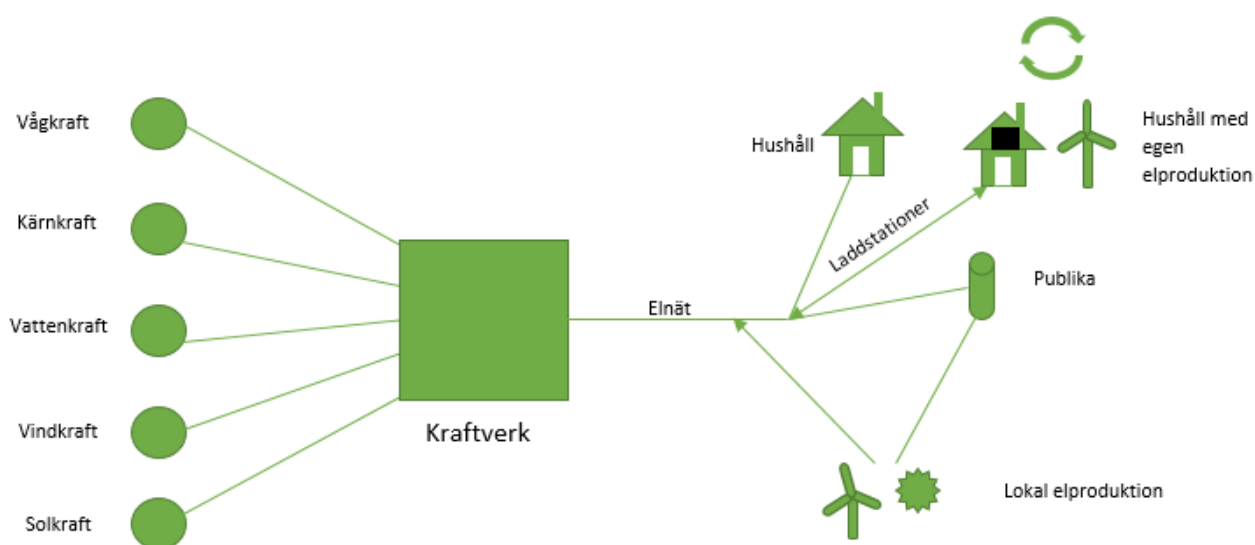
ner från ett högre beläget vattenmagasin igenom en turbin som driver en generator till att producera elektricitet. Denna process innebär att potentiell energi omvandlas till elektricitet (Energimyndigheten, 2011b). Ström kan även produceras med hjälp av solceller. Solceller tar tillvara på ljuset och omvandlar det till elektricitet. Detta sker genom att solljuset når cellens framsida vilket skapar elektrisk spänning mellan framsidan och baksidan av cellen. Sedan ansluts en ledning mellan fram- och baksidan vilket gör att det bildas elektricitet (Energimyndigheten, 2014b). Elektricitet kan dessutom utvinnas av geotermisk energi, detta sker genom att borra djupt och pumpa ner kallt vatten till det varma vattnet. På så sätt värms det kalla vattnet upp (Energimyndigheten, 2011a).

Ytterligare en produktionsmetod för elektricitet är genom förbränning av biobränslen vilket sker genom att ta tillvara på värmeenergin som uppstår (Bioenergiportalen, 2011). En metod som används mycket för att producera ström i dagsläget är genom kärnenergi i kärnkraftverk. Med begreppet kärnenergi menas den energi som frigörs när atomkärnor slås ihop eller klyvs isär. I Sverige framställs 84 % av elektriciteten med hjälp av vattenkraft och kärnkraft (Energimyndigheten, 2013). De resterande 16 % framställs med hjälp av exempelvis kondensvärme, kraftvärme och vindkraftverk (Ekonomifakta, 2016).

Elektricitet som fordonsdrivmedel bidrar inte bara till mindre koldioxidutsläpp utan också till mindre buller och lokala föroreningar i samhället. Bensin och diesel är i dagsläget dyrare att producera än elektricitet. Anledningen till att produktionskostnaden för elektriskt drivna bilar i dagsläget är större än för de konventionella bensin- och dieselbilarna beror på dagens dyra batterier. Detta är därför den faktor som utgör det största hindret för marknadsinträde för laddningsbara bilar (Energimyndigheten, 2009). Eftersom tekniken för att lagra energi på ett effektivt sätt möjligtvis kan komma att utvecklas de kommande åren, prognostiseras därför eldrift ha en stor potential i framtiden. Elektricitet har dessutom potential att vara ett helt förnybart bränsle, om det produceras av förnybara källor (Grahm & Hansson, 2010).

Framställning av fossila källor som kol ger lägst produktionskostnad på strax över 40 öre per kWh (Elforsk, 2014), detta är dock en metod som endast används som reserv i Sverige (NE, 2016e). Bland de förnybara källorna för elproduktion ger vattenkraft den lägsta produktionskostnaden på cirka 65 öre/kWh. Produktionskostnaden varierar beroende på vilka antaganden som görs, de ovanstående kostnaderna har beräknats fram med antaganden om en kalkylränta på 6 % och exklusive ekonomiska styrmedel som skatter, avgifter och elcertifikat (Elforsk, 2014).

Nedan illustreras de olika produktionsvägarna för elektricitet i figur 7.



Figur 7- Illustration av de olika produktionsvägarna för elektricitet enligt författarna.

Hantering och förvaring

Det finns olika möjligheter för lagring av elektrisk energi. En av de mest fördelaktiga metoderna för energilagring i eldrivna fordon är genom batterier. Det finns som tidigare nämnt olika typer av batterier, men det mest attraktiva alternativet faller på litiumjonbatteriet. Detta till följd av dess förmåga att uppnå höga energi- och effekttätheter. Ytterligare metoder för energilagring inkluderar bland annat lagring i superkondensatorer. Fördelarna med denna teknik i relation till batterier är bland annat att det är en mer robust konstruktion som kan laddas och urladdas relativt snabbt, vilket lämpar sig väl för korta strömökningar. Nackdelen är dock låg energitäthet, vilket medför svårigheter i att lagra större mängder energi (Sandén & Wallgren, 2014).

Elektrisk ström kan även lagras i andra sorters energibärande medium, som exempelvis vätgas, vilket är en av de metoder som används i bränslecellsbaseade elbilar (Sandén & Wallgren, 2014). Ett annat medium som på senare tid har introducerats som drivmedel för bränsleceller är metanol (Serenergy, 2016). Dessa metoder kommer inte att förklaras närmare här, utan detta kommer tas upp under delkapitlen för respektive energislag.

Nedan presenteras riskerna enligt (Transportstyrelsen, 2016) med elektriska bilar i jämförelse med bensindrivna bilar i tabell 2:

Elbil	Bensindriven bil
hög batterispänning (upp till 600 volt)	12 volt
brand	brand
explosion	explosion
läckage av brandfarliga gaser	läckage av brandfarliga gaser

Tabell 2 – Riskerna med elektriska bilar i jämförelse med bensindrivna bilar. Tabellen är omarbetad från (Transportstyrelsen, 2016).

Brand och explosionsrisk finns likt i konventionella fordon, till följd av att batterierna innehåller brandfarliga ämnen. Vilket medför att litiumjonbatterier utgör lika stor brandrisk som bensin (Sandén & Wallgren, 2014).

Batterierna i ett eldrivet fordon har högre spänning än ett traditionellt startbatteri, som ovanstående tabell visar. Detta leder till att risken för farliga spänningar existerar. Definitionen för vad som anses vara en farlig spänning för människor är vanligtvis en likströmsspänning som överstiger 60 volt, variationer för denna definition kan dock finnas i olika länder. Risken för att utsättas för en farlig stöt finns även när fordonet är avstängt, då energin fortfarande finns lagrad i batteriet. Dessutom kan denna risk även vara aktuell när batteriet är fullt urladdat, då det fortfarande innehåller en avsevärd spänning (Sandén & Wallgren, 2014).

Distribution

Elektricitet distribueras via elnätet, detta är sin tur uppdelat i stamnät, regionnät och lokalnät. Stamnätet ägs av staten och förvaltas av Svenska Kraftnät. För region- och lokalnäten gäller det att de förvaltas genom så kallad koncession. Koncession innebär att en eller flera aktörer blivit givna möjligheten att driva, underhålla och förvalta nätet av staten (Energimyndigheten, 2015c)

Laddningsstationerna ökar i takt med att efterfrågan ökar för varje dag som går. Detta på grund av att det finns allt fler elbilar som rullar på vägarna. Dock behöver det inte ske någon särskild stor omställning i infrastrukturen. Detta på grund av att det redan finns möjligheter till laddning på många olika platser där det finns ett eluttag. Laddning kan ske antingen direkt ur de miljontals eluttag som finns i Sverige eller via de cirka 600 000 uttagen för motorvärmare som finns

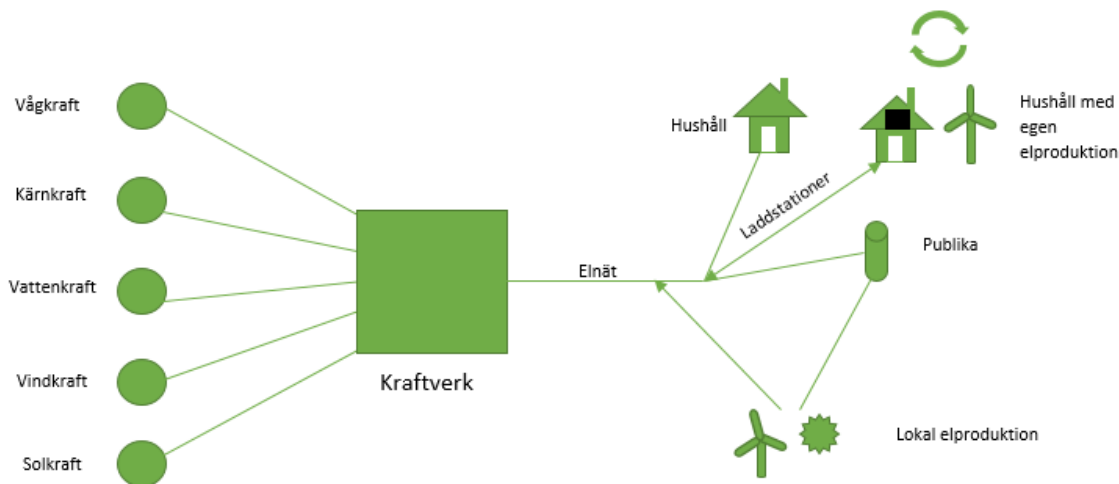
tillgängliga, dock kan dessa behöva mindre modifikationer för att kunna tillämpas för laddning av elfordon. Vilket medför att laddning kan ske på kollektiva parkeringsplatser som exempelvis kan finnas i bostadsrättsföreningar eller privata villa parkeringar (Grahm & Hansson, 2010), vilket även är den vanligaste platsen för laddning av elbilar (Sandén & Wallgren, 2014).

Det finns flera olika möjligheter för att förbättra infrastrukturen. Det sker därför i dagsläget olika tester parallellt runt om i världen för att prova på vad som är effektivast. Efter elbilens återinträde på marknaden, har de visat sig att förarna av dessa fordon, är mer benägna att ta ut större säkerhetsmarginaler för att inte riskera att laddningen eventuellt ska ta slut. Därför kör föraren vanligtvis tillbaka till arbetsplatsen eller hemmet medan batterinivån fortfarande är hög. För att motverka den ovannämnda psykologiska faktorn kan det vara en god idé att sätta upp laddningsstationer. I Tokyo märktes det att antalet körda kilometer mellan laddningarna fördubblades efter att stationer fanns tillgängliga för allmänheten. Även i Sverige sker det en utveckling av infrastrukturen och enligt (www.uppladdning.nu) finns det i dagsläget 1261 publika laddplatser i Sverige med totalt 4669 uttag. Utvecklingen av infrastrukturen för elbilar sker i dagsläget främst av elbolagen, telekombranschen och fordonstillverkare (Grahm & Hansson, 2010).

Ett nytt forskningsområde som pågår är inom så kallad induktiv laddning. Denna metod skulle kunna användas vid stoppljus för att kunna möjliggöra att en mikroladdning sker när fordonet stannar vid ett rödljus. Det pågår även ett annat arbete i Sydkorea, där de försöker gräva ner elektriska slingor under gatorna för att fordonen som kör över gatan ska laddas. En beräkning har gjorts i ett koreanskt institut (Korea Advanced Institute of Science and Technology), nämligen att om 10 procent av dagens stadsgator skulle förses med grävda slingor under marken så skulle de elektriska fordonens investeringskostnad minska markant eftersom storleken av batteriet då skulle kunna reduceras med 80 % (Grahm & Hansson, 2010).

Ett annat exempel är företaget Better Place som erbjöd stationer med helautomatiskt batteribyte som inte tog längre tid än fem minuter. En fördel med en sådan lösning är att andrahandsvärdet då ökar för elbilarna (Grahn & Hansson, 2010).

Nedan illustreras produktionsvägarna för elektricitet i *figur 8*:



Figur 8 - Illustration av produktionsvägarna för elektricitet enligt författarna.

Tillämpningar

Ett av de i dagsläget växande användningsområdena för elektrisk energi är som drivmedel för fordon. En stor fördel med elektriskt drivna motorer är att de har en mycket högre verkningsgrad i jämförelse med förbränningsmotorer. Det finns olika siffror på verkningsgraderna för både elektriska motorer och förbränningsmotorer. Verkningsgraden för förbränningsmotorer uppgår enligt Lars Hoffmann på SAAB i en intervju utförd av Grahn & Hansson, (2010) till endast 16 % medan elmotorerna har en verkningsgrad på 68 %, mätt från källa till hjul. Enligt DOE, (2016) uppskattas dessa verkningsgrader vara mellan 17-21 % respektive 59-62 % från källa till hjul. Med andra ord innebär detta att ett rent elektriskt drivet fordon endast konsumerar mellan 20-30 % av den energi som krävs för att driva ett konventionellt fordon (Grahn & Hansson, 2010).

I dagsläget finns det omkring 4,7 miljoner bilar i Sverige (SCB, 2016a). Antalet laddningsbara bilar vid slutet av år 2015 uppgick till 14541 bilar, varav 4765 var dedikerade elbilar (SCB, 2016b). Tillväxten har på senare ökat och under enbart år 2014 såldes det 4 644 laddningsbara bilar (Ny Teknik, 2015) Det totala antalet laddningsbara vägtrafikfordon inom klasserna personbil, lastbil och bussar uppgick vid slutet på år 2015 till 15 792 fordon, varav 6009 var dedikerade elfordon

(SCB, 2016b). Det finns dock ett önskemål från de svenska energibolagen att det ska finnas cirka 600 000 laddningsbara bilar år 2020 (Laddaelbilen, 2016). Detta verkar dock enligt (Energimyndigheten, 2009) vara orealistiskt i dagsläget och de tror att det sannolikt kommer ta ett par år innan någon större kvantitet av elbilar kommer att finnas på den svenska marknaden. Deras uppskattning baserad på dagens politiska styrmedel, är att det kommer finnas cirka 85 000 laddningsbara bilar år 2020.

Flera projekt görs idag för att testa övergången till elektriskt drivna fordon. Projektet Electricity som påbörjats i Göteborg syftar till att testa och utvärdera eldrivna bussar. Electricity är ett samarbete mellan flera aktörer bland annat Volvokoncernen, Chalmers, Energimyndigheten, Västra Götalandsregionen, Göteborgs Stad, Göteborg Energi, Västtrafik, Akademiska Hus, Keolis, Lindholmen Science Park och Johanneberg Science Park som är planerat att pågå till år 2018 (Lindholmen Science Park, 2016b). I dagsläget finns tre helelektriska demobussar som drivs uteslutande på förnybar elektricitet. Bussarna används i Göteborgs kollektivtrafik där de trafikerar linje 55. Elmotorerna i bussarna drivs av litjumjonbatterier, vilka efter en laddning på 6 minuter klarar av att driva bussen hela rutten som sträcker sig mellan Chalmers Campus Lindholmen och Campus Johanneberg, där bussarna även laddas (Lindholmen Science Park, 2016a).

Projekt för eldrivna fordon pågår även inom sjöfart. Ett exempel på ett sådant projekt är "Movitz", världens första superladdade elektriska färja. Introduktionen av Movitz anses vara en viktig händelse för elektrisk transport inom marinindustrin. Detta fartyg är 23 meter långt och har kapacitet att färda upp till 100 passagerare. Movitz var tidigare ett konventionellt fartyg, men byggdes om år 2014. Den tidigare dieselmotorn med en effekt på 250kW har numera ersatts av två elmotorer med en effekt på 125kW vardera. Dessa drivs av av Nickel-Metal-hydrid (NiMH) batterier med en kapacitet på 180kWh, vilka har utvecklats av det svenska företaget Nilar. Fartyget klarar av att färdas under en timme efter tio minuters superladdning. Laddstationen som finns på Riddarholmen i Stockholm möjliggör en laddning på upp till 300kW och planeras under kommande tid att uppgraderas till 600kW. Linjen är mellan Solna strand och Riddarholmen (Green City Ferries, 2015).

4.4 Biogas

Bakgrund

Biogas är ett gasformigt eller vätskeformigt bränsle som produceras av biomassa och som mestadels består av metan och koldioxid. Människan började omvandla organiskt material till biogas vid ca 1850-talet. I Indien och Kina har gasen under lång tid bildats ur gödsel och matrester för att sedan användas till belysning och matlagning (Biogasportalen, 2015b). Biogasen är en energirik gas som kan användas på olika sätt. Användningsområden kan exempelvis vara uppvärmning av fastigheter, produktion av miljövänlig elektricitet och även som fordonsdrivmedel. I tillverkningsprocesser kan metanmolekylen användas som råvara för framställning av bland annat plaster, färger, möbler, djurfoder och smörjoljor (Biogasportalen, 2014b).

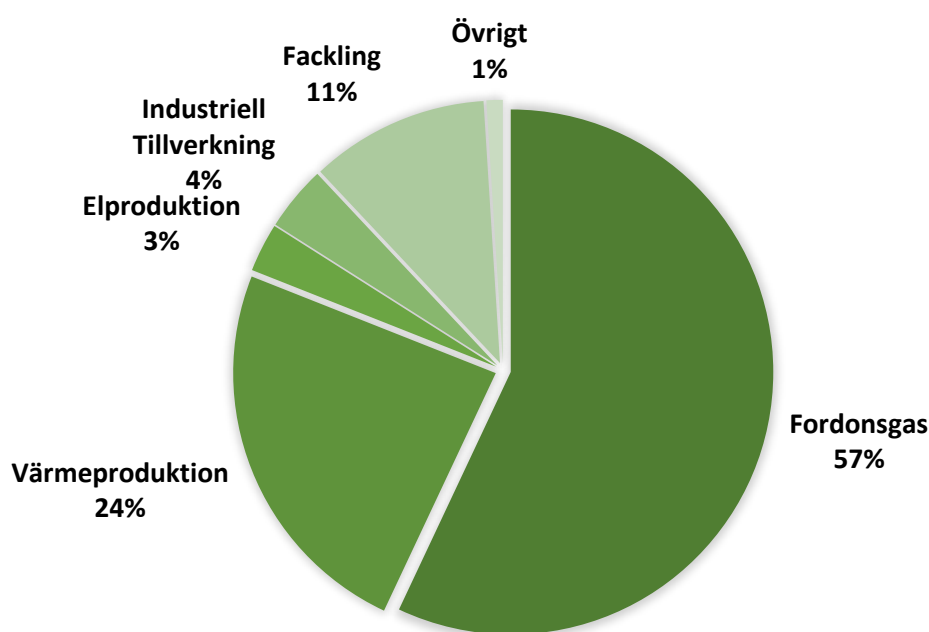
Det snabbast ökande användningsområdet för biogas är som fordonsgas (Biogasportalen, 2014a), värt att notera enligt Grahn & Hansson (2010) är dock att denna tillämpning främst förekommer i Sverige. Till följd av att biogas inte består av ren metangas utan istället har en metanhalt mellan cirka 45-65 % måste gasen renas och uppgraderas till en hög (>97 %) metanhalt för att kunna tillämpas som fordonsdrivmedel (Åhman, 2010). Uppgraderad biogas kan ibland även benämnas biometan, och är likt naturgas en gas med ett högt energiinnehåll, dock något lägre än naturgas (Se tabell 3 nedan).

Drivmedel	Energiinnehåll
1 Nm³ biogas (97% metan)	9,67 kWh
1 Nm³ Naturgas	11,0 kWh
1 liter bensin	9,06 kWh
1 liter diesel	9,8 kWh
1 liter metanol	4,4 kWh
1 liter flytande vätgas	2,5 kWh

Tabell 3 – Energiinnehåll för olika typer av drivmedel enligt (Fuller, 2008) och (Biogasportalen, 2015b). Tabellen är omarbetad från (Biogasportalen, 2015b).

Den första staden i Sverige som gick över till biogasbussar var Linköping, detta skedde redan år 1992 och var troligtvis även världens första bussar som drevs av biogas. Innan denna övergång påbörjades var stadsbussarna dieseldrivna. Huvudmålet med övergången var därför att förbättra

luftkvaliteten i centrum. Det var inledningsvis tänkt att bussarna skulle drivas på naturgas, men detta uteblev till följd av att projektet för den tänkta naturgasledningen mellan Stockholm och Göteborg avbröts. Istället startades ett nytt projekt av det kommunala bussbolaget för att använda biogasen som framställdes ur reningsverkets rötkammare (Sidén, 2015). Biogasens användning som fordonsdrivmedel har ökat genom åren. Den mängd biogas som uppgraderas år 2014 uppgick till 57 % (1017 GWh) av den totala produktionen (1784 GWh) (Biogasportalen, 2015c). Den resterande andelen användes bland annat till värme- och elproduktion, industriell tillverkning och en del facklades bort, vilket innebär att gasformiga överskottsbränslen avsiktligt förbränns. Nedan illustreras vad som sker med den producerade biogasen (Biogasportalen, 2015d) i *figur 9*.



Figur 9 - Illustration av vad som sker med den producerade biogasen. Procentfördelningen är hämtad från (Biogasportalen, 2015e). Figuren är skapad av författarna.

Produktion

Biogas kan tillverkas från flera olika typer av råvaror bestående av biomassa, exempelvis kommunalt matavfall, park- och trädgårdsavfall, grödor, restprodukter från exempelvis livsmedels-, skogsbruks- och jordbruksindustrin, samt även avloppsslam. Det finns olika former av biogas, exempelvis rötgas, deponigas och flytande biogas. Rötgas är en benämning för biogas som utvinns ur lantbruksgrödor, matavfall, gödsel och avloppsslam i en rötkammare. Metanhalten i rötgas är vanligtvis relativt högt (ca 55 procent). Begreppet samrötning innebär att flera olika organiska material rötas tillsammans. Detta leder vanligtvis till ett bättre utbyte av metan, än om varje

organiskt material rötas enskilt. Från rötningsprocessen bildas förutom biogas även en restprodukt i form av näringsrikt rötrest, vilket kan användas som gödningsmedel för växtodling. Deponigas har den lägsta halten av metan eftersom att metanbildningen i avfallet inte är optimerad och kontrollerad på samma sätt som i en rökammare. Detta beror på att en del luft läcker in i deponin (Biogasportalen, 2015a).

Det producerades totalt 1,8 TWh biogas av 277 anläggningar i Sverige år 2014. En stor del av biogasen framställs främst på avloppsreningsverken, anledning till detta är för att minska mängden slam. De allra senaste biogasanläggningarna använder rötning som framställningsmetod av biogas. Den 1 januari 2005 förbjöds deponering av organiskt material, därför kommer mängden biogas från deponier att minska ytterligare framöver (Energimyndigheten, 2015a).

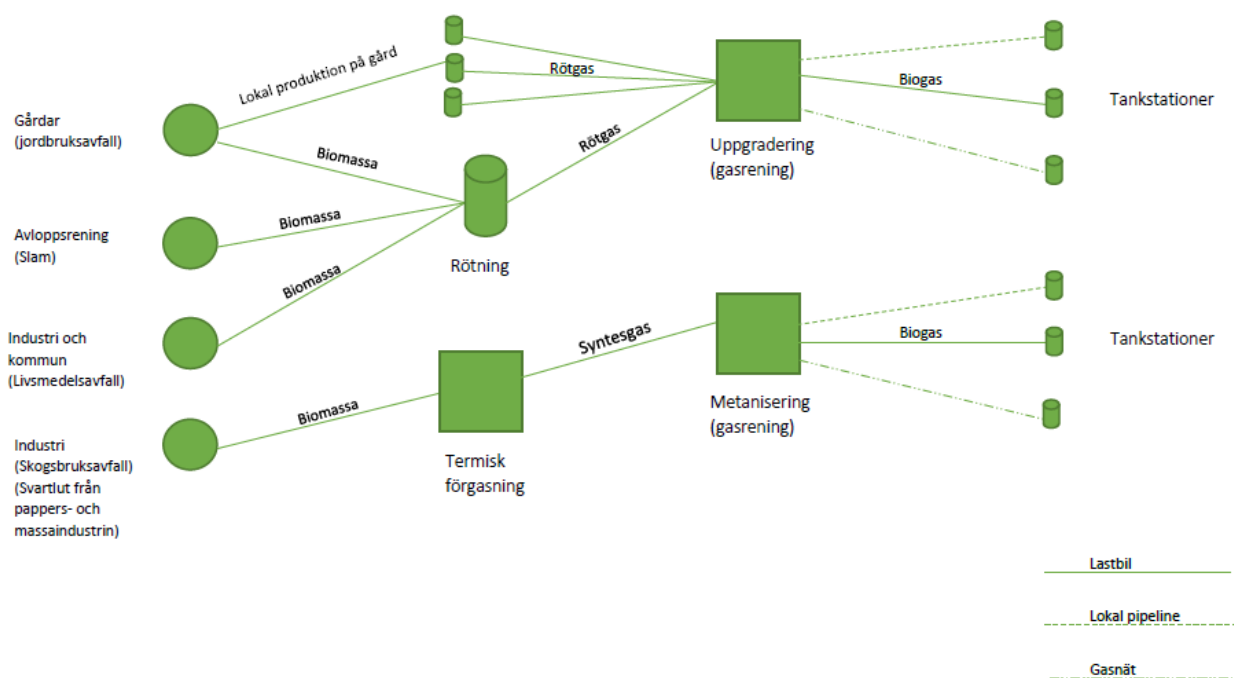
Produktionskapaciteten för biogas uppskattas dock vara större än vad som produceras i dagsläget. Enligt Maria Grahn (personlig kommunikation, 5 februari 2016) uppskattas biogaspotentialen från enbart matavfall kunna producera mellan 3-8 TWh. Framställning av biogas genom rötning av matavfall och avloppsslam har idag en sammantagen potential på cirka 15 TWh per år (Linné m.fl., 2008). Då termisk förgasning av skogsråvara (exempelvis, toppar, flisade grenar och stubbar) används som framställningsmetod har Linné m.fl., (2008) uppskattat att ungefär 59 TWh per år skulle kunna produceras. Detta är dock en relativt ny metod för produktion av biogas. Världens första kommersiella anläggning som tillämpar förgasning av biomassa för biogasproduktion invigdes år 2014. Denna anläggning benämns GoBiGas (Gothenburg Biomass Gasification Project), är lokaliserad i Göteborg och drivs av Göteborg Energi. De har som mål att uppnå att minst 65 % av energiinnehållet i biomassan omvandlas till biogas och att den totala energiverkningsgraden ska överstiga 90 % vilket informeras via deras webbsida (www.gobigas.goteborgenergi.se). Den totala potentialen för alla framställningsmetoder i Sverige uppskattas till 74 TWh per år, varvid 80 % utgörs av restprodukter från skogsbruket (Linné m.fl., 2008).

Biogas kan då anaerob rötning tillämpas, produceras både i storskaliga och småskaliga anläggningar. Produktionskostnaden för uppgraderad biogas av drivmedelskvalitet, uppskattas bli ungefär 90 öre per kWh inklusive moms. Vilket motsvarar ett bensinpris på cirka 10 kr per liter inklusive moms. I den totala kostnaden för uppgraderad biogas ingår kostnaden för produktion av rågas, distribution och uppgradering samt försäljningskostnader. I *tabell 4* nedan visas kostnaden för de olika delarna enligt (LRF, u.å.).

Produktionskostnad	40 öre/kWh
Distributionskostnad	15 öre/kWh
Uppgraderings- och försäljningskostnad	35 öre/kWh

Tabell 4 – Olika delkostnader för uppgraderad biogas. Tabellen är skapad av författarna,

Nedan illustreras en egen tolkning av produktionsvägarna för biogas i figur 10.



Figur 10 - Illustration av produktionsvägarna för biogas enligt författarna.

Hantering och förvaring

Vid hantering och förvaring av biogas finns det flera säkerhetsaspekter att ta hänsyn till. En av de viktigaste aspekterna är att biogasen utgör en brand och explosionsrisk om den hanteras på fel sätt (Elmefors & Karlsson, 2012). En ytterligare viktig åtgärd är att utforma säkra system för hantering av biogas då kan läckage undvikas. Eftersom metan har cirka 23 gånger starkare växthuseffekt än koldioxid, kan ett eventuellt läckage reducera klimatnyttan (Grahn & Hansson, 2010). Ytterligare risker som finns är exempelvis köldskador och kvävning (Elmefors & Karlsson, 2012). Risken för köldskador är aktuell för både flytande biogas till följd av den låga temperaturen, samt även för komprimerad gas då även denna kan ha en reducerad temperatur på grund av trycksänkningen.

Kvävningsrisk kan uppstå i miljöer där gasen finns i koncentrerad mängd.

Antändningstemperaturen för biogas är högre än för bensin och diesel (AGA, 2016) vilket illustreras nedan i *tabell 5*.

Drivmedel	Antändningstemperatur
Biogas	540°C
Bensin	228°C
Diesel	260°C

Tabell 5 – Olika antändningstemperaturer för olika drivmedel. Tabellen är skapad av författarna.

Biogasdrivna fordon anses dock vara lika brandsäkra som bensindrivna (Brandfritt, 2015).

Distribution

Eftersom att biogas är ett gasformigt drivmedel kan det uppstå en del svårigheter med distributionen i jämförelse med vätskebaserade drivmedel. Det finns dock en infrastruktur för naturgas i stora delar av Europa (Åhman, 2010). I Sverige finns i dagsläget sådana gasnät tillgängliga. Det västsvenska gasnätet är ett större gasnät som tillhandahåller metangas till cirka 37000 kunder i Sverige varav 34000 av dessa är hushållskunder. Nätet sträcker sig från Trelleborg i syd till Stenungssund i norr och har en förgrening i Småland. Gasnätet som från början byggdes ut för att distribuera naturgas kan även användas för samdistribution med biogas, dock krävs det att biogasen först uppgraderas för att möta naturgasstandarden innan det kan injiceras i nätet. Det finns även ett mindre gasnät i Stockholm som distribuerar gas till stora delar av Stockholm stad samt Solna och Sundbyberg (Energimarknadsinspektionen, 2016). Samtliga gasledningar som nämnts är nedgrävda i marken vilket reducerar utsläpp av bland annat koldioxid och hälsofarliga ämnen vid transport. Detta är även det mest energieffektiva sättet att transportera gasen på (Biogasportalen, 2016).

Ett annat sätt för att underlätta transportererna av biogas är genom att omvandla den till flytande biogas. Fasomvandlingen sker genom att gasen kondenseras vid en temperatur på cirka -162°C. Biogas i flytande form innehåller mer energi per volymenhet än biogas i gasform, detta leder till att transporten av biogasen blir mer effektiv, då lagringen av drivmedlet förenklas. Genom omvandlingen från gas till vätskeform kan energiinnehållet per liter bli cirka 600 gånger högre i

relation till gasform under atmosfärstryck. Vilket gör det intressant som drivmedel för tung trafik som lastbilar och bussar eftersom räckvidden då ökar (Biogasportalen, 2014c).

På (www.gasbilen.se) listas de stationer i Sverige som tillhandahåller fordonsbiogas, vilket i skrivande stund uppgår till 163 tankställen. Detta kan ställas i kontrast mot de 2670 bensinstationer som finns i dagsläget (SPBI, 2016b). För att den uppgraderade biogasen ska kunna säljas som drivmedel till privata kunder behövs ett gaslager och en tankstation med betalningssystem. Markarbete behöver även göras där tankstationen ska anläggas. Dessa kostnader för att investera i en publik tankstation visas nedan i *tabell 6*:

Kostnader	Investeringskostnad (MSEK)
Tankstation	2,5
Gaslager	0,8-1,6
Betalsystem	0,05-0,1
Markarbete	0,1-0,5
Summa	3,45-4,7

Tabell 6 – Biogasens olika investeringskostnader. Tabellen är skapad av författarna.

En investering på 4,1 MSEK i en tankstation kostar enligt Blom m.fl., (2012) runt 387 000 kronor årligen med antaganden om en kalkylränta på 7 % och en återbetalningstid på 20 år.

Tillämpningar som fordonsdrivmedel

I dagsläget finns både personbilar och tunga fordon som använder fordonsgas som drivmedel. Gasdrivna personbilar har ofta ett tvåbränslesystem som möjliggör drift på både bensin och fordonsgas. Dessa bilar har två separata tankar för respektive drivmedel, och använder en motor som kan drivas på båda bränslena. Vid konvertering till gasdrift anpassas även motorns elektronik för att möjliggöra tillämpningen av tvåbränsledrift. Gastankarna installerades vanligtvis förr i bagageutrymmet (Stockholms Stad och Malmö Stad, 2016), men enligt P. Eriksson, projektkoordinator på Innovatum (personlig kommunikation, 20 april 2016) integreras de numera i karossen. Tung gasdrivna fordon som lastbilar och bussar fordon är dock anpassade för att enbart använda fordonsgas. Enligt Peter Eriksson kan dieseln i dessa fordon därför ersättas helt och hållet med fordonsgas, vilket bidrar till positiva effekter som låg bränsleförbrukning och låga utsläpp av bland annat kväveoxider och partiklar (Biogasportalen, 2014d).

De biodrivmedel som är aktuella på marknaden idag är biodiesel, biogas och etanol. Biodrivmedel tillämpas i allt större uträkning inom vägtrafiken, bara mellan åren 2012 och 2013 ökade denna andel med cirka 21 %. Vilket framförallt utgjordes av en markant ökning av biodiesel som står för 64 % av den totala andelen biodrivmedel. Trenden för etanol var negativ och användningen av detta bränsle minskade något, medan biogas ökade marginellt (Energimyndigheten, 2015d). Totalt 11 TWh biodrivmedel användes inom transportsektorn i Sverige år 2014, varav biogasen utgjorde cirka 1 TWh (Energimyndigheten, 2016) vilket motsvarar omkring 1 % av det totala energibehovet (se *figur 6* i avsnitt 4.1).

4.5 Vätgas

Vätgas som drivmedel

Vätgas är något som enligt Sidén (2015) finns i överflöd i universum och han menar att väteatomer utgör 92,8 procent av alla atomer i universum. Olah m.fl., (2009) hävdar att den outtömliga och miljövänliga vätgasen anses av många vara framtidens bränsle. Detta kan dels bero på att vätgas finns i en sådan ofantlig mängd, samt att vätgas som bränsle endast producerar vatten som avgas. Detta är ett bränsle som kan användas för många olika ändamål, bland annat som miljövänligt drivmedel, uppvärmning av fastigheter och elproduktion. Som drivmedel tillämpas vätgasen som bränsle i så kallade bränsleceller (Olah m.fl., 2009).

Bränslecellen uppfanns år 1839, men det var först inom det amerikanska rymdprogrammet som denna utvecklades för praktisk tillämpning. I en bränslecell sker det likt i ett batteri en kemisk reaktion som producerar el och värme. Energin i ett batteri är lagrad i elektroderna och tar succesivt slut när batteriet används. I bränslecellens fall sker en reaktion mellan syrgas och vätgas, där energin kommer från vätgasen som ständigt tillförs. En bränslecell är därför i princip ett tankningsbart batteri (Sidén, 2015). Stora satsningar på bränsleceller har bland annat gjorts i USA, Japan och EU. Dessa satsningar påbörjades år 2003 både i USA och i Japan där en budget på 1,2 miljarder dollar respektive 34 miljarder yen fastställdes. Inom EU introducerades ett 10 årigt samarbete mellan stater och näringsliv som sträckte sig till år 2011, med en total budget på 2.8 miljarder euro (Olah m.fl., 2009). Trots dessa satsningar behöver enligt Olah m.fl., (2009) fundamentala problem lösas för att vätgasen ska kunna bli ett praktiskt bränsle som kan distribueras lika säkert och smidigt som bensen och naturgas.

Vätgas är ett drivmedel som i dagsläget inte används i någon större utsträckning i Sverige, det förväntas inte heller förändras mer än marginellt fram till 2030, enligt de scenarion som tas upp i Hansson & Grahn, (2013). Dock har EU en vision om en fordonsflotta på cirka 16 miljoner vätgasbilar fram till samma år Hansson & Grahn, (2013). Enligt M. Grahn (personlig kommunikation, 5 februari 2016) blir inte vätgas ett dominerande drivmedelsalternativ, förrän cirka år 2070-2100 baserat på de energisystemmodelleringar som hon arbetar med.

Produktion

Vätgas kan produceras med hjälp av många olika framställningsmetoder, bland annat genom förgasning av biomassa, reformering eller elektrolys (Sidén 2015). Detta innebär i sin tur att vätgas kan produceras ur ett väldigt brett spektrum av råvaror. Då förgasningsteknik används erhålls som tidigare nämnts syntesgas som bland annat innehåller vätgas, vilket innebär att de tidigare nämnda fossila och förnybara kolbaserade källorna kan användas även för vätgasproduktion. Valet av framställningsmetod och råvara påverkar i stor utsträckning priset, eftersom dessa faktorer bland annat påverkar energiutbyte, transportarbete och hantering.

Den vanligaste källan för vätgasproduktion är i dagsläget av fossila råvaror som utgör 96 % av all producerad vätgas i världen, varav ungefär hälften av denna är producerad via ångreforming av naturgas. Verkningsgraden för vätgasproduktion via reformering uppgår till cirka 70 % (Wallmark, m.fl., 2014). Den mest kostnadseffektiva metoden för vätgasframställning är fortfarande i dagsläget baserad på fossila råvaror och uppskattas bli cirka 1 dollar per kg vid stora centraliserade anläggningar. Detta är dock en metod som bidrar till stora utsläpp av koldioxid, vilket därför kan motverka vätgasens egenskap som miljövänligt bränsle (Olah m.fl., 2009).

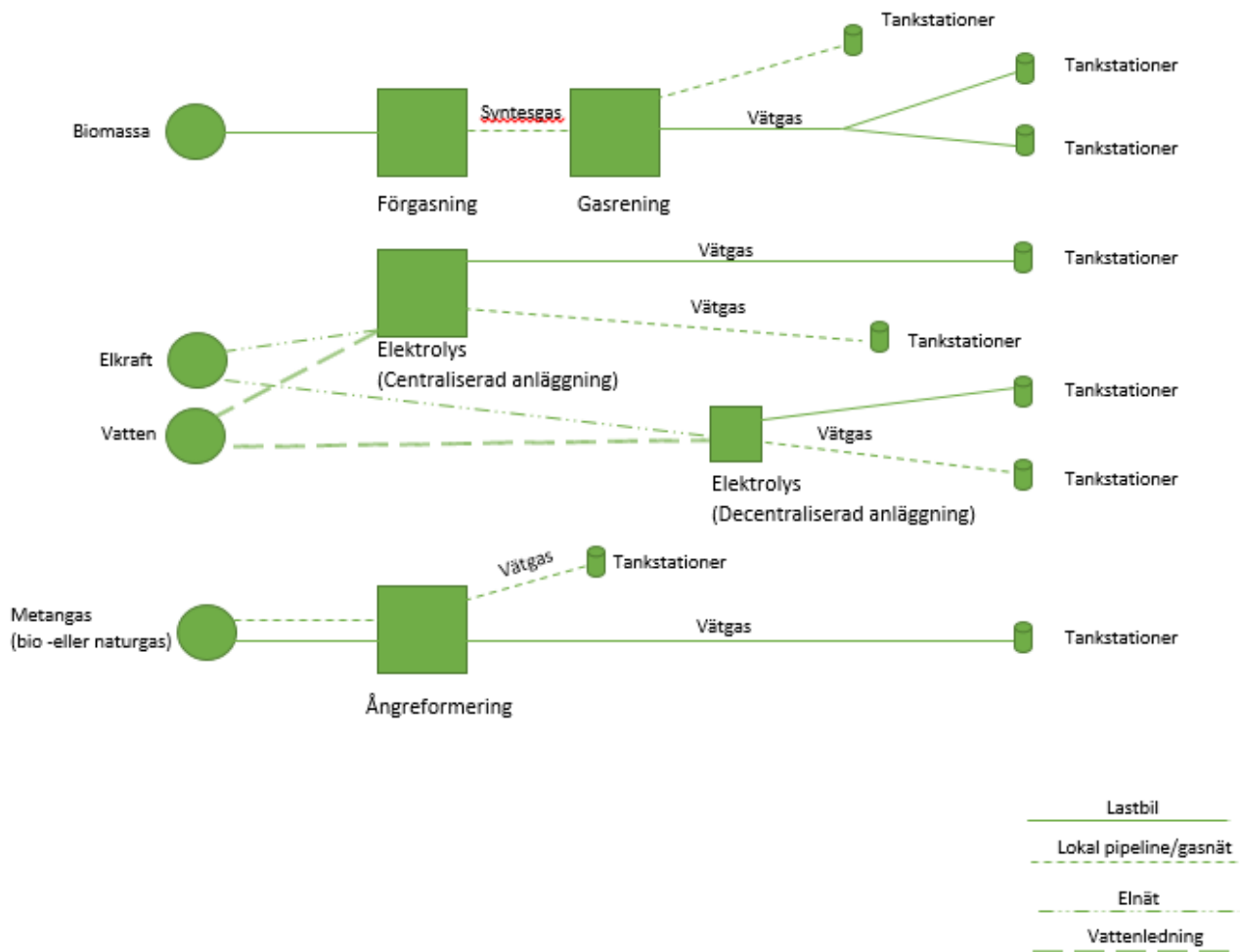
Vätgasen kan dessutom framställas ur förgasning av biomassa och på så sätt produceras av en förnybar källa. Detta är dock en metod som fortfarande är under utveckling och som enligt Wallmark, m.fl., (2014) har en verkningsgrad mellan 30-70% och enligt Olah m.fl., (2009) på 26 %. Enligt Wallmark m.fl., (2014) är prisprognoserna osäkra men förväntas bli högre än för elektrolyscrossen, medan (NRC, NAE, & NAS, 2004) uppskattar att produktionskostnaden för denna metod till 7 dollar per kg, dock förväntas dessa kostnader att kunna sänkas till 3 dollar per kg i samband med att tekniken utvecklas och högre verkningsgrader därmed uppnås.

En annan metod som används för vätgasframställning i dagsläget är elektrolys. Detta är en energikrävande process som på de flesta platser är tre till fyra gånger dyrare än framställning via reformering av naturgas. Det är därför en av anledningarna till att denna metod inte används i lika stor utsträckning som den tidigare nämnda. Detta är dock en av de mest miljövänliga produktionsmetoderna förutsatt att elektriciteten som används i processen kommer från förnybara källor. Elektrolys av vatten är en metod som i nuläget tillämpas där elektricitet kan framställas till en låg kostnad, exempelvis länder som Norge och Kanada till följd av vattenkraften.

Verkningsgraden för elektrolyscrossen uppgår enligt Wallmark m.fl., (2014) till cirka 60-70%

och uppskattas enligt Olah m.fl., (2009) ha en produktionskostnad på cirka 6-7 dollar per kg i dagsläget, men kan möjligtvis reduceras till under 3 dollar per kg om processen optimeras.

De olika produktionsvägarna för vätgas illustreras nedan i *figur 11*.



Figur 11- Illustration av olika produktionsvägar för vätgas enligt författarna.

Hantering och förvaring

Likt de flesta fordonsdrivmedel, finns det en risk för både brand och explosion när det kommer till vätgas. Vätgasen är i jämförelse mot fordons gas mer lättantändligt, men stiger snabbt upp i atmosfären och bildar en ofarlig blandning mellan luft och vätgas vid ett eventuellt läckage utomhus (Wallmark m.fl., 2014).

Vätgas kan lagras på olika sätt, bland annat som komprimerad gas, i flytande form samt genom bindning i metallhydrid. För de vätgastankar som används i bilar komprimeras gasen med ett tryck på 700 bar. Lagring vid detta tryck ger en räckvidd på mellan 500-700 km som ska motsvara de kommersiella fordonens räckvidd, och dessutom inte ta för mycket plats. För bussar lagras vätgas med 350 bars tryck, då bussar inte har lika begränsad plats för förvaring av tankarna som kan placeras på taket. Vid tankning är trycket däremot 900 bar för att möjliggöra en snabbtankning. De olika lagringsalternativen för vätgas medför energiförluster då energi måste tillföras för att bland annat komprimera och kyla gasen. Dessa förluster uppskattas nedan i *tabell 7*:

Vätgasen tillstånd	Förlust
Vätgas vid 200 bar	11 %
Vätgas vid 350 bar	14 %
Vätgas vid 700 bar	18 %
Flytande (-253 Celsius grader)	37 %
Fast (Bunden i metallhydrid)	16-34 %

Tabell 7 – Energiförluster vid olika lagringsalternativ. Tabellen är skapad av författarna.

Vätgas i gasform är som ovan nämnt den metod som används i fordon. Även vid tankstationer kan vätgasen lagras i gasform, dock till ett lägre tryck (200 bar) för att uppnå en högre kostnadseffektivitet. För vätgas som produceras av en elektrolysör är detta ett vanligt lagringsalternativ till följd av enkelheten och kostnadseffektiviteten. Gasen lagras i samma typ av stålbehållare som används för industrileveranser. För gas vid högre tryck används istället behållare av kompositmaterial som bland annat kol- och glasfiber.

Vätgas i flytande form är ett alternativ som kräver mindre plats än komprimerad form. Dock kräver denna metod väldigt mycket energi för att kyla ner gasen till -253 grader Celsius. Dessutom medför metoden en ytterligare nackdel, då en del av vätgasen åter omvandlas till gasform till följd av

temperaturskillnader mellan omgivning och behållare. Vilket därför skapar behovet av en kontinuerlig avlagring för att förhindra att gasen går till spillo (Gardiner & Burke, 2002).

Lagring i form av metallhybrider är en metod som effektivt kan lagra stora mängder väte utan att ta ett stort utrymme. Då gasen lagras i fast form hamnar atomerna närmare varandra vilket leder till att denna metod tar minst plats av de nämnda. Nackdelen med lagring i metallstrukturer är dock vikten, som är mångdubbelt större än för de två andra metoderna. Tankningen tar dessutom väldigt lång tid då både lagring och utvinning av väte i metallstrukturer sker långsamt. En ytterligare nackdel är att metallstrukturen degenereras varje gång vätet ska lagras, vilket medför att denna komponent måste bytas ut emellanåt. Forskning pågår kring att utveckla denna metod och minimera dessa svagheter (Gardiner & Burke, 2002).

Distribution

Vätgas kan distribueras genom fyra olika alternativ, på lastbilsflak i trycksatta behållare, i flytande form, genom rörledningar och genom distribuerad produktion. Kostnaderna för de olika distributionssätten är enligt Wallmark m.fl., (2014) svåra att ställa i relation till varandra då dessa är väldigt beroende av den transporterade gasmängden samt distributionsavståndet.

En vanlig distributionsmetod som bland annat används i industrier med lågt vätgasbehov och vid många tankstationer är transport av trycksatta behållare. Detta är dock enligt J.Thelaus på AGA (personlig kommunikation, 16 Maj 2016) en väldigt ineffektiv transportmetod då andelen vätgas endast utgör 7% av den totala vikten som transporteras, medan resterande 93 % utgörs av emballage. Komprimering av gasen är en ytterligare aspekt som bör tas hänsyn till, då komprimering till 700 bars tryck är en energikrävande process som enligt J.Thelaus står för 12 % av energivärdet i vätgasen. Detta är dock en flexibel metod som medför låga investeringskostnader, och dessutom har ett etablerat distributionsnät då vätgas i dagsläget används i flera industrier. Företaget Air Products har dessutom en alternativ metod som bygger på att lastbilar utrustade med stora komposittankar med ett högt fyllnadstryck fyller över gas till tankstationer. Detta medför därför till lägre investeringskostnader för tankstationer då kompressionssteget vid tankstationen kan avvaras (Simbeck & Chang, 2002), (Air Products, 2014).

Vätgasen kan även transporteras i flytande form, vilket medför en minskad tankvolym. Detta alternativ innebär dock att en stor mängd energi går åt till omvandling (Simbeck & Chang, 2002),

denna energimängd uppgår enligt J.Thelaus till cirka 30 % av energivärdet i vätgasen. Till följd av att den flytande vätgasen måste lagras till en väldigt låg temperatur uppstår risken för köldskador vid läckage. Denna risk kan dock reduceras genom att förvara tanken under jord (Simbeck & Chang, 2002).

Vätgasen kan liksom metangasen transporteras i rörledningar via ett gasnät. Detta är en metod som medger en effektiv transport med låga distributionskostnader. Nackdelen är dock att detta alternativ innebär höga investeringskostnader och en lång återbetalningstid, varför denna metod anses vara en långsiktig lösning (Simbeck & Chang, 2002).

Till följd av att vätgasen kan produceras via tekniker som reformering och elektrolys kan distributionen av själva vätgasen undvikas. Detta kan ske genom att ett annat medium utnyttjas som energibärare av vätgasen. Vid tillämpning av reformering kan vätgasen bland annat utvinnas av energibärare som metangas, etanol, metanol och DME. Fördelen med detta är att befintlig infrastruktur för andra energibärare skulle kunna utnyttjas för att producera vätgasen på plats, istället för att etablera ett nytt vätgasnät eller transportera gasen med lastbil. Då vätgasen produceras genom elektrolys kan energi i form av elektricitet distribueras via elnätet för att sedan omvandlas lokalt av en elektrolysör (Simbeck & Chang, 2002).

I Sverige finns det i dagsläget ingen väletablerad infrastruktur för vätgas. Den första Vätgas-tankstationen i Sverige invigdes i Malmö, maj 2008. Detta initiativ blev resultatet på ett samarbete mellan Malmö stad och Energibolaget Eon. Några år senare etablerade företaget AGA gas den andra stationen, som invigdes i september 2015 på Arlanda flygplats. Kort därefter i oktober samma år invigdes även en i Göteborg. Denna byggdes och finansierades av aktörerna Woikoski Oy, Västra Götalandsregionen och TEN-T. I skrivande stund finns det totalt tre tankstationer för vätgas i Sverige, men fler är på väg. Sandvikens kommun planerar med samarbetspartnerna Sandvik Materials Technology och AGA Gas att bygga nästa vätgasstation som de beräknar vara klara med i oktober 2016. Investeringskostnaden för en vätgasstation uppskattas enligt E.Wiberg på Vätgas Sverige (personlig kommunikation, 15 april 2016) vara mellan 10 och 20 miljoner kronor, och enligt Wallmark m.fl., (2014) uppskattas en station med kapaciteten 150-200kg/dygn till en kostnad på cirka 15 miljoner kronor. Denna kostnad antas dock kunna sänkas genom skalfördelar, större stationer med en produktionskapacitet på cirka 1000 kg/dygn och en hög beläggning motsvarande ett tusentalsfordon kommer enligt Wallmark m.fl., (2014) behövas för att uppnå en ekonomisk lönsamhet utan bidrag. Priset på själva vätgasen vid dessa stationer är 80-90 kr per kilo, vilket

ungefär motsvarar 8-9 kr per mil enligt E. Wiberg (personlig kommunikation, 15 april 2016) omvärldsanalytiker på Vätgas Sverige.

Tillämpningar som drivmedel

Vätgas används idag för elbilar som är utrustade med bränsleceller. Det har tillverkats hundratusentals elbilar med bränsleceller från välkända fordonstillverkare som exempelvis Hyundai, Renault, Nissan och Toyota. I Sverige är dock vätgas inte ett etablerat fordonsdrivmedel, och det finns enligt E. Wiberg (personlig kommunikation, 15 april 2016) endast 15 vätgasbilar i dagsläget. Intresse finns dock för drivmedlet och inom transportbranschen använder allt fler lastbilar idag hjälpkraftaggregat eftersom det behövs mycket energi för att exempelvis fläktsystemet ska kunna drivas. Det undersöks även i dagsläget om vätgas kan vara en så kallad "hjälpkraft" inom sjöfart- och flygindustrin (Vätgas Sverige, 2016)

Hyundai introducerade sin bränslecellsbil ix35 FCEV i februari år 2013 i Sydkorea. Av de första 17 serietillverkade bilarna som lämnade fabriken, transporterades 2 till Region Skåne och resterande 15 bilar till Köpenhamns kommun. Dessa bilar kostade Region Skåne en miljon kronor styck och har en teoretisk räckvidd på 600 km (Sidén, 2015). Fakta om den nämnda bränslecells bilen presenteras nedan i *tabell 8*:

Motorns effekt	136 hästkrafter
Acceleration 0-100 km/h	12,5 sekunder
Toppfart	160 km/h
Tanktid	ca 3 minuter

Tabell 8 – Fakta om bränslecells bilen Hyundai ix35 FCEV. Tabellen är skapad av författarna.

Ett annat exempel är Toyotas första vätgasbil som introducerades i slutet av år 2014, den är tyst likt en batteridriven elbil och har dessutom den stora fördelen att tanktiden endast är 3-4 minuter. Räckvidden är uppemot 500 km på en tankning. Bilen släpper endast ut vatten genom avloppsrör istället för att släppa ut avgaser genom avgasrör som konventionella bensin- och dieslbilar gör. Den har 154 hästkrafter och ett vridmoment på 335 newtonmeter. Toyota Mirai som den kallas, kostar uppskattnings ca 775 000 kr att köpa i Sverige (DN, 2015), (Toyota Sverige, 2016).

4.6 Metanol

Bakgrund

Metanol även kallat metylalkohol eller träsprit, är en genomskinlig och vattenlöslig vätska med en distinkt lukt som påminner om etanol. Metanol är den enklaste alkoholen med kokpunkt vid 64,5 °C respektive fryspunkt vid -97,6°C (Olah m.fl., 2009). Dess användningsområden är många och cirka 65 miljoner ton produceras årligen på global nivå. Enligt P. Persson på hushållningssällskapet (personlig kommunikation, 9 Maj 2016) är metanol en så kallad plattformskemikalie, vilket innebär att den produceras i stora mängder för en rad olika ändamål. Den totala mängden metanol som producerades globalt uppgick till cirka 64,5 miljoner kubikmeter år 2013. I dagsläget används den främst inom kemiindustrin för framställning av olika kemikalier som exempelvis formaldehyd, ättiksyra och metyl-tert-butyleter som tillsammans utgjorde cirka 52 % av den totala efterfrågan år 2013, omkring 24 % användes samma år för framställning av alternativa bränslen (Methanol Institute, 2016).

Metanol är i dagsläget inte ett vanligt förekommande bränsle i Sverige, men det är dock heller inte någonting nytt. Metanolens historia som bränsle sträcker sig tillbaka till 1970-talet, då oljepriserna chockhöjdes. Vilket i sin tur ledde till att behovet att hitta ett ersättningsbränsle växte. I bland annat Sverige och USA startades stora metanolprogram, även i Japan blev metanol aktuellt under denna tid. Ett tusental fordon i Sverige kunde köras på metanolblandad bensin med olika blandningsförhållanden som M5, M23 och M100, där siffran står för andelen metanol i bränslet. Metanolen kunde under denna tid tankas på ett antal orter i Sverige. I USA var metanol ett av huvudspåren som alternativa bränslen, och satsningar för att utveckla dedikerade metanolfordon gjordes. I början av 1980-talet introducerades flexifuelfordon, hybrider som kunde köra både på metanol och bensin, vilket ledde till en övergång att använda M85. Under denna tid sjönk bensinpriset och intresset för metanol började därmed svalna, försöken avslutades under 1980-talet då flera intressenter drog sig ur och bränslet övergavs till slut i mitten på 1990-talet (De Serves, Henke, Ahlvik, & Rehnlund, 2007).

Produktion

Metanol kan framställas på olika sätt och från ett brett urval av råvaror. Det kan i princip framställas av alla sorters kolbaserade råvaror, det vill säga allt som härstammar från djur- och växtriket och allt som producerats av levande organismer (Olah m.fl., 2009). Vilket omfattar både fossila källor som stenkol, men även förnyelsebara källor i form av biomassa som bland annat kan

utvinnas från avfall från avloppsrening, skogsindustri, jordbruk, livsmedelsprodukter och en mängd andra råmaterial. Ur dessa råvaror måste sedan en energirik syntesgas erhållas för att kunna framställa metanol. Syntesgasen kan som tidigare nämnts utvinnas bland annat genom förgasning av ovanstående råvaror eller ångreformerings av bio- eller naturgas (Heidenreich & Foscolo, 2015). Därefter sker metanolsyntes via en katalytisk reaktion mellan kolmonoxid, koldioxid och väte. Vid reaktion mellan kolmonoxid och vätgas bildas endast metanol och vid reaktion mellan koldioxid och vätgas bildas även vatten som restprodukt. Dessa reaktioner sker idealt vid höga tryck och låga temperaturer, vilket ligger inom spannet 50-100 bar respektive 200-280°C. Reaktionerna är exoterma, vilket innebär att värme bildas i processen. Då denna framställningsteknik är välbeprövad och används av många olika aktörer kan en konverteringsgrad på 99,5 % erhållas (Johansson & Hanarp, 2013).

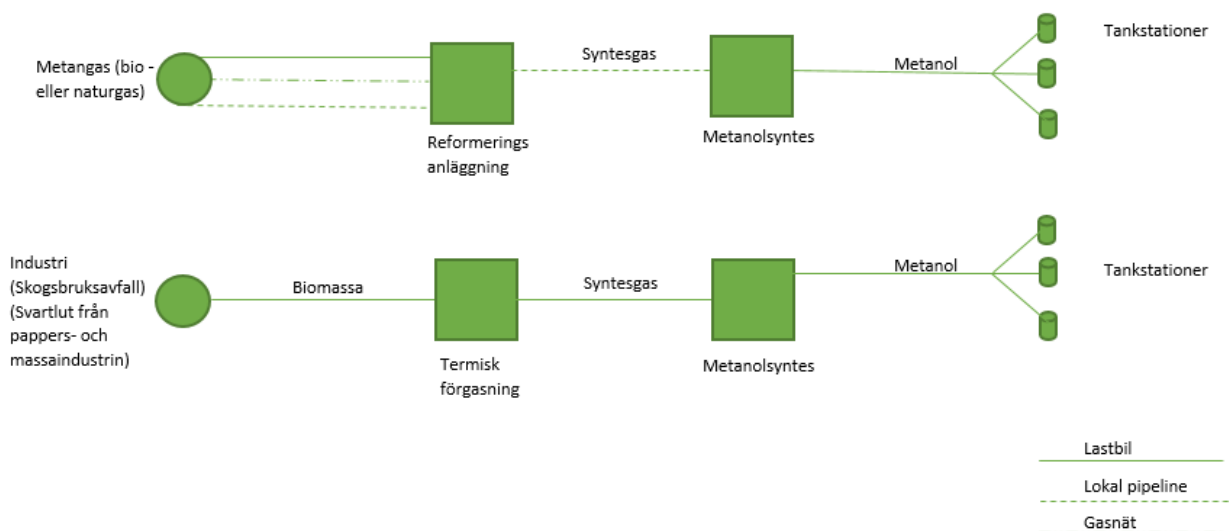
Produktionskostnaden kan variera beroende på en mängd olika faktorer, bland annat vilken råvara och metod som används samt produktionskapaciteten på anläggningen. Det kan därför råda stor osäkerhet i de uppskattningar som gjorts då produktionskostnaden för alternativa bränslen är svår att uppskatta (Bromberg & Cheng, 2010). Den vanligaste metoden för metanolproduktion som används i dagsläget är ångreformerings, där fossil naturgas används som råvara. Anledningen är att denna metod förutom att generera ett högt innehåll av vätgas, även ger lägst energiförbrukning, investeringskostnad och driftkostnad (De Serves m.fl., 2007), (Olah m.fl., 2009). Råvarukostnaden utgör en betydande andel av metanolkostnaden, vilket uppskattas till 1\$/gallon motsvarande strax över 2,2 kr/liter bensinekvivalent med nuvarande växelkurs då naturgas används som råvara. Detta är dock inte ett långsiktigt hållbart alternativ, fokus har därför riktats mot förnybara källor baserade på bland annat biomassa från ovan nämnda källor. Produktionskostnaden när skogsbaserad biomassa används blir högre, eftersom både transport och processkostnader ökar. Då förgasning av skogsbaserade råvaror tillämpas som produktionsmetod uppskattas enligt De Serves m.fl., (2007) kostnaden till 5,6 kr/liter respektive till 4kr/liter enligt VärmlandsMetanol, (2015). Problemet med att använda biomassa är dock att detta är en begränsad råvara, och (Olah m.fl., 2009) menar att biomassa inte kommer kunna utgöra mer än 10-15 % av Europas totala energibehov. Det kan därför enligt dem komma att krävas ytterligare satsningar i att utveckla framställningsmetoderna för bränslet.

I Sverige finns i dagsläget ingen storskalig produktion av metanol, intresse för detta finns dock och företaget Värmlandsmetanol planerar att konstruera en anläggning i kommersiell skala i Hagfors i Sverige. Denna anläggning är tänkt att tillämpa förgasningsteknik och använda skogsråvara som

energiresurs. Den årliga produktionskapaciteten beräknas bli mellan 100-110 000 ton vilket motsvarar 126-138 miljoner liter metanol. För dessa volymer förväntas det användas 111 MW i form av skogsråvara. Energiutbytet från råvara till metanol beräknas bli 66 respektive 72 procent beroende på om de väljer att använda 15 MW till lokal värmeexport.

Investeringskostnaden förväntas bli 3 miljarder kronor exklusive licensavgifter och ägarkostnader och kalkylräntan uppges vara 5 % (VärmlandsMetanol, 2013). Anläggningens provdrift var planerad att äga rum under det sista kvartalet av 2015, men har ännu i skrivande stund inte skett.

Produktionsvägar för metanol illustreras nedan i *figur 12*.



Figur 12 - Illustration av olika produktionsvägar för metanol enligt författarna.

Hantering och förvaring

Då metanol som tidigare nämnts är en kemikalie som tillämpas för en rad olika ändamål, produceras och distribueras det i stora volymer årligen. En både bred och djup kunskap finns därför i hur detta ska hanteras och förvaras (De Serves m.fl., 2007). Trots detta finns en del allvariga säkerhetsrisker som bör beaktas. Några aspekter som bör tas hänsyn till vid handhavande av metanol är dess:

- Giftighet
- Brandegenskaper
- Korrosivitet
- Låga energiinnehåll

Enligt kemikalieinspektionen klassas metanol som mycket brandfarligt, giftigt och hälsovådligt. Dock klassas det inte som miljöfarligt. Metanol är giftigt via hudkontakt, inandning och förtäring. Exponering kan bland annat orsaka blindhet, skador på det centrala nervsystemet, samt i värsta fall leda till dödsfall. En relativt stor hudyta måste exponeras för att nå toxiska nivåer.

Ur brandsynpunkt finns det ett antal olika faror med metanol, bland annat att det brinner med en nästan osynlig låga och bidrar ytterst lite till sotbildning. En metanolbrand kan till följd av detta bli svår att upptäcka. Värmeutvecklingen som sker vid en metanolbrand motsvarar dock ungefär hälften av en bensinbrand, dessutom är metanolens ångbildningsvärme cirka tre gånger högre. Detta leder slutligen till att utbredningshastigheten för en metanolbrand endast uppgår till en fjärdedel i relation till bensin. Det är därför möjligt att komma relativt nära branden, detta i kombination med att metanol dessutom, till följd av sin höga vattenlöslighet kan släckas med vatten underlättar släckningsarbetet. Dessutom skulle brandrisken enligt (Machiele, 1990) kunna reduceras med upp till 90 % i ett M100 fordon.

Metanol är en kemikalie som likt bensin kan verka korrosivt mot vissa material. Detta innebär att motorer och bränslesystem på samma sätt måste anpassas för bränslen innehållande mer än ca 10 % metanol (De Serves m.fl., 2007). Dessutom kan anpassning av tankutrustning och bränslepumpar behöva modifieras för att skydda både huden och fordonslacken vid tankning. För detta ändamål har specialutformade bränslemunstycken utvecklats i syfte att säkerställa att tankningen blir spillfri och sluten (Methanol Institute, 2013), vilket leder till att hälso- och miljöriskerna minimeras. Till skillnad från bensin är metanol dock inte varken mutagent eller cancerogent. Som tidigare nämnts har försök gjorts på metanol som fordonsbränsle, i bland annat USA drogs slutsatserna att det inte

förekom några ekonomiska, praktiska eller säkerhetsmässiga problem med nedgrävda tankar för metanolförvaring vid bensinstationerna (De Serves m.fl., 2007).

Energiinnehållet per volymenhet är relativt lågt, 2 liter metanol motsvarar jämförelsevis ungefär 1 liter bensin (Grahm & Hansson, 2010) vilket innebär att det kan bli aktuellt med större bränsletankar (De Serves m.fl., 2007).

Distribution

Eftersom att metanol är ett flytande bränsle medför detta till att distributionsmöjligheterna är goda i jämförelse med exempelvis gasbaserade drivmedel. Vilket både kan underlätta transportarbete samt minska kostnaderna då flytande drivmedel inte behöver komprimeras eller kylas ner för att reducera lagringsvolymen. Dock är det som tidigare nämnt energiinnehållet lägre än för exempelvis bensin, vilket medför att lagringsvolymen i relation till detta istället ökar. En ytterligare fördel är att metanol dessutom kan blandas med bensin. Enligt EUs bränslekvalitetsdirektiv tillåts en metanol inblandning på upp till 3 volymprocent i bensin, för överstigande halter krävs det att pumpen märks med information om bränslet. Till följd av detta kan en låghaltig blandning utnyttja den befintliga infrastrukturen för bensin. För högre halter som M85 och M100 krävs dock att ny infrastruktur utvecklas (Hansson & Grahm, 2013).

För vägbaserade fordon finns i nuläget inga tankstationer som erbjuder metanol som bränslealternativ. Faktum är att Europas första tankstation för metanol invigdes i slutet av augusti år 2015 i den danska staden Aalborg. Tankstationen uppfördes av konsortiet Green Methanol Infrastructure som består av företagen OK, Hamag och Serenergy. De menar att det har tagit ca 100 år att bygga ut nuvarande infrastruktur för bensin och diesel, och anser därför att detta bör utnyttjas istället för att investera i ny. Av denna anledning ser de att metanol har en fördel som alternativt bränsle då det är flytande och miljövänligt, vilket möjliggör att det relativt enkelt kan utnyttjas i befintlig infrastruktur. De menar även att nuvarande tankbilar för bensin och diesel kan användas för bränsletransport samt att tankning kan ske på samma sätt som tidigare nämnda bränslen (GMI, 2016)

Tillämpningar som drivmedel

I nuläget används metanol som tidigare nämnts inte som drivmedel i någon större utsträckning med undantag för motorsport (Hansson & Grahn, 2013). Metanol och alkoholer har generellt egenskaper som medför att de lämpar sig väl som ottomotorbränslen. Ett exempel på en sådan egenskap är ett högre oktantal än bensin. Detta är gynnsamt då bränslets oktantal begränsar det maximala kompressionsförhållandet i motorn. Vidare bidrar metanolens låga förångningsvärme samt energiinnehåll till att det förångas lättare än bensin, vilket sänker temperaturen som i sin tur leder till en ökad fyllnadsgrad. Alkoholmotorer med direkt insprutning har dessutom en marginellt högre volymetrisk verkningsgrad än bensinmotorer (Ahlvik, 2002). Nackdelen med alkoholbränslen är dock att problem kan uppstå vid kallstart då en viss andel oförbränt bränsle passerar ut i atmosfären (De Serves m.fl., 2007).

Enligt (De Serves m.fl., 2007) och (Hansson & Grahn, 2013) framkom det ur de intervjuer som utfördes att inställningen från både bil- och oljeindustrin har varit avvaktande i frågan om metanol som fordonsdrivmedel. Detta beror enligt respondenterna på en del faktorer, men den mest utmärkande är att marknaden för drivmedlet har sänkts. Det råder ovilja att investera i nya pumpar anpassade för metanolbränslena M85 och M100 utan en påtaglig efterfrågan från möjliga kunder. Dock framkommer det även att om en tydlig efterfrågan skulle uppstå finns beredskapen att anpassa sig efter potentiella kundönskemål. När det gäller låginblandning av metanol som exempelvis M3, nämns det i (De Serves m.fl., 2007) att både biltillverkarna och oljeindustrin gemensamt måste diskutera om de verkligen vill se ett sådant bränsle på marknaden. Det nämns dessutom i studien att Svenska petroleum och biodrivmedel institutet (SPBI) inte ser metanolen som ett troligt inblandningsbränsle till följd av metanolens låga ångtryck vid vanliga temperaturer. De ser därför andra alternativa tillämpningar för metanol, som exempelvis tillverkning av bränslena rapsmetyl ester (RME) eller metyl tertiär butyl eter (MTBE).

Dock har det på senare år utvecklats nya metoder och tillämpningar av metanol som drivmedel. I projektet av GMI som nämndes i föregående stycke används metanolen från den nyetablerade tankstationen som drivmedel för elbilar på metanoldrivna bränsleceller utvecklade av Serenergy A/S. Syftet är att dessa ska användas för att förlänga räckvidden på elbilar, vilket de menar ger en räckvidd på över 800 km (GMI, 2016). Enligt FuelCellToday, (2012) börjar dessa bränsleceller bli populärare, vilket beror på en mängd olika orsaker bland annat att metanol är ett flytande bränsle, vilket underlättar både hantering och transport då som tidigare nämnts befintlig infrastruktur för oljebaserade drivmedel kan utnyttjas (GMI, 2016). Detta ger en stor fördel gentemot komprimerade

gaser som vätgas, där infrastrukturen saknas. Ytterligare fördelar som nämns är att metanol är lätt tillgängligt då det är en massproducerad vara, vilket dessutom ger en energienhetskostnad som är jämförbar med dagens fossila drivmedel. Enligt Serenergy har deras DMFC- teknik en verkningsgrad som överstiger 45 %, vilket kan jämföras med en verkningsgrad på 25-30 % för en konventionell förbränningsmotor (Serenergy, 2016).

Ett annat intresse som uppkommit för metanol är som drivmedel inom sjöfarten. Företaget Stena Line är en pionjär inom området, då deras fartyg Stena Germanica i skrivande stund är det första och enda i världen som drivs av metanol. Enligt Stena är motiven till omställningen bland annat att sänka svavel- och partikelutsläppen, vilket har kunnat reduceras med upp till 99 % (Stena Line, 2016). På deras hemsida (www.stenaline.se) skriver de att Stena är ett innovativt företag med fokus på utveckling som gynnar både deras kunder och samhället. Det är därför av stor vikt för dem att vara ledande av utvecklingen inom sin bransch, och de ser metanolsatsningen som ett stort steg mot hållbara transporter på lång sikt.

4.7 Sammanfattning och urval

För att kunna ge en översikt av hur de olika drivmedlen står i relation till varandra med avseende på de aspekter som analyserats tidigare har nedanstående tabell utformats (*tabell 9*).

	Elektricitet	Vätgas	Biogas	Metanol
Hantering och förvaring	Svår att lagra, begränsas av dagens batteriteknik (dyr komponent)	Svår att lagra, måste komprimeras eller kylas (ökade kostnader)	Svår att lagra, måste komprimeras eller kylas (ökade kostnader)	Lättare att lagra (vätska) Kan eventuellt utnyttja befintliga system för konventionella bränslen
Produktion	Väletablerad, kan ske relativt billigt	Relativt dyr processteknik Kan ske både centraliserat och decentraliserat (elektrolys)	Etablerad produktion, Centraliserad eller decentraliserad (rågas från gårdar)	Saknas i dagsläget i Sverige Kan ske relativt billigt Centraliserad produktion
Transportsätt	Elnätet	Lastbil Lokal pipeline Elnätet (elektrolys)	Lastbil Lokal pipeline Gasnätet	Lastbil Fartyg

Distribution	<p>Befintlig infrastruktur (elnätet) kan utnyttjas, transport kan ske effektivt.</p> <p>Investeringar i relativt billiga ladd stolpar kan behövas</p>	<p>Lastbilstransport av gas är väldigt ineffektivt, flytande form kräver ytterligare förädling (kylning)</p> <p>Infrastruktur i form av både pipeline saknas, stora investeringar krävs</p> <p>Elnätet kan utnyttjas då elektrolys används</p>	<p>Lastbilstransport av gas är väldigt ineffektivt, flytande form kräver ytterligare förädling (kylning)</p> <p>Infrastruktur finns på vissa delar av landet, dock ej väletablerad, investeringar för utvecklad infrastruktur krävs</p>	<p>Vätskebaserat drivmedel medför att befintlig infrastruktur för konventionella drivmedel möjligtvis kan utnyttjas</p>
Fordon	<p>Cirka 16 000 laddbara/6000 dedikerade vägtrafikfordon (Personbilar, lastbilar och bussar)</p>	<p>Cirka 15 personbilar</p>	<p>Cirka 54 000 vägtrafikfordon</p>	<p>Dedikerade metanolfordon för vägtrafik (i Sverige) har inte kunnat identifieras</p> <p>Intresse finns inom sjöfart (Stena)</p>

				<p>Kan användas som låginblandning i bensin</p> <p>Kan även användas som drivmedel för elbilar med metanolbaserade bränsleceller</p>
--	--	--	--	--

Tabell 9 – En översiktlig jämförelse mellan olika drivmedel. Tabellen är skapad av författarna.

Baserat på de faktorer som presenterats i tabellen ovan, samt drivmedlets aktuella marknadsstatus, har metanol valts för vidare undersökning i denna studie, vidare reflektioner kring urvalet kommer att redogöras i analysavsnittet senare i rapporten.

5. Empiri

I detta kapitel sammanfattas frågor och svar från de fyra intervjuerna.

5.1 Institutionen för Energi och miljö, Chalmers tekniska högskola

Maria Grahn

Respondenten, Maria Grahn, arbetar som forskare och projektkoordinator på institutionen för energi och miljö på Chalmers tekniska högskola. Hennes forskning är inriktad inom området energisystemanalys med fokus på drivmedel, modellering av globala energisystem, kostnadseffektiv användning av biomassa, global uppvärmning och minskade koldioxidutsläpp.

Dessutom forskar hon även om framtida bränslen inom sjöfarten, den globala bilparken och även så kallade elektrobränslen vilket innebär bränslen som produceras av koldioxid och vatten med hjälp av el.

I intervjun med Maria besvarades allmänna frågor kring de fyra drivmedel som undersöks i denna studie, med syfte att belysa den aktuella situationen för var och en av dessa.

Biogas

Ur intervjun framkommer det att den vanligaste tekniken för framställning av biogas i dagsläget är via rötning utav avfall som efter att ha förbehandlats skickas vidare in i en röt-kammare där biogas bildas enligt processtekniken anaerob rötning. Respondenten nämner att det finns en annan metod som har större potential med hänsyn till råvaran. Denna metod är termisk förgasning av skogsråvara, vilket hon menar finns i större omfattning än hushållsavfall. Respondenten berättar även att det är denna metod som används i GoBigas anläggningen för att framställa biogas.

Produktionskapaciteten uppskattas ligga i spannet 3-8 TWh då biogasen produceras genom rötning av biologiskt avfall. Då förgasningsteknik tillämpas menar hon att det inte egentligen finns någon övre gräns, men att en större anläggning kräver en större investeringskostnad. Därför uppskattar hon en kapacitet inom spannet 10-20 TWh.

Beträffande biogasens miljöpåverkan berättas det att den har många fördelar gentemot bensin och diesel, bland annat minskade utsläpp av koldioxid, att det blir en bättre förbränning i motorn som medför minskade lokala utsläpp av mängden partiklar, kväveoxider och andra ämnen som är farliga att andas in. Dock nämner hon att det finns en allvarlig risk som kan uppstå vid läckage, då metan är 25 gånger mer aggressiv än koldioxid gällande växthuseffekten. Därför kan den positiva

klimateffekten utebli om ett läckage inträffar. När det gäller biogasens egenskaper som fordonsdrivmedel, berättar hon att det är ett utmärkt alternativ som har funnits länge på marknaden och tillämpats i bussar, lastbilar och personbilar. Då bränslet är i form av komprimerad gas, krävs det annorlunda utrustning och andra motorer än i konventionella bilar, vilket kan medföra att fordonet blir lite tyngre och otympligare. Hon ser dock inte detta som något större problem.

Vid frågan om framtidsutsikterna för bi gasen som drivmedel berättar hon att det beror lite på vad som händer i omvärlden. Respondenten nämner att det inte finns några direktiv från EU att bygga ut infrastruktur för gasen och att infrastrukturen i Sverige inte är välutbyggd, utan att det bara finns en pipeline för naturgas på västkusten. För att denna ska kunna byggas ut krävs stora investeringar, men om detta skulle krävas av EU menar hon att Sverige i så fall måste anpassa sig till direktiven. Om hon skulle spekulera om framtiden, hade det varit önskvärt ur hennes perspektiv att bi gasen används för fordonsflottor som kan tanka på samma ställe, så ett fåtal stationer kan serva en stor mängd fordon, vilket hon menar är ett bättre alternativ än att den används i privatpersoners bilar. Detta skulle kunna innebära kostsamma investeringar i etableringen av en rikstäckande infrastruktur. Hon tror dock att det i framtiden kommer vara EU som avgör vad som kommer hända, men tror på att det kommer bli mer gas. Till följd av att cirka 3-8 TWh bi gas kan framställas via rötning, menar hon detta endast räcker till att täcka mellan 3-10 % av Sveriges drivmedelsbehov, som enligt henne uppgår till cirka 80 TWh i dagsläget. Dock tror hon att detta möjligtvis skulle kunna täcka behovet för alla bussar och sopbilar.

Metanol

Respondenten berättar att det finns många tekniker för framställning av metanol, men att hon inte är säker på vilken som är den vanligaste. Hon tror att den vanligaste tekniken för storskalig produktion av metanol är genom termisk förgasning av skogsbaserad biomassa. Hon nämner även att metanolen kan framställas från råvaror som kol och naturgas, och med tekniker som ångreformering, vilket även är det billigaste alternativet för metanolproduktion i dagsläget. Respondenten berättar att hon i dagsläget forskar på vad hon kallar elektrobränslen, vilket innebär att koldioxid och vatten används med hjälp av el för att framställa biobränslen som exempelvis metanol och metan. Detta är ett alternativt som skulle vara helt förnybart om elen och koldioxiden baseras på förnybara källor, dock är det ett kostsamt alternativ som kanske kommer att användas mer i framtiden. Respondenten menar att detta är ett alternativ som skulle kunna användas för storskalig produktion, och att det idag redan används av företaget Carbon Recycling International på Island. Respondenten berättar att det i dagsläget inte finns någon metanolproduktion för

transportsektorn i Sverige, utan endast finns på några enstaka sådana producenter i världen. Hon nämner dock att metanol produceras på många platser i världen, bland annat i Island, Israel och Tyskland, men att denna metanol främst används inom kemiindustrin.

När det kommer till metanolens egenskaper som drivmedel, berättar Respondenten att metanol har fördelar som ett högt oktantal och en effektiv förbränning, och används därför inom motorsport. Hon nämner även att det dock är giftigt om man skulle få det på huden.

Respondenten tycker att metanol är ett spännande drivmedel som hon tror kommer användas mer i framtiden. Hon berättar om Stena Lines Germanica färja som konverterat till metanoldrift, samt att de har planer på att konvertera hela deras flotta på 25 fartyg i framtiden. Sådana initiativ menar hon kanske skulle kunna leda till att andra företag får intresse att vilja starta igång en produktionsprocess, vilket senare möjligtvis kan leda till att intresse även uppstår inom vägtransporten.

Vätgas

De tekniker som kan användas för vätgasproduktion, är enligt respondenten bland annat elektrolys, ångreformerings och termisk förgasning. Ångreformerings är den teknik som är vanligast samt mest kostnadseffektiv då naturgas används som råvara. Förnybar vätgas kan dock produceras med hjälp av elektrolys och förgasning av biomassa, av dessa alternativ menar hon att elektrolysen är mer kostnadseffektiv för ändamålet. Verkningsgraden i dagens elektrolysörer uppgår enligt henne till ungefär 70 %, men framtida högttemperaturs elektrolysörer, så kallade solid oxide electrolysers skulle kunna uppnå en verkningsgrad mellan 80-85 %.

Respondenten berättar att vätgasen är ett attraktivt drivmedel som i kombination med bränslecellsteknik endast skulle släppa ut vattenånga som avgas. Det skulle dessutom kunna produceras som ett 100 % förnybart drivmedel, då en förnybar källa som exempelvis solenergi används i kombination med elektrolys. För denna metod menar hon att det nästan inte finns några begränsningar för hur mycket vätgas som kan produceras, samt att det skulle kunna tillgodose hela transportsektorns behov.

Hon nämner dock en del utmaningar som vätgasen står inför bland annat att hanteringen av vätgasen är dyr, till följd av att den ska vara trycksatt eller i flytande form för att minska lagringsvolymen. Dessutom är det en ”liten molekyl som har förmåga att gå in i metallstrukturer”

ett fenomen som kallas för *hydrogen embrittlement* vilket kan leda till att behållarna som ska hålla kvar vätgasen så småningom kan börja läcka, till följd av att metallstrukturen spricker upp. Respondenten berättar att en stor utmaning för vätgasen är att den totala kostnadsbilden från produktion till användning är hög, i jämförelse med andra alternativ som biodrivmedel och el. Detta till följd av att lagring, hantering och distribution av vätgas både är svårt och dyrt. Om vätgasen sedan ska användas med den mest effektiva metoden, i kombination med bränsleceller så är även detta en dyr teknik.

Respondenten berättar att vätgas är på uppgång, detta kan bland annat ses genom att en del bilföretag lanserar nya modeller av vätgasbilar som ska serieproduceras, vilket kan vara ett tecken på att det kanske kommer att slå igenom snart. Hon berättar även att hon arbetar med att energisystemsmodelleringar, där hon tittar på långsiktiga perspektiv och vilka bränslealternativ modellen skulle välja om den baserar valet på kostnadseffektivitet. Vätgas hamnar i nästan alla dessa scenarion i slutet på den tidsperiod som granskas, det vill säga runt 2070-2100 blir vätgasen det dominerande bränslet. Förutsatt att batteritekniken inte blir mycket billigare, för då blir istället plug-in hybriden dominerande, till följd av att det är ett alternativ som inte är lika krångligt.

Elektricitet

Respondenten berättar att elektricitet kommer vara en av de viktigaste pusselbitarna för en fossilfri transportsektor, i synnerhet då det används som drivmedel i personbilar. Större fordon som trafikerar längre sträckor, exempelvis lastbilar, flyg och sjöfart kommer vara svårare att elektrificera, på grund av begränsningar i dagens batterier. Dagens batterier behöver bli billigare, ha en högre livslängd och kapacitet. Ett effektivare sätt att återvinna batterierna behöver även tas fram, då dessa innehåller komponenter baserade på begränsade resurser som exempelvis metaller och tungmetaller. Hon berättar att detta är ett område som Chalmers i dagsläget bedriver forskning inom.

Generella tankar kring en fossilfri framtid

Frågan om vilka faktorer som bromsar en fossilfri utveckling, besvarades med att industrin tycker att de politiska styrmedlen inte varit tillräckligt långsiktiga, vilket har begränsat investeringsviljan. För att de ska våga investera i att bygga nya produktionsanläggningar, måste de enligt respondenten få veta om de kan få en viss skattelättnad under en längre tid. I dagsläget har sådana tillstånd endast beviljats ett år i taget, vilket industrin har tyckt varit alldeles för kortsiktigt. Om detta ändras skulle

ett stort hinder kunna försvinna. Respondenten talar dock om att det finns långsiktighet i de politiska styrmedlen när det gäller miljödirektiven, som exempelvis att Sverige ska ha en fossilfri flotta år 2030 samt ett nollutsläpp av växthusgaser år 2050. Dessa är direktiv som står fast oberoende av vilken regering som sitter vid makten. Andra faktorer som nämns är investeringskostnaden, respondenten berättar att det finns ett EU bidrag att söka, men då det handlar om väldigt stora investeringar vill industrin även ha stöd från myndigheter som medfinansierar dessa produktionsanläggningar.

Beträffande vilket bränsle som har störst chans att ersätta dagens fossila alternativ, tror respondenten på bränslen som har egenskaperna att vara blandbara med bensin och diesel, samt kunna framställas av skogsbaserade råvaror. Här nämns alkoholerna etanol och metanol som blandbränsle för bensin, och tall diesel och HVO för diesel. Anledningen till detta är att skog är en resurs som finns i stora mängder i Sverige, samt att det inte konkurrerar med matproduktionen. Utöver detta tror hon att de bränslen som EU bestämmer sig för att satsa på kommer att få en fördel. Sammanfattningsvis, tror hon att de största faktorerna för att ett bränsle ska slå igenom, är politiska styrmedel och råvarupotentialen. Vidare tror hon att bränslen som är blandbara med dagens fossila alternativ kommer att ha bättre förutsättningar än andra.

5.2 Stena Teknik

Per Stefenson

Respondenten, Per Stefenson, arbetar som Marine standards advisor på Stena Teknik, vilket är en expertfunktion inom Stena koncernen. Stena Teknik arbetar med tekniska lösningar för alla marinrelaterade affärsområden inom koncernen.

Syftet med denna intervju var att inhämta information om varför de satsat på metanoldrift, samt få höra deras tankar och erfarenheter med projektet.

Respondenten berättar att satsningen på ett miljövänligare bränsle initierades till följd svaveldirektivet som började gälla den 1 januari 2015. *”Det handlade om att minska på sjöfarten inom det område som är Östersjön och Nordsjön kan man säga på engelska kanalen att gå ner från, 1 % svavel till 0,1 % svavel.”* Detta menar han kan göras antingen genom att byta bränsle eller tvätta avgaserna. Respondenten berättar att de redan för fem år sedan började undersöka olika alternativa bränslen på djupet. *”Då fanns det enkla alternativet att byta till lågsvavlig marindiesel, de andra alternativen var att antingen byta till LNG eller till metanol, de var dom vi identifierade, DME kan man också tänka sig, men det var metanol som vi identifierade som väldigt intressant.”*

Han nämner att samtliga alternativ är fossila då metanolen som används produceras ur en fossil källa, naturgas. Till följd av att de i framtiden även kommer att behöva reducera koldioxidutsläppen blev metanol det mest intressanta valet, då det är ett bränsle som kan tillverkas av förnybart biomaterial. Dessutom är metanol enligt respondenten ett *”rent och fint bränsle”* som inte släpper ut några partiklar, samt ett bränsle i vätskeform vilket underlättar hanteringen och förvaring till skillnad från bränslen i gasform.

Bortsett från svaveldirektivet fanns det enligt respondenten andra viktiga aspekter bakom valet av ett alternativt drivmedel, ekonomiska aspekter var en av dessa. Han berättar att konverteringen för metanol var ganska omfattande då ett nytt bränslesystem fick installeras parallellt med det gamla samt att andra komponenter fick läggas till eller modifieras. Den uppskattade kostnaden för konverteringen var ungefär 100 miljoner kronor, dock nämner han att en konvertering till LNG skulle bli mer omfattande och hamna på ungefär 300 miljoner kronor. *”Vi har bra fartyg och vi vill ju inte bygga nya fartyg och då är det enklare att anpassa ett fartyg till metanol än till LNG”*.

Generellt sett uppskattas metanolkonverteringen till ca 400 euro per kilowatt, vilket främst gäller

för lite större fartyg. Respondenten nämner en annan viktig aspekt vid valet av bränsle, priset på drivmedlet som var rådande för tre år sedan;

”och sen så var metanolen för tre år sedan ungefär billigare än vad dieseloljan var, så den låg i pris ungefär mittemellan marin gas oil som låg på 1050 dollar per ton, och metanolen hamnade på ungefär 80 dollar per ton bränsleekvivalent, egentligen är det 2,17 ton men om man tittar på bränslevärdet. Tjockoljan låg på 650 dollar per ton vid det tillfället, idag ligger tjockoljan på ungefär 200 dollar per ton och marin gas oil på 400 dollar per ton ungefär.”

Vid frågan om den aktuella prisbilden för metanol i dagsläget svarar respondenten:

”Idag ligger metanolen på ungefär 200 dollar per ton och sen ska du ta det gånger 2,17 för att få det i samma pris, så det blir 434 men så finns det logistikkostnader så ungefär 500 dollar per ton”.

Som det framgår av ovanstående citat har prisbilden förändrats markant de senaste åren. Dessutom har den fossila tjockoljan blivit betydligt billigare än vad den var under samma period.

Gällande frågan om hur metanolkonverteringen påverkar motorn svarar respondenten: *”Vi räknar med att det inte ska bli någon skillnad, iallafall inte någon negativ skillnad, kanske snarare tvärtom för det är väldigt rent och fint, det blir inget sot”*

Respondenten berättar att metanolen som används i dagsläget köps från företaget Methanex. Den kommer till Malmö, varvid den sedan transporteras till Göteborg där tankningen sker. Han berättar även att det från början var tänkt att det skulle levereras med ett bunkerfartyg, men att detta i dagsläget inte är lönsamt då de endast har ett fartyg som drivs av metanol. Vid frågan om det finns några planer på samarbeten med svenska metanolproducenter svarar respondenten: *”Det finns inga idag riktigt, det finns lite försöksanläggningar här och var som håller på med biometanol som till exempel Chemrec uppe i Piteå, som producerar det av svartlut utifrån pappersindustrin men det finns inga riktiga svenska metanolproducenter”.* Intresse verkar dock finnas för att gå över till förnybar metanol i framtiden. *”Men sen om man tittar på biometanol eller elektro ifall man tillverkar det utav CO₂, då kommer det väl antagligen alltid bli dyrare än den vanliga metanolen men då kan man tänka sig att man får miljökompensation av dom som kanske vill ha gröna transporter, så det tittar vi på också.”* Respondenten frågades även om det möjligtvis skulle kunna finnas ett intresse i framtiden att ha en lokal tankstation där även vägtrafik eventuellt skulle kunna tanka för vilket svaret blev: *”Nej det har vi inte tänkt på, men det är ju så att vi har ett företag som heter Stena oil som förser oss med bunkerolja, och de skulle ju då förse oss med bunkermetanol*

istället, men det är klart om bensinmackar börjar köpa metanol, då skulle man kunna förse dom med det också.”

5.3 Göteborg Energi

Erik Zinn

Respondenten, Erik Zinn arbetar som produktsamordnare inom biogas. Hans arbetsuppgifter är att samordna biogasverksamheten på Göteborg Energi och se till att de har en bra kommunikation inom företaget.

Syftet med denna intervju var att inhämta information om GoBigas projektet, då anläggningen bygger på termisk förgasning av skogsråvara, vilket är en metod som bekant skulle kunna användas för metanolproduktion. Till följd av detta, fanns även intresse i att undersöka förutsättningarna för framställningen av drivmedlet.

Respondenten berättar att företaget började med biogas för cirka tio år sedan. Han uttrycker att motiven var följande: *”Eftersom Göteborg energi är en av relativt få aktörer på naturgassidan, äger en stor infrastruktur inom det här området, och då har möjligheten att samverka med andra aktörer, för att frambringa ett grönt alternativ med den befintliga infrastrukturen.”*. Respondenten talar vidare om att de inledningsvis började med att upprätta ett flertal rötningsanläggningar, dock upplevdes begränsningar med dessa. *”De blir sällan större än 30-40 GWh per år. Vilket motsvarar bränslet till ungefär 3000-4000 personbilar per år och vi ville se hur man kunde producera biogas i en större skala”*. Han berättar att de då började undersöka alternativet att producera biogasen genom termisk förgasning, då denna teknik hade helt andra förutsättningar för industrialisering. Utmaningen med detta var dock att tekniken för att producera metan inte var så väletablerad. *”På samma sätt fanns det heller inte teknik att köpa i stor industriell skala, det fanns ju inga leverantörer, att bygga stort och industriellt från eget var inte aktuellt”*. Respondenten talar vidare om att beslutet togs att bygga anläggningen i två etapper, etapp 1 är den forskningsanläggning som finns i dagsläget, etapp 2 skulle komma att bli den framtida satsningen att bygga ut anläggningen för kommersiellt syfte.

Han nämner en del utmaningar som uppstått: *”Vi hade en uppstartsperiod på 1 eller 1,5 år innan vi verkligen fick anläggningen att fungera, vilket i vissa lägen är en lång tid men tittar man på andra processindustrier som byggs, så är det ju inget som man bara trycker på knappen. Detta är en helt unik anläggning, det gör inte saken lättare”*. Trots detta berättar han att de är nöjda med att ha kunnat leverera 40 GWh biogas från pellets, och på så sätt kunnat bevisa att tekniken fungerar. Målsättningen är nu att byta bränsle från pellets till det betydligt billigare alternativet flis, vilket han

menar inte kommer att ske enkelt. En annan utmaning de står inför är dagens låga energipriser. *”Det är ju också en extremt stor utmaning i dagsläget, att med de låga energipriserna kunna få fram ett bränsle som är konkurrenskraftigt, så vi lägger stor kraft på att förbilliga vår produktion, och där är vi nu ungefär med GoBigas”.*

Vid frågan om vilka kundsegment de har tänkt rikta sig in mot om etapp 2 initieras svarar respondenten: *”Så som vi fram tills nu sett marknadsutvecklingen, en av de mest angelägna sektorerna för omställning det är ju transportsektorn, om det är något som bestämmer över deras utveckling så är det styrmedel som kan påverka en utveckling”.* Respondenten berättar vidare att de är medvetna om att de finns andra kunder som är intresserade av ett förnybart alternativ, vilket framgår av följande utlåtande: *”Sen är vi också medvetna om att vi har till exempel petrokemin uppe i Stenungssund som också är fossilt beroende eller sjöfarten som har ett beroende, men hittills har vi bedömt att deras förmåga för att betala för ett dyrare bränsle, och sannolikheten att få in ett statligt styrmedel är relativt små i jämförelse till exempel de visioner vi har för en fossilfri fordonssektor till 2030”.*

Gällande frågan om hur de skulle ställa sig till att producera metanol om en efterfrågan skulle uppstå, svarar respondenten att deras befintliga anläggning inte är gjord för detta ändamål, och att: *”Det skulle krävas rätt så omfattande investeringar, och eftersom vi är ett kommunalt energibolag så styrs vi stor del av politikernas inställningar och visioner”.* Efter att ha berättat för respondenten, att det ur intervjun med Per Stefenson på Stena framkom att de potentiellt kunde vara intresserade av biometanol i framtiden, svarar respondenten: *”Det är ju oerhört spännande, men sådana förändringar av vårt arbete sker ju inte på tjänstemanna nivå. Den största utmaningen är väl att se att Stena har betalningsviljan och betalningsförmågan för grön biometanol. Vilket är något helt annat än metanol baserat på naturgas”.*

Då politiska styrmedel återkommande nämndes, ställdes frågan om respondenten ansåg att detta var det största hindret för ett förnybart bränsle att etableras på marknaden, varpå svaret blev: *”Största förutsättningen, utan styrmedel, utan politiska målsättningar, så kommer vi inte till en omställning till gröna drivmedel, så länge som vi sitter i händerna på oljeproducenterna”.*

5.4 Hushållningssällskapet

Per-Ove Persson

Respondenten, Per-Ove Persson arbetar med forskning och utveckling inom hushållningssällskapet med rollen som projektledare.

Efter att ha läst en rapport om ett projekt för småskalig produktion av metanol som leddes av Per-Ove, uppdagades detta intressanta alternativ. Syftet med denna intervju var därför att få mer information kring möjligheterna för småskalig produktion av metanol som produceras genom att konvertera biogas.

Respondenten berättar inledningsvis att det i dagsläget inte finns något aktuellt projekt, men att det har ett som är på gång och ska starta upp inom en snar framtid. Bakgrunden till detta projekt är enligt respondenten att: *"biogas är ju en sådan här produktion som producerar en gas, en gas är ju svårt att lagra, det påminner väldigt mycket om el"*. Han nämner att det finns ytterligare utmaningar med biogasen. *"I vår del av världen har vi ju inget naturgasnät eller så här, som man kan ha som en typ av mellanlager och då är man ju lite utsatt"*. Respondenten fortsätter med att berätta, att det i regionen han arbetar för (Skaraborg) produceras mycket biogas, som måste transporteras vidare till bland annat Stockholm, Göteborg och Norge med lastbil. Detta ställer till problem: *"så börjar jag ju att fundera på att faller inte den här så kallade miljönyttan om man ska köra omkring, det är ju i princip 95 % skrot, sen är det 5 % energibärare som man kör omkring"*. Han menar att det finns ett behov av att hitta ett effektivare sätt, vilket är ett motiv till detta projekt. *"det var väl egentligen för att kunna komma undan och kunna få en produkt som går att lagra det var så vi liksom började resonera med det här"*.

Respondenten berättar att de förmodligen inte är ensamma om att undersöka detta alternativ.

"Någon forskare på Eon menar på att det är värt att få fram en lagringsbra produkt typ metanol, det måste inte vara metanol, men någon typ av mer lagringsbar produkt, det är ganska stor ekonomisk fördel att få fram en sådan produkt". Det sker även liknande experiment i USA, där de använder skiffergas, en form av naturgas. *"sen har jag ju stött på det här i USA då, och i USA är det ju då inte främst från biogas, utan då är det liksom skiffergasen, det är samma typ av metan om man uttrycker det så"*. Där finns ett företag som i samarbete med Volvo undersöker detta alternativ: *"I USA arbetas det med att småskaligt omvandla metan till DME eller andra produkter, Volvo samarbetar med en partner där Oberon fuels i Nordamerika."* Respondenten berättar även att det

finns en svensk studie utförd av SLU och LTU som undersöker detta. Det finns dock både fördelar och nackdelar i att konvertera biogasen: *”Ekonomimässigt är det inte bra, men Energimässigt och miljömässigt så var det rätt vettigt att omvandla biogasen till metanol, alternativt syntetdiesel eller DME. Metanolen är ju bra för att den är relativt enkel att förädla vidare till olika kemikalier på olika sätt”*. Respondenten talar vidare om att det i dagsläget är önskvärt att få processteknologin att fungera, för vilket han menar att det behövs duktiga kemister.

Vid frågan om det finns några kunder för metanolen svarar respondenten: *”Metanoldieseln finns inte på marknaden än. Jag tycker inte ni ska glömma bort allt är inte drivmedel här i världen, det tycker jag man ska öppna upp för andra användningsområden, som ju inte måste vara drivmedel.”*. Respondenten nämner att metanol är en så kallad plattformskemikalie som tillämpas i stor omfattning ibland annat industrier.

Gällande frågan om vilka hinder som finns för att metanol ska kunna träda in på marknaden svarar han:

”Ja det är egentligen osäkerhet för investerare, det behöver inte vara investerare, men tänk till exempel Volvo, om Volvo ska lägga pengar, så måste det vara något som ligger inom deras framtid. Det är det som hindrar investeringar för att det finns en osäkerhet kring vart det tar vägen. Osäkerhet är det största hindret.”

Avslutningsvis berättar han att långsiktiga politiska beslut är viktiga för att det ska kunna gå igenom.

”Långsiktiga spelregler är viktigt, bara så man vet det tar vägen, exempelvis att något är skattebefriat i 20 år framåt, så man vet.”

6. Analys

I detta avsnitt kommer förutsättningar för de valda energislagen att sammanfattas. Vidare kommer förslag på affärsmodeller presenteras och diskuteras.

6.1 Möjligheter och hinder

Som det framgår av den tekniska bakgrunden ser förutsättningarna för marknadsinträde olika ut för de valda energislagen. Nedan kommer de fyra energislagens olika möjligheter och hinder diskuteras:

Elektricitet

Det finns stora utmaningar som elektricitet står inför i dagsläget. För att kunna användas som fordonsdrivmedel, behöver dagens batteriteknik utvecklas ytterligare för att kunna hålla längre sträckor till ett rimligt pris. Infrastrukturen är redan välutbyggd i form av exempelvis eluttag vid arbetsplatser, hem eller liknande. Dock behöver infrastrukturen förbättras ytterligare i form av exempelvis laddstolpar eller annan ny teknik för att fordonen ska kunna drivas längre sträckor så att kunderna kan känna sig säkra på att batteriet räcker. Flera aktörer håller på att forska kring olika möjligheter för laddning av batterierna, det kan därför handla om en tidsfråga innan elektricitet som fordonsdrivmedel slår igenom stort på marknaden. Elektricitet som fordonsdrivmedel har mycket stor potential i framtiden då elektricitet kan produceras ur helt förnybara energikällor, vilket leder till helt förnybara fordonsbränslen. Elektricitet kan med fördel transporteras via det redan befintliga välutbyggda elnätet. En ytterligare fördel med elektricitet som fordonsdrivmedel är exempelvis minskat buller, vilka de skeptiska istället kan se som en negativ aspekt, då det kan anses vara farligt för trafiken då elfordonen knappt hörs. En annan utmaning i dagsläget är att kunna lagra elektriciteten som produceras på ett effektivare sätt.

Biogas

Biogas är ett intressant drivmedel ur olika perspektiv bland annat att det kan framställas relativt kostnadseffektivt genom rötning av biologiskt avfall, vilket innebär att det biologiska avfallet istället blir en resurs som kan utnyttjas för framställning av denna energirika gas. En ytterligare fördel med biogasframställning är skalbarheten, vilket medför att gasen som bekant både kan framställas i storskaliga och småskaliga anläggningar. Som tidigare nämnts är biogas ett drivmedel

som använts i Sverige sedan början på 90-talet, vilket till följd av detta medfört till att tekniken för både biogasfordon samt biogasframställning är välbeprövad. En annan fördel är att uppgraderad biogas kan blandas med naturgas och injiceras i gasnätet, vilket kan underlätta transporten av gasen. Produktionspotentialen för biogas är (≈ 74 TWh med termisk förgasning inräknat) som det påpekades tidigare, markant högre än dagens totala produktionsmängd ($\approx 1,8$ TWh). Dock är det värt att ha i åtanke att endast cirka 1 TWh används i dagsläget som fordonsdrivmedel.

Till följd av att biogas är ett drivmedel i gasform står det inför en del utmaningar. Några av dessa är bland annat svårigheter att lagra gasen, som kan behöva komprimeras eller alternativt kylas ner beroende på vilken lagringsmetod som utnyttjas. Till följd av att biogasen kan blandas med naturgas kan den även utnyttja befintlig infrastruktur för naturgasen. Då denna infrastruktur som bekant inte är väletablerad i Sverige, medför detta till att investeringar är nödvändiga för en vidare utbyggnad. Det finns i dagsläget som det nämndes tidigare 163 stationer för tankning av biogas, för att kunna åstadkomma en godare tillgänglighet skulle även fler stationer komma att behövas, vilket medför ett behov av ytterligare investeringar i utvecklingen av infrastrukturen.

Vätgas

Energibäraren vätgas, har i framtiden potential att vara helt förnybart, men idag är nästan all vätgas som produceras från kol, olja eller naturgas. Infrastrukturen för vätgas är inte tillräckligt välutbyggd i dagsläget. Det krävs stora investeringar för att bygga ut infrastrukturen ytterligare så att den exempelvis kan skickas via rörledningar och att fler tankstationer byggs. I dagsläget finns det endast några enstaka tankstationer i Sverige. Processtekniken är dessutom väldigt dyr i dagsläget. Detta är stora hinder för att vätgasen ska kunna slå igenom på marknaden. Ytterligare svårigheter som finns idag med vätgas är lagringen, vätgasen behöver antingen kylas ner eller komprimeras vilket leder till ökade kostnader. Produktion av vätgas kan ske antingen centraliserat genom reformering av naturgas eller decentraliserat genom exempelvis elektrolys på tankstationer, vilket är väldigt fördelaktigt då vätgasen produceras där den tillämpas och då även elnätet kan utnyttjas. Därmed behöver inte heller drivmedlet transporteras vidare till tankstationen. Dock är det flera gånger dyrare att utvinna vätgas via elektrolys då det är en energikrävande process i dagsläget, men möjligheter finns att optimera denna process ytterligare i framtiden och därmed utvinna vätgas helt förnybart om elektriciteten kommer ifrån en förnybar källa. En stor fördel som finns med vätgas är att den kan användas i bränsleceller, vilket är mer miljövänligt jämfört med användning av konventionella förbränningsmotorer, då avgaserna i detta fall endast består vattenånga.

Metanol

Metanol kan användas i befintlig infrastruktur, det vill säga befintliga tankstationer som används till bensin- och dieselfordon. Den kan även lagras i vätskeform vilket innebär lägre kostnader för lagringen. Produktionen kan ske centraliserat relativt billigt, men finns inte i dagsläget i Sverige. Metanolen kan transporteras med lastbilar eller bunkerfartyg till Sverige. Den kan även användas som drivmedel för elbilar med metanolbaserade bränsleceller, eller användas som låginblandning i bensin. En annan fördel med metanol är dess höga oktantal vilket lämpar sig väl för motorsport. En nackdel som kan finnas med metanol är dess korrosivitet mot metaller.

6.2 Förslag på samverkan mellan olika aktörer

Då metanol som bekant, är ett drivmedel som inte används i större utsträckning inom den svenska transportsektorn i dagsläget, saknas det idag aktörer som producerar metanol för detta ändamål. Likväl finns det ingen större efterfrågan på drivmedlet, vilket leder till att det i dagsläget råder en klassisk hönan-ägget situation. Då en tydlig marknad saknas, kan det innebära att få aktörer vågar investera i en produktionsanläggning, likväl kan det bli en motsatt effekt. Då drivmedlet saknas på marknaden kan det medföra att potentiella kunder håller en avvaktande inställning. Som det framgått tidigare i rapporten finns det dock potential för drivmedlet.

I detta avsnitt avser vi att med hjälp av den tidigare nämnda BMC- modellen illustrera hur en samverkan mellan de olika aktörerna skulle kunna se ut. Då den rådande situationen för metanol ser ut som den gör i dagsläget, och det har visat sig vara väldigt många faktorer som spelar roll när det kommer till satsningar på nya alternativa drivmedel, bör nedanstående förslag ses som spekulativa lösningar på ett komplext problem. Nedan kommer två olika förslag på affärsmodeller för metanol att illustreras med hjälp av analysmodellen BMC i *figur 13* och *figur 14*.

Alternativ 1: Biometanol genom termisk förgasning

Nyckelpartnerskap	Nyckelaktiviteter	Värdeerbjudande	Kundrelationer	Kundsegment
Stena Göteborgs Energi (GoBigas) Distributör av drivmedel (saknas)	Produktion av metanol Distribution av metanol Marknadsföring Utbildning i metanolrelaterade frågor	Biometanol (förnybar substitut till fossila bränslen) Spillvärme som kan användas till lokal uppvärmning Restprodukter från produktion (exempelvis näringsrik aska till jordbruk)	Obemannade tankstationer med självservice Bemannade tankstationer Kundservice via telefon eller mailkontakt	Vägtrafik Sjöfart Användare av metanolbränsleceller
	Nyckelresurser Produktionsanläggning (GoBigas) Metanoldrivet fartyg (Stena) Kompetens inom produktion, hantering distribution av metanol, samt motorteknik för metanoldrift		Kanaler Tankstationer Mediareklam Workshops för metanolintresserade	
Kostnadsstruktur Insamling av råvara Förädling av råvara Distribution av bränsle		Intäktsflöden Försäljning av metanol Försäljning av värme Utbildning inom metanolrelaterade frågor		

Figur 13 – Illustration av föreslagen affärsmodell, alternativ 1. Figuren är skapad av författarna.

Alternativ 2: Småskalig ångreforming av gårdsbiogas

Nyckelpartnerskap	Nyckelaktiviteter	Värdeerbjudande	Kundrelationer	Kundsegment
<p>Kollektiv av gårdar</p> <p>Aktör som utvecklar produktionsanläggning (saknas, exempelvis Oberon fuels)</p> <p>Distributör av drivmedel (saknas)</p>	<p>Produktion av metanol</p> <p>Distribution av metanol</p> <p>Marknadsföring</p> <p>Utbildning i metanolrelaterade frågor</p>	<p>Biometanol (förnybar substitut till fossila bränslen)</p> <p>Spillvärme som kan användas till lokal uppvärmning</p> <p>Restprodukter från produktion (exempelvis näringsrik aska till jordbruk)</p>	<p>Obemannade tankstationer med självservice</p> <p>Bemannade tankstationer</p> <p>Kundservice via telefon</p>	<p>Vägtrafik</p> <p>Sjöfart</p> <p>Användare av metanolbränsleceller</p> <p>Motorsport</p>
	<p>Nyckelresurser</p> <p>Gårdsproducerad biogas</p>		<p>Kanaler</p> <p>Tankstationer</p> <p>Mediareklam</p> <p>Workshops för metanolintresserade</p>	
<p>Kostnadsstruktur</p> <p>Insamling av råvara</p> <p>Förädling av råvara</p> <p>Distribution av bränsle</p>		<p>Intäktsflöden</p> <p>Försäljning av metanol</p> <p>Försäljning av restprodukter (gödsel)</p>		

Figur 14 – Illustration av föreslagen affärsmodell, alternativ 2. Figuren är skapad av författarna.

6.3 Resultatdiskussion

I detta avsnitt kommer de föreslagna affärsmodellerna att analyseras.

Alternativ 1:

Detta förslag på affärsmodell baserades på att de ingående aktörerna teoretiskt sett bedömdes ha bäst förutsättningar för ett eventuellt samarbete. Antagandet gjordes till följd av att det ena företaget (Göteborg Energi) i dagsläget är en av få anläggningar i Sverige som bedriver verksamhet inom termisk förgasning. Den andra (Stena) är en av få aktörer på global basis som använder sig av metanol som drivmedel i ett av sina fartyg. Som det framgår ur empirin så har GoBigas inte kunnat utvecklas för kommersiell produktion i dagsläget, samt har de även inga specifika planer på att producera metanol. Även Stena befinner sig i en testfas, i dagsläget, dock är de positivt inställda till metanol, och verkar även vara intresserade av biometanol i framtiden. För att en affärsmodell likt ovanstående ska kunna realiseras, behövs dock fler aktörer vara inblandade och dela riskerna, däribland en distributör. Till följd av att det idag inte sker någon produktion av metanol i dagsläget, är det svårt att uppskatta kapitalbehovet för en realiserad affärsmodell likt ovan. Därmed blir det även svårt att uppskatta vad det eventuella priset för biometanol skulle hamna på. När metanolen framställs ur förnybara källor, blir det rimligt att anta att priset på metanolen blir högre till bland annat till följd av att transport och hanteringskostnaderna ökar då biomassa används för framställning istället för fossil naturgas. Baserat på de prisexempel som framgick i avsnitt 4.6 uppskattas priset ligga någonstans i intervallet 4-5,6kr per liter bensinekvivalent.

Alternativ 2:

Ovanstående affärsmodell bedömdes vara intressant till följd av att det kunde vara en potentiell gångbar småskalig lösning. Småskaliga projekt kräver inte lika omfattande kapitalinvesteringar, därför kan det vara enklare att realisera. Detta exempel utgår ifrån metanolframställning genom uppgradering av gårdsbiogas i en central uppgraderingsanläggning. I detta fall behöver ett par olika aktörer finnas med för att kunna möjliggöra en sådan satsning. I dagsläget har inte sådana aktörer kunnat identifieras i Sverige, utan inspirationen kommer från företaget Oberon fuels som tillsammans med Volvo och Hushållningssällskapet, har undersökt denna typ av småskaliga produktion av metanol. Kunder för ett sådant exempel skulle möjligtvis till en början kunna vara användare som är måna om en miljövänlig utveckling. Exempelvis skulle den metanol som framställs i ett sådant exempel kunna användas i mer småskaliga lösningar som motorsport eller på den egna gården i exempelvis metanolbränsleceller. I detta skede är det svårt att bedöma både

efterfrågan och realiserbarheten i ovanstående exempel, till följd av att det i dagsläget inte verkar finnas några konkreta satsningar eller kunder, med undantag för det som framgått från intervjun med Hushållningssällskapet.

För att det ska vara möjligt att realisera en satsning på metanol, kan det behövas en samverkan mellan både aktörer inom näringslivet, men även politiska direktiv som främjar en sådan utveckling. Som de framgår i empirin, utgör kortsiktiga politiska direktiv ett återkommande tema för inträdesbarriärer när det gäller alternativa drivmedel. Då långsiktiga politiska direktiv saknas, hämmas investeringsviljan hos många av de aktörer som potentiellt skulle kunna driva igenom denna utveckling.

7. Slutsats

I detta kapitel kommer studiens slutsats att presenteras.

Syftet med denna studie var att undersöka möjligheter och hinder för förnybara drivmedel. Dessutom har syftet även varit att identifiera intressanta aktörer för ett valt drivmedel (metanol), samt föreslå hur en samverkan mellan dessa skulle kunna ske. Detta har gjorts genom kartläggning, litteraturstudier, samt intervjuer.

Under studiens gång har det upptäckts att satsningar i nya alternativa drivmedel är ett komplext problem som beror på ett flertal olika faktorer, bland annat tekniska, ekonomiska och politiska. De tekniska problemen som de alternativa drivmedlen står inför är bland annat lagring, hantering, distribution, produktion och tillämpbarhet i fordon. Ekonomiska faktorer är bland annat kostnader för de tidigare nämnda faktorerna, det vill säga investeringskostnader för anläggningar och infrastruktur, transportkostnader för både råvaror och drivmedel, samt konverteringskostnader för fordon. En annan viktig ekonomisk faktor som påverkar satsningar på alternativa drivmedel är det rådande priset på de fossila alternativen. De politiska faktorer som ur intervjuerna uppdagats som viktiga för ett marknadsinträde av ett förnybart drivmedel är bland annat, subventioner på förnybara drivmedel och miljötillstånd som är mer långsiktiga. Förutom detta har vi upptäckt att trender och timing kan utgöra viktiga faktorer för en framgångsrik etablering av förnybara drivmedel. I dagsläget är oljepriset relativt lågt, vilket kan vara en faktor som försvårar för förnybara drivmedel. För att kunna uppnå en hållbar utveckling, behöver dagens fossila alternativ fasas ut. Till följd av att dessa är baserade på en begränsad råvara, samt bidrar till negativa miljökonsekvenser som inte kommer att vara hållbara på lång sikt.

Vilket drivmedel som kommer få störst genomslag på marknaden, är till följd av ovanstående faktorer väldigt svårt att bedöma. Trots att metanol har valts som drivmedel för vidare undersökning i denna studie, tror vi inte att lösningen på att ersätta dagens fossila alternativ ligger i ett enda drivmedel, utan i en kombination av dessa.

Referenser

- AGA. (2016, april 12). *Fakta om oss och våra produkter*. Hämtad 12 april 2016, från http://www.aga.se/sv/products_ren/biogas/facts_about_biogas/index.html
- Ahlvik, P. (2002). Metanoldrivna bilar I Trollhättan–Göteborg. *Vinnova Rapport VR, 6*. Hämtad från <http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/vr-02-06.pdf>
- Air Products. (2014, januari 29). *Air Products' innovative SmartFuel® technology marks the next step in hydrogen infrastructure deployment*. Hämtad 24 april 2016, från <http://www.airproducts.com/company/news-center/2014/01/0129-air-products-innovative-smartfuel-technology-next-step-in-hydrogen-infrastructure-deployment.aspx>
- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., & Janssen, R. (2008). *Biogas handbook*. Esbjerg: University of Southern Denmark Esbjerg.
- Beltramello, A., Haie-Fayle, L., & Pilat, D. (2013). *Why New Business Models Matter for Green Growth* (OECD Green Growth Papers No. 2013/01). Hämtad från doi: 10.1787/5k97gk40v3ln-en
- Bioenergiportalen. (2011, september 14). *El och bioenergi*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.bioenergiportalen.se/?p=1442>
- Biogasportalen. (2014a, april 8). *Användning*. Hämtad 21 maj 2016, från <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Anvandning>
- Biogasportalen. (2014b, april 8). *Industri*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Anvandning/Industri>
- Biogasportalen. (2014c, april 8). *Vägtransport*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Distribution/Vagtransport>
- Biogasportalen. (2014d, december 5). *Fordonsgas*. Hämtad 05 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Anvandning/Fordonsgas>

Biogasportalen. (2015a, augusti 31). *Biogasfakta*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/VadArBiogas/Biogasfakta>

Biogasportalen. (2015b, september 16). *Biogasens historia*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/VadArBiogas/Biogasenshistoria>

Biogasportalen. (2015c, september 25). *Användning*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/BiogasISverigeOchVarlden/BiogasISiffror/Anvandning>

Biogasportalen. (2015d, november 24). *Biogas i siffror*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/BiogasISverigeOchVarlden/BiogasISiffror>

Biogasportalen. (2016, mars 9). *Gas i ledning*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Distribution/Gasiledning>

Björklund, M., & Paulsson, U. (2012). *Seminarieboken: att skriva, presentera och opponera*. Lund: Studentlitteratur AB.

Blom, H., Mccann, M., & Westman, J. (2012b). Småskalig uppgradering och förädling av biogas. *Agroväst och Energigården*. Hämtad från http://www.biogasvast.se/upload/Biogas%20V%C3%A4st/Slutrapport%20Sm%C3%A5skalig%20Biogasuppgradering_2012-02-20.pdf

Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, *65*, 42–56. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>

Brandfritt. (2015, mars 26). *Är biogasfordon brandfarligare än bensindrivna?* | Brandfritt – Sveriges mest uppdaterade sajt om brandsäkerhet. Hämtad från <http://brandfritt.se/biogas-brandfarligare-bensin-fordon/>

Bromberg, L., & Cheng, W. K. (2010). *Methanol as an alternative transportation fuel in the US: Options for sustainable and/or energy-secure transportation*. Cambridge, MA: Sloan Automotive

Laboratory, Massachusetts Institute of Technology. Hämtad från http://www.afdc.energy.gov/pdfs/mit_methanol_white_paper.pdf

Chesbrough, H. (2010). Business Model Innovation: Opportunities and Barriers. *Long Range Planning*, 43(2-3), 354–363. <http://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.010>

Dalton, P. (2006). Customer segmentation. *ABA Bankers News*, 14(9), 1–2.

DaSilva, C. M., & Trkman, P. (2014). Business Model: What It Is and What It Is Not. *Long Range Planning*, 47(6), 379–389. <http://doi.org/10.1016/j.lrp.2013.08.004>

De Serves, C., Henke, M., Ahlvik, P., & Rehnlund, B. (2007). *Användning av metanol som drivmedel i fordon*. Ecotraffic. Hämtad från <http://www.ecotraffic.se/sv/rapporter/rapporter-drivmedel/>

DN. (2015, oktober 12). *DN provkör världens första vätgasbil*. Hämtad från <http://www.dn.se/motor/dn-provkor-varldens-forsta-vatgasbil/>

Ekonomifakta. (2016, mars 22). *Elproduktion*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Elproduktion/>

Elmefors, E., & Karlsson, E. (2012). *Regler för förvaring och transport av biodrivmedel* (Uppdragsrapport). Uppsala: Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Energigas Sverige. (2014, februari 5). *Naturgas*. Hämtad 27 april 2016, från <http://www.energigas.se/Energigas/Naturgas>

Energigas Sverige. (2015, augusti 31). *Rötning*. Hämtad 08 april 2016, från <http://www.biogasportalen.se/FranRavaraTillAnvandning/Produktion/Rotning>

Energimarknadsinspektionen. (2016, februari 22). *Det svenska naturgassystemet*. Hämtad 12 april 2016, från <http://ei.se/sv/Naturgas/sa-ser-det-svenska-naturgassystemet-ut/>

Energimyndigheten. (2011a, december 15). *Geotermisk energi*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Geotermisk-energi/>

Energimyndigheten. (2011b, december 27). *Vattenkraft*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Vatten/Vattenkraft/>

Energimyndigheten. (2013, maj 23). *Kärnenergi*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Karnenergi/>

Energimyndigheten. (2014a, februari 20). *Olja*. Hämtad 16 februari 2016, från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fossil-energi/Olja/>

Energimyndigheten. (2014b, februari 20). *Sol*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Sol/>

Energimyndigheten. (2015a). *Produktion och användning av biogas och rötresten år 2014* (No. ES 2015:03). Eskilstuna: Energimyndigheten. Hämtad från www.energimyndigheten.se

Energimyndigheten. (2015b, september 8). *Elektricitet*. Hämtad 11 april 2016, från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Elektricitet/>

Energimyndigheten. (2015c, september 8). *Elnätet*. Hämtad 11 april 2016, från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Elektricitet/Elnatet/>

Energimyndigheten. (2015d, oktober). *Energiläget 2015*. Hämtad 19 februari 2016, från https://www.energimyndigheten.se/contentassets/50a0c7046ce54aa88e0151796950ba0a/energilaget-2015_webb.pdf

Energimyndigheten. (2015e, december 11). *Teknik*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Vad-ar-energi/Energibarare/Fornybar-energi/Vind/Teknik/>

Energimyndigheten. (2015f, december 18). *Slutlig energianvändning i transportsektorn per energivara fr.o.m. 1970*. Hämtad 18 februari 2016, från

http://www5.stem.se/em/reports.aspx?path=/em/EN0202/EN0202_11

Energimyndigheten. (2016, april 12). *Användning av biodrivmedel i transportsektorn per bränslekategori fr.o.m. 1995, TWh*. Hämtad 12 april 2016, från

http://www5.stem.se/em/reports.aspx?path=/em/EN0202/EN0202_11

FuelCellToday. (2012, maj 23). *Methanol and Fuel Cells*. FuelCellToday. Hämtad från

<http://www.fuelcelltoday.com/analysis/analyst-views/2012/12-05-23-methanol-and-fuel-cells>

Gardiner, M., & Burke, A. (2002). Comparison of hydrogen storage technologies: a focus on energy required for hydrogen input. *cal, 1*. Hämtad från

https://web.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/47_2_Boston_10-02_0218.pdf

GMI. (2016, april 4). *Läs om projekt Green Methanol Infrastructure*. Hämtad 04 april 2016, från

<http://greenmethanol.dk/om-gmi/mere-om-gmi>

Grahn, M., & Hansson, J. (2010). Möjligheter för förnybara drivmedel i Sverige till år 2030.

Hämtad från

<http://swepub.kb.se/bib/swepub:oai:services.scigloo.org:137702?tab2=abs&language=en>

Green City Ferries. (2015). *Green City Ferries • Movitz*. Hämtad 12 april 2016, från

<http://www.greencityferries.com/boatfleet/movitz/>

Hansson, J., & Grahn, I. M. (2013). Utsikt för förnybara drivmedel i Sverige. *IVL rapport B, 2083*.

Hämtad från

<http://www.sivl.ivl.se/download/18.372c2b801403903d2751be9/1377863507736/B2083+SPBI.pdf>

Heidenreich, S., & Foscolo, P. U. (2015). New concepts in biomass gasification. *Progress in Energy and Combustion Science, 46*, 72–95. <http://doi.org/10.1016/j.pecs.2014.06.002>

Høgevold, N. M., Svensson, G., Wagner, B., J. Petzer, D., Klopper, H. B., Carlos Sosa Varela, J., ... Ferro, C. (2014). Sustainable business models: Corporate reasons, economic effects, social

boundaries, environmental actions and organizational challenges in sustainable business practices. *Baltic Journal of Management*, 9(3), 357–380. <http://doi.org/10.1108/BJM-09-2013-0147>

Johansson, A.-C., & Hanarp, P. (2013). *Konvertering av biogas till metanol eller dme på gårdsnivå* (No. Rapport nr 2013:17). f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel.

Johnson, M. W. (2010). *Seizing the white space: business model innovation for growth and renewal*. Boston, Mass: Harvard Business Press.

Jordbruksverket. (2016). *Förnybar energi*. Hämtad 11 maj 2016, från <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/landsbygdfiske/branscherochforetagande/fornybaren/ergi.4.58f2066813fc03d6a2020e.html>

KTH. (2015a). *Ekologisk hållbarhet*. Hämtad 31 maj 2016, från <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/ekologisk-hallbarhet-1.432074>

KTH. (2015b). *Ekonomisk hållbarhet*. Hämtad 31 maj 2016, från <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/ekonomisk-hallbarhet-1.431976>

KTH. (2015c). *Social hållbarhet*. Hämtad 31 maj 2016, från <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/social-hallbarhet-1.373774>

KTH. (2015d, juni 25). *Hållbar utveckling*. Hämtad 12 maj 2016, från <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/hallbar-utveckling-1.350579>

Laddaelbilen. (2016, april 26). *Elbilens historia* | Ladda Elbilen. Hämtad 26 april 2016, från <http://www.laddaelbilen.se/elbilar/fakta-om-elbilar/elbilens-historia-6407555>

Lindholmen Science Park. (2016a, april 12). *Elbussen – tyst, avgasfri och passagerarvänlig*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.goteborgelectricity.se/node/19499/om-elbussen>

Lindholmen Science Park. (2016b, april 12). *ElectriCity – samarbete kring framtidens kollektivtrafik*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.goteborgelectricity.se/node/19499>

Linné, M., Ekstrandh, A., Englesson, R., Persson, E., Björnsson, L., & Lantz, M. (2008). *Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter*. Lund: Avfall Sverige, Svenska

Biogasföreningen, Svenska Gasföreningen, Svenskt Vatten. Hämtad från <http://www.biogasportalen.se/BiogasISverigeOchVarlden/Biogaspotential>

LRF. (u.å.). *Biogas på gården* (No. 42370). Stockholm: Lantbrukarnas Riksförbund. Hämtad från www.lrf.se

Machiele, P. A. (1990). Summary of the Fire Safety Impacts of Methanol as a Transportation Fuel. <http://doi.org/10.4271/901113>

MacKenzie, J. J. (1998). Oil as a finite resource. *Nonrenewable Resources*, 7(2), 97–100. <http://doi.org/10.1007/BF02767703>

Methanol Institute. (2013, januari). *Methanol Safe Handling Manual Final English.pdf*. Methanol Institute. Hämtad från <http://methanol.org/Health-And-Safety/Safe-Handling/Methanol-Safe-Handling-Manual.aspx>

Methanol Institute. (2016, april 15). *Basics*. Hämtad 15 april 2016, från <http://www.methanol.org/Methanol-Basics.aspx>

Morris, M., Schindehutte, M., & Allen, J. (2005). The entrepreneur's business model: toward a unified perspective. *Journal of Business Research*, 58(6), 726–735. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2003.11.001>

Nationalencyklopedin. (2016a). *Elektrolys*. Hämtad 26 april 2016, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/elektrolys>

Nationalencyklopedin. (2016b). *Oxidation*. Hämtad 26 april 2016, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/oxidation>

Nationalencyklopedin. (2016c). *Reduktion*. Hämtad 26 april 2016, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/reduktion>

Nationalencyklopedin. (2016d, april 11). *Bil*. Hämtad 11 april 2016, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bil>

Nationalencyklopedin. (2016e, april 11). *Elbil*. Hämtad 11 april 2016, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/elbil>

Nationalencyklopedin. (2016f, april 11). *Kolkraftverk*. Hämtad 11 april 2016, från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/kolkraftverk>

Naturvårdsverket. (2015a, oktober). *Fossila bränslen*. Hämtad 01 april 2016, från <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Fossila-branslen/>

Naturvårdsverket. (2015b, november 25). *Nationella utsläpp och upptag av växthusgaser*. Hämtad 19 februari 2016, från <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-nationella-utslapp/>

Naturvårdsverket. (2015c, november 25). *Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter*. Hämtad 18 februari 2016, från <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>

NRC, NAE, & NAS (Red.). (2004). *The hydrogen economy: opportunities, costs, barriers, and R&D needs*. Washington, D.C: National Academies Press.

Ny Teknik. (2015, oktober 29). *Laddbilar starkt framåt i Europa*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.nyteknik.se/fordon/laddbilar-starkt-framat-i-europa-6343920>

Olah, G. A., Goepfert, A., & Prakash, G. K. S. (2009). *Beyond oil and gas: the methanol economy* (2nd updated and enlarged ed). Weinheim: Wiley-VCH.

Olah, G. A., Prakash, G. K. S., Goeppert, A., Czaun, M., & Mathew, T. (2013). Self-Sufficient and Exclusive Oxygenation of Methane and Its Source Materials with Oxygen to Methanol via Metgas Using Oxidative Bi-reforming. *Journal of the American Chemical Society*, 135(27), 10030–10031. <http://doi.org/10.1021/ja405439c>

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2009). *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers* (Nachdr.). Toronto: Flash Reproductions.

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2013). *Business model generation: en handbok för visionärer, banbrytare och utmanare*. Lund: Studentlitteratur.

Regeringen. (2012, juli 5). *Fossiloberoende fordonsflotta - ett steg på vägen mot nettonollutsläpp av växthusgaser*. Hämtad 19 februari 2016, från <http://www.regeringen.se/rattsdokument/kommittedirektiv/2012/07/dir.-201278/>

Regeringskansliet, R. och. (2014, april 3). *Klimatfärdplan 2050 – strategi för hur visionen att Sverige år 2050 inte har några nettoutsläpp av växthusgaser ska uppnås*. Hämtad 01 april 2016, från <http://www.regeringen.se/rattsdokument/kommittedirektiv/2014/04/dir.-201453/>

Regeringskansliet, R. och. (2015, mars 4). *Mål för klimat och luft*. Hämtad 01 april 2016, från <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/miljo/klimat-och-luft/mal-for-klimat-och-luft/>

Sandén, B. A., & Wallgren, P. (2014). *Systems Perspectives on Electromobility 2014*. Chalmers University of Technology.

SCB. (2016a, februari 5). *Personbilar i trafik 1923-2015, tidsserie*. Hämtad 12 april 2016, från http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Transporter-och-kommunikationer/Vagtrafik/Fordonsstatistik/10509/10516/34762/

SCB. (2016b, mars 4). *Fordonsbestånd 2015*. Statistiska Centralbyrån. Hämtad från www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Transporter-och-kommunikationer/Vagtrafik/Fordonsstatistik/#c_undefined

Serenergy. (2016, april 11). *Why do we use methanol?* Hämtad från <http://serenergy.com/forside-test/technology/sustainability/>

Simbeck, D., & Chang, E. (2002). *Hydrogen Supply: Cost Estimate for Hydrogen Pathways - Scoping Analysis* (No. NREL/SR-540-32525). Colorado: National Renewable Energy Laboratory. Hämtad från <http://www.nrel.gov/docs/fy03osti/32525.pdf>

SPBI. (2016a). *Förnybara drivmedel*. Hämtad 11 maj 2016, från <http://spbi.se/statistik/volymer/fornybara-drivmedel/>

SPBI. (2016b). *Försäljningsställen*. Hämtad 18 maj 2016, från <http://spbi.se/statistik/forsaljningsstallen/>

Stena Line. (2016). *SUPERGREEN - världens första metanol färja - Stena line*. Hämtad 04 april 2016, från <http://www.stenaline.se/supergreen/framtidens-bransle>

Stockholms Stad och Malmö Stad. (2016, augusti 2). *Efterkonvertering*. Hämtad 12 april 2016, från <http://www.miljofordon.se/fordon/efterkonvertering>

Teece, D. J. (2010). Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning*, 43(2-3), 172–194. <http://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>

Tiwari, G. N., & Mishra, R. K. (2012). *Advanced renewable energy sources*. Cambridge: RSC, Royal Society of Chemistry.

Toyota Sverige. (2016, april 24). *Nya bränslecellsbilen Toyota Mirai*. Hämtad 24 april 2016, från <https://www.toyota.se/om-toyota/nyheter/2014/toyota-mirai.json>

Trafikverket. (2014, april 2). *Transportsektorns utsläpp*. Hämtad 18 februari 2016, från <http://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/sa-har-jobbar-vi-med/Miljo-och-halsa/Klimat/Transportsektorns-utslapp/>

Transportstyrelsen. (2016, april 26). *Risker med el-bilar (batterier)*. Hämtad 26 april 2016, från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Fartygskonstruktion/Elinstallationer/Laddning-av-elbilar-ombord/Risker-med-el-bilar-batterier/>

U.S Department of Energy. (2016, april 27). All-Electric Vehicles. Hämtad 27 april 2016, från <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>

VärmlandsMetanol. (2013, augusti). World's first Commercial Scale Biomethanol Plant in Hagfors Sweden.pdf. VärmlandsMetanol. Hämtad från <http://www.varmlandsmetanol.se/dokument/History%20Aug%2013>

VärmlandsMetanol. (2015, augusti). Folder VM aug 2015.pdf. VärmlandsMetanol. Hämtad från <http://www.varmlandsmetanol.se/dokument/Folder%20VM%20aug%202015.pdf>

Vätgas Sverige. (2016, april 24). Vätgas som fordonsbränsle. Hämtad 24 april 2016, från <http://www.vatgas.se/fakta/vaetgas-som-fordonsbraensle>

Wallmark, C., Mohseni, F., & Schaap, G. (2014). *Vätgasinfrastruktur för Transporter - Fakta och konceptplan för Sverige 2014-2020* (Avsedd för projektpartners No. HIT-1 NIP-SE). Sweco. Hämtad från www.vatgas.se

World Commission on Environment and Development. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Hämtad från <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

WWF. (2012). *Living planet report 2012 biodiversity, biocapacity and better choices*. Gland, Switzerland: World Wide Fund for Nature. Hämtad från http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/2012_lpr/

Zhang, G., Su, A., Qu, J., & Du, Y. (2014). A Novel Study of Methane-Rich Gas Reforming to Syngas and Its Kinetics over Semicoke Catalyst. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–6. <http://doi.org/10.1155/2014/707294>

Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (2011). The Business Model: Recent Developments and Future Research. *Journal of Management*, 37(4), 1019–1042. <http://doi.org/10.1177/0149206311406265>

Åhman, M. (2010). Biomethane in the transport sector—An appraisal of the forgotten option. *Energy Policy*, 38(1), 208–217. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.007>